**Лекция № 8**

**Тақырып: Геодезиялық өлшеулер және олардың дәльдігі.**

*Лекция жоспары:*

*8.1 Геодезиялық жұмыстарды жүргізудегі негізгі процестері.*

*8.2* Өлшеу қателіктері теориясының элементтері*.*

**8.1 Геодезиялық жұмыстарды жүргізу үрдістері.**

 Геодезиялық өлшеу жұмыстары дайындық, дала және камеральдық кезеңдерге бөлінеді.

 Дайындық кезеңінде дала жағдайындағы геодезиялық өлшеу жұмыстарына (түсіріс жұмыстарына) дайындалалы. Геодезиялық түсіріс жұмыстарының мақсатына, дәльдігіне тағы басқа да талаптарына сәйкес дайындық жұмыстарының мазмұны әр түрлі болады, олардың барлығы заказчиктің тапсырысында көрсетіледі. Жалпы түрде, дайындық кезеңі барысында біріншіден, түсірілетін аумақ немесе жергілікті жер туралы барлық мәліметтер жиналады – 1) картографиялық материалдар, 2) аэроғарыштық түсірістер, 3) берілген аумақтағы мемлекеттік геодезиялық желісінің пункттері, 4) барлық мәтіндік материалдар т.с.с. Екіншіден, дәльдік бойынша қойылған талаптарға сәйкес, өлшеу аспаптарын дайындып тексеру. Барлық аспаптарды тексеруден өткізеді. Сонымен қатар, басқа қажетті заттарды дайындайды.

 Дала жұмыстарының негізгі мазмұны өлшеу үрдістері, ал камеральдық жұмыстардың – есептеу және графиктік үрдістері.

 *Өлшеу үрдісі* жергілікті жерде түсіріс жұмыстарын жүргізу және арнайы инженерлік мәселелерді шешу барысында орындалатын геодезиялық өлшеулерден тұрады. Горизонтальдық және вертикальдық бұрыштар, еңістер, горизонтальдық және вертикальдық ара қашықтықтар геодезиялық өлшеулердің объектілері болып табылады.

 Бұрыштар мен ара қашықтарды өлшеу үшін әр түрлі құралдар қолданылады. Нәтижелері дала журналдарына тіркеледі. Сонымен бірге жергілікті жердің абрис деп аталатын схемалық сызбасы құрастырылады.

 *Есептеу үрдісі*, өлшеу нәтижелерін математикалық өңдеуден тұрады. Есептеу белгілі схемалар және орнатылған қағидалар бойынша орындалады.

 *Графиктік үрдіс*, қабылданған белгілерді сақтай отырып, өлшеу және есептеу нәтижесінде чертежді құрастырудан тұрады. Чертеж геодезиялық жұмыстардың өнімі болып табылады.

**8.2 Өлшеу қателіктері теориясының элементтері.**

 Кез келген геодезиялық өлшеулер орындаушы, өлшеу объектісі, аспап, өлшеу әдісі және сыртқы жағдай болғанда және өзара әрекеттесу салдарынан жүзеге асырылады. Сыртқы орта деп өлшеудің барлық жағдайларының жиынтығын: жергілікті жердің бедері мен грунты, өсімдік жамылғысы, температура, ауаның ылғалдылығы және тозаңдылығы, жарықтылық, жел, бұлттылық және т.б. айтады. Осы факторлардың өлшеу кезіндегі нақтылы мөлшері өлшеу жағдайдары деп аталатынды айқындайды.

 Өлшеулер *тікелей* және *жанама* болып бөлінеді. Жергілікті жерде құралдармен немесе аспаптармен өлшеуді тәкелей өлшеу болып табылады. Өлшеулердің нәтижесі анықталатын шамамен математикалық тәуелділіктегі бір немесе бірнеше шамаларды тікелеу өлшеу нәтижесінен есептеу арқылы алынған өлшеулерді жанама өлшеулер деп атайды.

 Кез келген өлшеулер жеке адамның, аспаптардың және сыртқы ортаның әсерінен туатын қателіктер салдарынан болатын қайсы бір формадағы қателіктермен қатар жүреді.

 Жеке адамның қателіктеріне өлшеу жүргізетін адамның сезім мүшелерінің жетілмегендігі және адамның ерекшеліктері себепші болады. Жеке адамның қателіктеріне, сонымен қатар санау кезіндегі нивелир рейкасының сантиметрлік шашкасын көз мөлшерімен он бөлікке бөлуде және теодолиттің дүрбісін затқа нысаналауда жіберілетін қателіктерді жатқызуға болады.

 Аспаптардың қателіктері олардың жетілмегендігінен және оларды дәл жөнге салудың мүмкінідігі болмауы салдарынан туады. Осы қателіктерге болат өлшеуіш лентаның 20 м-лік нақтылы ұзындығына сәйкес еместігін, дүрбінің коллимациялық қателігін, рейка бойынша есептеу кезіндегі деңгей үлбіреуігінің шеттерінің кескіндерін сәйкес келтіруде кететін жансақтықтардан (просчеты, промахи) туатын қателіктерді жатқызуға болады.

 Сыртқы ортаның әсер етуінен болған қателіктерге температураның әсерінен өлшеуіш лентаның ұзындығының өзгеруі, рейканың және нивелирдің желдің әсерінен шайұалуы, ылғалдылықтың әсерінен шашқалық нивелир рейкаларының метрі ұзындығының өзгеруі жатады.

 ***Қателіктер әсер ету сипаты мен қасиеттері жағынан өрескел (грубые), жүйелі (систематические) және кездейсоқ (случайные) болып бөлінеді***.

 *Өрескел қателіктерге* өлшеулердің нақты бір жағдайларында, яғни бақылаушының, аспаптың өлшеу әдістерінің кемшіліктерінен және сыртқы ортаның әсерінен жіберілетін қатеден артық шамада жіберілген, әрі мұндай шамада жіберуге мүлдем болмайтын қателіктер жатады. Олар орындаушының өлшеу кезінде жіберген жансақтықтары (просчеты, промахи) мен қателіктері салдарынан пайда болады. Өрескел қателіктер, сонымен қатар қолданылатын аспаптардың кемшіліктері, сыртқы ортаның әсері және бақылаушының жеке қасиеттері нәтижесінде пайда болады. Олар таңбасы мен шамасы жағынан тұрақты немесе кейбір заңдылық бойынша өлшеулердің нәтижесіне кіруі мүмкін.

 *Жүйелі қателіктердің* өлшеудің нәтижелеріне тиетін әсері жұмыстардың жарамды әдістемесін қолдану, аспаптарды мұқият тексеру, тағы да өлшенген шамаларға түзету енгізу арқылы минимумге жеткізіледі.

 *Кездейсоқ қателерге* қолданылатын аспаптардың және сезім мүшелерінің жетілмегендігі, сондай-ақ сыртқы жағдайлардың өзгеруі салдарынан болмай қоймайтын қателіктер жатады. Осы қателіктер таңбасы мен шамасы жағынан тұрақты болмайды және оларды өлшеудің нәтижесінен шығарып тастау мүмкін емес.

 Сонымен қателіктер теориясы кездейсоқ қателіктердің пайда болуы және жиналу заңдарын зерттеумен, олардың өлшеулер нәтижелеріне тигізетін әсерін минимумға дейін жеткізумен, әрбір өлшеу үрдісінің қиыспаушылық мүмкін шегін анықтаумен айналысады.

 Қәтеліктер теориясы бірқатар практикалық міндеттерді шешеді: 1) өлшеулердің мейлінше дәл нәтижедерін алудың ережелерін қалыптастырады; 2) өлшеу нәтижелерінің және олардың функциясының дәльдігін бағалау ережелерін белгілейді, өйткені өлшеулердің алынған нәтижелерін біле отырып, бұл нәтижелерді дұрыс пайдалануға болады; 3) бақылауларды алдын ала берілген дәльдікпен ұйымдастыруды және оның бағдарламысын қамтамасыз етеді.

 Қай өлшеулерді болса да барынша аз уақыт пен қаражат жұмсай отырып, олардың қажетті дәльдігін қамтамасыз ету қажет.

 **Өлшеулердің кездейсоқ қателіктерінің қасиеттері**. *Өлшеу нәтижесінің қателігі* деп өлшеу нәтижесі мен өлшенген шаманың шың мәнінің айырымын айтады:

**σ = l – x**

мұндағы **l** – өлшеу нәтижесі; **x** – өлшенген шаманың шын мәні.

 Өлшеу процесінде кездейсоқ қателіктер болмай қоймайды және оларды жою мүмкін емес. Осы қателіктердің қасиеттерін зерттеу өлшеулер нәтижелерінің дәльдігін бағалау әдістерін талдап жасауға және өлшенілетін шаманың мүмкін болатын мәнін анықтауға мүмкіндік береді.

 Шын мәні белгілі бір шаманы бірдей дәльдікпен бірнеше рет өлшегенде, онда өлшеулердің ***n*** нәтижесін аламыз: l1, l2, l3, ..., ln. Әрбір өлшеу кезіндегі жіберілетін шын кездейсоқ қателігі δ1, δ2, δ3, ..., δn болады.

 Әр түрлі зерттеулер өте көп өлшеулер жасаған кезде алдыңғы бірқатар шын кездейсоқ қателіктердің мынадай қасиеттері болатынын көрсетіп отыр.

 *Шектелгендік*, яғни осы өлшеулер кезіндегі кездейсоқ қателіктер абсолюттік шамамсы бойынша белгілі бір шекті шамадан асып түсуі мүмкін емес.

 *Симметриялық*, яғни оң қателіктер қаншалықты жиі болса, оларға абсолюттік шамасы бойынша тең теріс қателіктер де соншалықты жиі болады.

 *Шоғырлану*, яғни абсолюттік шамасы бойынша ірі кездейсоқ қателіктер ұқсас қателіктерге қарағанда сирек кездеседі.

 *Компенсациялық*, яғни бір ғана шаманың тең дәльдікті өлшеулер санының шаксіз көбейген кезінде кездейсоқ қателіктердің арфиметикалық ортасы нөлге ұмтылады.

 **Тең дәльдікті және тең дәльдікті емес өлшеулер**. Өлшеулер нәтижелерінің дәльдігі әр түрлі болады, ол көптеген себептерге байланысты, мысалы, аспаптардың дәльдігіне, бақылаушы-маманға, өлшеу санына, өлшеу әдістеріне, сыртқы ортаның жағдайына т.с.с.

 Егер өлшеу кезінде бір дәльдікті аспаптар, бір маман, бір өлшеу әдісі, жағымды сыртқы жағдай болған жағдайда, онда біз дәльдігі мен сенімділігі жағынан тең нәтижелерді аламыз. Сондықтан бірдей жағдайда және бір ғана әдіспен орындалатын өлшеулерді *тең дәльдікті өлшеулер* деп аталады.

 Егер жоғарыдағы айтылған себептер өлшеу кезінде бірдей болмаса, онда өлшеулер *тең дәльдікті емес* деп аталады.

 **Бір шаманы тең дәльдікті өлшеуінің нәтижелерін математикалық өңдеу**. Шын мәні Х болатын шаманы тең дәльдікті ***n*** рет өлшенді, ***хi*** (i = 1, n) нәтижелер алынды, алынған нәтижелерді әдетте **өлшенген қатары** (ряд измерений) деп аталады.

 Ықтимал деп аталатын өлшенген шаманың ең сенімді мәнін анықтау керек және оның дәльдігін бағалау қажет.

 Қателіктер теориясында өлшеулердің тең дәльдікті нәтижелер қатары үшін ең ықтимал болатын мәні ретінде арифметикалық орташа алынған, яғни

 (1)

Жүйелі қателіктер болмаған жағдайда өлшеу саны шексіз өсу барысында арифметикалық орташа өлшенілетін шаманың шын мәніне ұмтылады.

 Егер, арифметикалық орташа дүрыс есптелініп және оның мәні дөңгелектеусіз алынғанда, онда өлшеу нәтижесінің қателігін мынадай формуламен анықтаймыз:

 (2)

мұнда, бір өлшеудің қателігін

 (3)

ауытқу, ықтимал қателік немесе флуктуация деп атайды.

 Егер шамасы дөңгелектеп алынғанда, онда (2) формуланың оң жағында нөль емес, ***nω*** тең шамаға пайда болады, мұнда ω – *дөңгелектеудің қателігі.*

 Топографиялық-геодезиялық тәжірибеде дәльдіктің критерийлер ретінде орташа квадраттық қателік және салыстырмалы қателік қолданылады. Салыстырмалы қателік деген, сәйкес болатын абсолюттік (шын, орташа, квадраттық) қателіктің өлшенген шаманың алынған мәніне қатынасы. Салыстырмалы қателікті алымы 1 тең бөлшек түрінде көрсетеді.

 Орташа квадраттық қателік жиі қолданылады. Егер өлшенетін шаманың шын мәні белгілі болғанда, ал жүйелі қателігі есепке алмайтын аз болғанда, онда тең дәльдікті өлшеудің жеке нәтижесінің ***m*** орташа квадраттық қателігі Гаусстың формуласымен анықталады:



мұнда Δi – шын қателігі.

 Бірақ топографиялық-геодезиялық тәжірибеде өлшенетін шаманың шын мәні белгісіз болады. Онда өлшеудің жеке нәтижесінің ***m*** орташа квадраттық қателігін анықтау үшін Бессельдің формуласын қолданады:

 (4)

мұнда бір өлшеудің ықтимал қателігін (3) формуламен анықталады.

 Арифметикалық орташаның орташа квадраттық қателігін анықтау үшін мынадай формула қолданылады:

 (5)

Демек, арифметикалық орташаның орташа квадраттық қателігі өлшеудің жеке нәтижесінің орташа квадраттық қателігінен  есе аз болып келеді.

 Өлшеудің бір нәтижесінің салыстырмалы қателіктері мынадай формуламен анықтаймыз:

  (6)

арифметикалық орташаның салыстырмалы қателіктері мынадай формуламен анықтаймыз:

 (7)

Өлшеу жүргізудің белгілі бір жағдайына қолданбалы олардың нәтижелерін бракқа шығару критерийлері (есепке алмау) көрсетілу қажет. Бұл критерий ретінде шекті қателік алынған, яғни екі еселенген, ал кейбір жағдайда аса жауапты өлшеулерде үш еселенген орташа квадраттық қателік қабылданды:

 (8)



Мысал: Сызықтың ұзындығын 6 рет өлшеу нәтижесінде №1 кестеде көрсетілген мәндер анықталған. Олардың арифметикалық орташасын табу керек және орташа арифметикалық пен өлшеудің жеке нәтижесінің дәльдігін бағалау керек.

№1 кесте

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Өлшеу реті  | Сызықтың өлшеу мәні $\overline{s\_{i},}$ м | δ = si - $\overline{s}$ , см  | δ2, см2  |
| 1 | 56, 26 | +2  | 4 |
| 2 | 56,23  | -1  | 1 |
| 3 | 56,24  | 0 | 0 |
| 4 | 56,26  | +2 | 4 |
| 5 | 56,22  | -2 | 4 |
| 6 | 56,23  | -1 | 1 |
| Σ | 337,44  | 0 | 14 |

Бірінші формула және 1 кестеде келтірілген мәліметтер бойынша, арифметикалық орташа мынадай болады

$\overline{s}$ **= 337,44/6 = 56,24 м**

Бір өлшеудің орташа квадраттық қателігі (4)формула бойынша

$m= \sqrt{\frac{14}{(6-1)}}=\sqrt{2,8}$ = 1,67

Өлшенілетін шаманың арифметикалық орташа мәнінің орташа квадраттық қателігі (5) формула бойынша

$$M= \frac{1,67}{\sqrt{6}}=0,69 см$$

 Сызықтық өлшеулерде өлшеулердің соңғы дәльдігі салыстырмалы қателікпен сипатталады. Сондықтан (6) және (7) формулалары бойынша.

**fотн = 1,67/5624 = 1/3367 ≈ 1/3400**

**fотн = 0,69/5624 = 1/8150 ≈ 1/8000**

Бір өлшеудің шекті қателігі (8) формула бойынша мынадай болады:

**fпред = 3 х 1,67 = 5,01 см.**

бізің мысалымызда ең жоғары ауытқу δ = 2 см тең, демек, өлшеулер дүрыс жүргізілген, яғни өрескел қателік жоқ.

 Егер белгілі бір біртекті шамалар екі рет өлшенген болса, онда бұл өлшеулердің қателігін салыстырмалы қателікті өлшеп оның шекті мәнімен салыстыру арқылы бағаланады, яғни:

****  (9)

мұнда

 (10)

 (11)

Мысал: Жергілікті жердегі белгілі бір сызық үшін өлшеу нәтижесінде оның ұзындығының екі мәні алынды:

s1 = 172,68 м және

s2 = 172,62 м

сонымен мен бірге салыстырмалы шекті қателік мынадай: fотн.доп = 1/2000

Бұл жағдайда:

fабс = 172,68 м - 172,62 м = 0,06 м

$\overline{s}$ = (172,68 м + 172,62 м)/2 = 172,65 м

fотн = 1/(172,65 м : 0,06 м) = 1/2880 < 1/2000

 Яғни есептелінген салыстырмалы қателік шекті шамадан аз, демек, сызықтың ұзындықтары дүрыс өлшенген.