

ИНСТРУКЦИЯ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДЕФОРМАЦИИТЕ НА СГРАДИ И СЪОРЪЖЕНИЯ ЧРЕЗ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ МЕТОДИ

Издадена от Комитет по архитектура и благоустройство - Главно управление по геодезия, картография и кадастър през 1980 г.

1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Настоящата инструкция е задължителна за ведомствата, организациите, службите и специалистите, които извършват геодезическо определяне (изследване) на деформациите на инженерни обекти (сгради и съоръжения) или комплекси от тях, както и за тези, които контролират тази дейност.

2. Изследването на деформациите се извършва от добре подготвени инженери-геодезисти, подпомагани от техници-геодезисти.

3. Когато дадена организация не разполага със специалисти както и с необходимите инструменти, се търси съдействието на специализирани институти и организации.

4. Определянето на деформациите се възлага от конструктора (проектанта) на обекта или от този, който го стопанисва (ако обектът е в експлоатация), които съставят съответното задание.

5. Въз основа на заданието геодезическата служба изработва проект, който подлежи на одобрение по съответния ред.

6. Изследването на деформациите се извършва:

а) в периода на строителството – когато е предвидено в проекта;

б) в периода на експлоатацията – когато това се изисква от правилниците за експлоатация; когато обектите са изградени върху нестабилна почва (лъсова, насипна, тинеста и др.); когато съществува потенциална опасност за сигурността на съоръжението; при авария в обекта; когато се появят видими дефекти; когато възникнат свлачищни процеси в района; когато трябва да се документира състоянието на важни съоръжения и сгради след земетресения и други.

При доказана необходимост изследването на деформации може да се възложи и преди строителството.

Преустановяване или възстановяване на измерванията се извършва въз основа на заданието.

7. При изследване на деформациите се спазва следната последователност:

- организиране на измерванията;

- извършване на измерванията;

- обработка на резултатите от измерванията;
- анализ и интерпретация на резултатите;
- изготвяне на етапни и годишни отчети и окончателни отчети за резултатите от направените изследвания.

8. Анализът и тълкуването на резултатите от геодезическите измервания се извършват от геодезистите, които изработват проекта и определят деформациите, или от специално определени за тази цел геодезисти.

9. Интерпретацията на резултатите от измерванията се извършва съвместно от геодезиста и заявителя на задачата или от специално определени за тази цел лица.

10. При определяне на деформациите особено на някои уникални обекти се прави предварително обосновка, в която се дава точността на метода, необходимите инструменти, програмата, по която ще се извършват измерванията, начините за обработка на резултатите от тях и др.

11. Данните от измерванията и обработката им се съхраняват от службите, които ги извършват.

12. При извършване на измерванията се спазват всички изисквания, предвидени в инструкциите по техника за безопасност на труда.

2. Организация на изследване на деформациите

2.1. Задание за проектиране

1. За определяне на деформациите на даден обект се изработва проект от съответната геодезическа служба въз основа на задание, съставено от проектанта (конструктора), или инвеститора. Ако обектът е в експлоатация, заданието се съставя от службата, която го експлоатира.

2. Заданието трябва да съдържа предназначение, конструктивни данни, особености в строежа и експлоатацията на сградата или съоръжението; копие от генералния план на обекта; копие от архитектурни, строителни и монтажни планове на съоръжението с нанесени контролни точки, на които ще се определят очакваните премествания; резултати от геоложки, хидроложки, почвени и други проучвания; възможните причини за очакваните деформации на съоръженията.

Уместно е, ако могат да се дадат характерните моменти от строежа и експлоатацията на обекта в които задължително трябва да се извършат измервания за определяне на преместванията на контролните точки.

Заедно с това за обекти с особена важност е целесъобразно, ако могат да се дадат минималната стойност на преместванията (ΔQ_{\min}) за определен период от време (Δt) (минимална скорост на деформационния процес), под която определянето на деформациите може да бъде прекратено; максималната стойност на съответните премествания (ΔQ_{\max}), максималната стойност на периода от време (Δt_{\max}), през който

ще се прояви ΔQ_{\max} и една практически целесъобразна средна стойност на преместването ($\Delta Q_{\text{ср.}}$), което ще настъпи за определен среден интервал от време ($\Delta t_{\text{ср.}}$) като $\Delta Q_{\text{ср.}} > \Delta Q_{\min}$

В заданието следва да бъде посочен моментът, в който трябва да започнат измерванията, условията, при които измерванията могат да бъдат прекратени, а също редът и видът в който трябва да се представят данните от измерванията след всеки цикъл.

2.2. Проект за изследване на деформациите

3. Проектът за определяне на деформациите се изработва от съответната геодезическа служба и съдържа текст, графична част и изчисления (ако са извършвани такива за предварително определяне на точността).

4. Върху генералния или друг план на обекта се нанасят по ситуация точките и реперите, които ще се контролират, избират се местата на точките и реперите от опорната мрежа. При това се цели определянето на контролните точки и репери да става лесно, бързо и с необходимата точност. Чрез подходящи схеми се уточнява начина на определяне на точките и реперите от опорната геодезическа мрежа, наблюдавани точки и репери.

5. При избиране на местата на точките и реперите от геодезическите опорни мрежи се взема предвид: зоната на деформациите; резултатите от геоложките, хидроложките и др. изследвания; избрания метод за определяне на съответните деформации; точността с която се определят деформациите. На базата на тази точност, по начините, посочени при съответните методи приложенията към тях, предварително се определят необходимите за проектирането данни – допустими дължини и ъгли, брой на станциите при геометричната нивелация и др.

6. От проекта се извличат графични данни, необходими за предварителното изчисляване на обратите тежести, чрез които след това се определя точността на измерванията при изследване на обекти с особена важност.

7. В отделна част на проекта за геодезическо определяне на деформациите се показват начините, по които ще бъдат стабилизирани различните точки и репери.

8. В проекта се посочват инструментите, с които ще се извършват измерванията.

9. Уточнява се броят и квалификацията на техническите лица и помощният персонал, които ще извършват измерванията.

10. Дава се програмата, по която ще се извършват измерванията във всеки цикъл. Най-съществената част от тази програма е редът, по който се извършват тези измервания, и допустимите норми, които трябва да се спазват, за да се получат резултатите с необходимата точност.

11. В проекта се посочва видът в който резултатите от определянето на деформации се предават на този, който ще ги ползува и тълкува.

12. В проекта се посочва какви други изследвания следва да се извършат и какви данни (температура, час, време, влажност, натоварвания, ниво на водата в язовирите и др.) още следва да се съберат за по-пълноценно използване на резултатите от геодезическите измервания.

2.3. Точност и метод на измерване

13. Точността, с която се извършват измерванията се избира съобразно съществуващите строителни норми и правилници, указанията на конструктора на обекта и тези, дадени в раздел 7 на настоящата инструкция.

14. Когато няма указания, точността се определя съвместно с конструктора на обекта или въз основа на съществуващите геоложки условия, вида на конструкцията и обекта, скоростта и големината на очакваните деформации и др.

15. По-точни измервания се извършват при чувствителни към деформации конструкции, технологично свързани обекти, при по-къс период на наблюдение.

16. При по-големи премествания, премествания с по-голяма скорост и при обекти, които не са от първостепенна важност, измерванията се извършват с по-малка точност.

17. При уникални или големи и с особена важност обекти, с големи натоварвания на основата, измерванията се извършват с максимална точност. Правят се специални изчисления за необходимата точност ([Приложение 2.1](#))

18. Избирането на подходящ метод за измерване може да стане въз основа на:

- точността, с която се определя съответното преместване (Q) на една наблюдавана точка или репер, изчислена по формулата

$$m_Q \leq \frac{\Delta Q_{\min}}{2,8}$$

[\(Приложение 2.1\)](#)

- условията, при които се определят деформациите – теренни условия; условия, наложени от конструктивните особености на съоръжението – размери, форма и др.; атмосферни условия; условия, породени от особености при експлоатацията на съоръжението – променливо натоварване, вибрации и др.; влияние на други близки съоръжения; перспективи за разширяване на съоръжението или строеж на нови близки до него съоръжения и др.;

- съществуващите инструменти и оборудване, както и възможностите за своевременно доставяне на други необходими инструменти и уреди.

19. Избраният метод се използва без изменения от началото до края на определянето на деформациите на дадения обект. Изменения се допускат само при изключителни обстоятелства и когато необходимата точност позволява това. Точността в измерванията в отделните моменти трябва да е еднаква или пропорционална.

2.4. Разположение на контролните точки и репери

20. Местата на контролните точки и репери върху изследвания обект задължително се уточняват с конструктора и се съгласуват с геодезиста, изработващ проекта за изследване на деформациите.

При избора на местата се вземат под внимание следните по-обща изисквания:

- запазване на знака през целия период на изследване (особено на знаците, които се поставят в процеса на строителството);
- съобразяване със специфичните изисквания на възприетата методика на измерване, с предполагаемите източници на систематични и случайни грешки;
- съобразяване с общото външно оформяне на съоръжението;
- неподвижно монолитно свързване на знака с обекта, чиито деформации ще се изследват.

21. Контролните точки и репери се поставят там, където се очакват най-големи деформации.

При монолитни кръгли съоръжения контролните репери се поставят на фундаментите най-често диаметрално-противоположно.

При фундаменти с резки преходи на натоварването те се поставят от двете страни на граничната линия.

За обекти, състоящи се от различни високи части, реперите се поставят в местата, където се изменя височината.

Реперите се поставят по носещите елементи в конструкциите по надлъжни и напречни оси.

22. Броят на контролните точки или репери трябва да бъде оптимален, някои конкретни указания за което се дават в глава 7 на настоящата инструкция.

23. Разполагането на контролните точки и репери трябва да осигурява достъп до тях.

24. Когато се налага някоя контролна точка да бъде унищожена, близо до нея на удобно място (по възможност отвесно над нея) се поставя нова, която се номерира със същия номер, но с индекс "н" (нова). Преди унищожаването се правят едновременно измерванията на старата и новата точка, след което измерванията продължават само по новата. Нови точки се поставят и до вече унищожени стари точки.

2.5. Стабилизиране и сигнализиране на изходните и контролните точки и репери

25. Стабилизирането се извършва съобразно вида и предназначението на точките и реперите, съществуващите геоложки и други условия и вида и характера на изследвания обект.

26. Триангулационните, полигоновите и изходните точки на отворите се стабилизират със стълбове за наблюдение.

27. Стълбовете за наблюдение се изграждат от стоманобетон с квадратно или кръгло сечение (за предпочитане), съответно с размери на сечението 40/40 см или с диаметър не по-малък от 35 см.

Височината на стълба е най-малко 1,20 м. Дълбочината на основата на стълба – най-малко на 50 см под нивото на замръзване на почвата. При здрави скали основата на стълба се анкерира в тях.

При стълбовете с кръгло сечение за кофраж обикновено се използват етернитови тръби.

При особено прецизни измервания стълбовете с квадратно сечение се обвиват с дъски, а на тези с кръгло сечение се поставя още една етернинова тръба с по-голям диаметър, като пространството между двете тръби се запълва с изолационен материал.

В стълба се бетонира хоризонтален нивелачен болт на височина 20 см от терена.

Площадката около стълба се прави от бетон с наклон над 2% за оттичане на водите.

Стълбове, които могат да се използват при стабилизирането, са показани в [приложение 2.2](#).

28. За прецизно центриране на инструментите с точност 0,1-0,2 мм в горната повърхност на стълбовете за наблюдение се вграждат (бетонират) устройства за принудително центриране.

Използват се серийно изработени (фабрични) устройства и устройства, изработвани по специален проект в специализирани механически работилници.

Типове устройства за центриране, които могат да се използват, са показани в [приложение 2.3](#).

29. Изходните нивелачни репери при несвързани почви се стабилизират във вид на дълбоки репери чрез сондиране. Долният край на реперната тръба се поставя по възможност до здрави почви.

Изходните репери се поставят и чрез специално набити пилоти.

При здрави почви дълбочината на долния край на репера достига до 2,5 м.

При здрави скали нивелачните репери се бетонират направо в скалата.

Подходящи типове изходни репери са показани на [приложение 2.4](#).

30. Контролните нивелачни репери по изследвания обект се стабилизират под формата на открити, скрити, латови, магнитни, със защитна тръба и плоча и др. репери.

Откритите репери се стабилизират вертикално и хоризонтално, като за целта се използват вертикални и хоризонтални нивелачни болтове и знаци.

Скритите репери се състоят от основа, която се бетонира неподвижно в изследвания обект и се затваря с капачка и реперен болт, който при измерванията се набива в основата.

Латовите репери се закрепват неподвижно към изследвания обект предимно при определяне на малки вертикални измервания и при труднодостъпни за поставяне на лата места. Латовият репер е награфен както инварна лата върху недеформираща основа (алуминий).

За изследване на вътрешните деформации на обектите се строят репери със защитни тръби и плочи в дълбоки репери, а за определяне на повдигането на дъното на изкопа могат да се използват телескопични репери-пегели.

Стабилизирането на точки, на които ще се определят хоризонтални и вертикални деформации, се извършва с комбинирани устройства, в които има втулка за поставяне (центриране) на сигнала и реперен болт за нивелация.

Подходящ за различни случаи типове контролни репери са показани в [приложение 2.5](#) или могат да се видят в специалната литература.

31. Сигнализирането на точките от опорните мрежи и контролните точки по обектите става с подходящи сигнали, които осигуряват еднозначност при центриране и насочване към тях; формата и размерите на геометричните фигури, а също и оцветяването им осигуряват точността на визиране, съобразно с дължините на визуирите; при монтирано (работно) положение, съществуващите оси на симетрия на геометричните фигури, използвани при оформяне на сигналите трябва да бъдат вертикални и да съвпадат с осите на устройствата за принудително центриране; за всяка точка се осигурява отделен сигнал като чрез поставяне на трайна номерация не се допуска размяна на сигналите; за предпочитане е употребата на плоски (не обемни) сигнали; с неподвижно монтирани (прикрепени към съоръжението с болтове) сигнали се означават труднодостъпни точки. Те се изработват от некорозиращи материали, които се замърсяват трудно (емайлирани), не деформират по форма и размери и трайно запазват оцветяването си.

При съществуваща опасност от често замърсяване (при означаване на точки на комини, кули и пр.) се използват и обемни неподвижни сигнали. Ако са предвидени и нощни измервания, следва да има подходящо осветление.

Подходящи начини за сигнализиране са дадени в [приложение 2.6](#).

2.6. Провеждане на измерванията

32. Измерванията за изследване на деформациите на обектите започват по възможност още в началния стадий на изграждането им и продължават през време на строителството и експлоатацията им.

33. Първото измерване за определяне на слягания на фундаментите на съоръженията и сградите се извършва при започване на строителството, когато натоварването върху основите е около $0,25 \text{ kg/cm}^2$ три-четири дни след стабилизиране на контролните репери.

34. Периодичността на следващите измервания и броят им се определят с проектанта на обекта или с възложителя на задачата, а при по-важни обекти и чрез предварителни изчисления.

При определяне на периодичността на измерванията се вземат предвид календарните срокове за изграждане на обекта, характерът на почвата, върху която се изграждат фундаментите, промяната на нивото на почвените води, размерът на очакваните деформации с предполагаемият период от време за настъпване на стабилизация в сляганията.

35. В общия случай измерванията в периода на строителството се извършват при натоварване на основите $0,25 \text{ kg/cm}^2$, 25%, 50%, 75%, и 100% от пълното натоварване на основата; две-три измервания се правят и след изграждането на обекта, до окончателното стабилизиране на сляганията.

36. В периода на експлоатацията измерванията се извършват в сроковете, дадени в правилника за експлоатацията на обектите. Допълнителни измервания се извършват при доказана необходимост.

37. Възобновяване на измерванията за изследване на деформациите се предприема, когато се появят вторични слягания вследствие на ново строителство в близост до обекта, при надстройка и реконструкция или когато се появят видими дефекти в конструкцията.

38. Измерванията се извършват само в най-благоприятно време за измерване.

39. По възможност всички периодични измервания на даден обект се извършват при еднакви условия – еди и същи наблюдател и инструменти, едни и същи части на деня, при едно и също място на инструмента и др., чрез което се избягва или намалява влиянието на някои от грешките при измерването.

40. Измерванията се извършват за възможно най-кратко време. Не се разрешава прекъсване на започнати измервания от даден цикъл.

2.7. Представяне и оформяне на резултатите от измерванията

41. След завършване на всяко от периодичните измервания данните от тях се обработват, което включва:

а) математическа обработка на измерванията;

б) изчисляване на деформациите.

42. Изчисляването на хоризонталните премествания, слягането и наклоняването на обектите се извършва по установените начини и формули (вж. глави 3, 4 и 5 и [Приложение 2.7](#)).

43. Изчислените данни се дават в таблици ([приложения 2.8](#)).

44. По данните от таблиците се съставят графици, както следва:

а) хоризонтални и вертикални разреза на обекта, върху които се нанасят изчислените премествания ([приложение 2.9](#)).

б) общ (съвместен) график на сляганията на всички части от съоръжението, върху който се нанасят сляганията, изчислени при всички периодични измервания ([приложение 2.10](#)).

в) чертеж с изолинии на еднаквите деформации (ако е необходимо) ([приложение 2.11](#)).

г) при необходимост и по искане на заявителя се извършва аксонометрично изобразяване на преместванията, огъването, наклоняването и др. ([приложение 2.12](#)).

45. След приключване на полските и канцеларските работи за всяко от периодичните измервания се изготвя отчет за извършените работи и резултатите от измерванията, който съдържа: кратки сведения за извършените работи, размер на определяните деформации в табличен вид и (по искане на заявителя на задачата) във вид и на графици на определените по този метод деформации.

46. За обекти, на които се извършва ежегодно преглед на състоянието им от специални комисии (експертни съвети), като язовирни стени и др., се изготвя годишен отчет, в който се отчитат извършените работи и резултатите от изследванията за текущата година в срок и със съдържание, дадени от стопаните на обекта. Тези отчети се прилагат и съхраняват към техническата документация на обекта.

47. След приключване на работите по изследване на деформациите на обекта или изтичане на договорния срок за контролиране (ако измерванията са възложени на специализирана организация или институт) се изготвя окончателен отчет за извършените работи и резултатите от измерванията и изследванията, който съдържа: цел и задачи на измерването, характеристика на почвата, върху която са изградени основите на обекта, конструктивни особености на обектите и на фундаментите, описание на методите на работа, обработката на измерванията, оценката на точността, таблици и графици с резултатите от наблюденията, анализ и интерпретация на резултатите от извършените измервания и определените премествания.

2.8. Място и организация на геодезическата служба за изследване на деформациите

48. Геодезическата служба за изследване на деформациите се създава в общия случай към инвеститора на обекта. Когато такава не е изградена, геодезистите към инвеститора и към строително-монтажните организации (вж. Правилник за геодезическите служби (звена) в областта на инженерната геодезия (Д.в. бр. 14 – 1980 г.) заедно с другата дейност извършват и тази по изследване на деформациите въз основа на съответното задание.

49. Геодезическата служба се комплектува от опитни и добре подготвени теоретично специалисти (броят им е съобразно обектите, които изследват) и с прецизни съвременни геодезически инструменти.

50. При уникални обекти се търси съдействие на научни институти, занимаващи се и имащи опит в изследване на деформации.

3. методи за определяне на хоризонтални деформации

1. Хоризонталните деформации на инженерните обекти могат да се определят чрез тригонометрични, полигонометрични и створни методи.

3.1. Тригонометрични методи

2. За определяне на хоризонтални деформации се използват следните тригонометрични методи: триангулация, трилатерация, триангултрилатерация, прецизна полигонометрия, прави, обратни, линейни и комбинирани засечки, както и отделни ориентирани посоки.

3. За определяне на координатите и измерванията в положението на наблюдаваните точки от изследвания обект се създава геодезическа мрежа по някои от следните варианти:

- изходните и наблюдаваните (контролните) точки от изследвания обект се измерват и изравняват като една мрежа;
- в една мрежа се измерват и изравняват изходните точки, след което от тях се извършват измервания за определяне на наблюдаваните точки от обекта.

4. При създаване на опорната мрежа се спазват следните изисквания:

- мрежата се състои от възможно най-малък брой точки;
- изходните точки да се избират на такива места, от които съответните наблюдавани точки от обекта да се определят бързо, лесно и с необходимата точност, за която цел изходните точки трябва да бъдат разположени така, че посоката на малката полуос на елипсата на грешките на наблюдаваната точка да съвпадне с посоката на най-интензивните деформации;
- опорната мрежа да бъде по възможност една и съща по време на всички цикли от измерванията.

Опорната мрежа се създава по един от следните методи: триангулация, трилатерация, триангултрилатерация (ъгловодължинна) и прецизна полигонометрия.

5. Триангулационната мрежа се проектира като самостоятелна, при което се има предвид още и следното:

- да се избягват дългите визури, пресичащи триъгълниците;

- точките за ориентиране да бъдат избрани по възможност на места, в неподвижността на които няма съмнение, а разстоянието от мрежата до точките за ориентиране към ориентираните точки да сключват ъгли, по-големи от 35° ;

- определящите ъгли при новите триангулационни точки да бъдат в границата $25^\circ < \beta < 175^\circ$, а за точките по периферията на мрежата крайните страни да сключват по възможност ъгли близки до 100° .

Средната дължина на триангулационните страни се определя съобразно необходимата точност ([приложение 3.1](#)).

Съотношението между най-късата и най-дългата триангулационна страна не трябва да бъде по-голямо от 1:4.

На подходящо място в триангулационната мрежа се измерва една база – триангулационна страна. Точките, които определят базата, трябва да бъдат разположени на стабилен терен. Точността при измерването на базата да бъде 1/600 000, ако е необходимо да се определят преместванията с точност 0,20 mm. Базата може да се измерва и с по-малка точност, ако е неизменна или ако измененията се определят точно.

6. Преди да започне измерването на триангулационната мрежа, може да се направи оценка на точността на най-неточно определените страни и точки, въз основа на графични данни, извлечени от окончателния проект чрез използване на обратните тежести за определяне на точността, с която трябва да се извършват измерванията ([приложение 2.1](#)). За тази цел е необходимо да се извърши предварително изравнение на мрежата с графичните данни.

7. Ъгловите измервания в триангулационни мрежи се извършват по гирусния начин, като се спазват следните изисквания:

- на всяка станция се използва един и същи добре проверен и поправен теодолит с директна точност на отчитане не по-малка от $2''$, с изкуствено осветление на скалите;

- при всеки цикъл от измерване на всяка станция се използва една и съща начална посока и един и същ начален отчет във всеки гирус;

- при всеки цикъл Ѫгловите измервания се извършват по една и съща програма (при слънчево време – рано сутрин и вечер, а в облачни дни – през целия ден с изключение на едн час преди обед и два часа след обед);

- измерването на цялата триангулационна мрежа се извършва за възможно най-кратко време.

Теодолитът се хоризонтира в началото на всеки гирус. По време на един гирус мехурчето на алидадната либела не трябва да се отклонява от средното си положение на повече от 1.5 либелно деление. За тази цел в слънчеви дни теодолитът се предпазва от слънчевите лъчи с чадър.

При визури, чийто наклон е по-голям от 4° , във всеки полугирус се правят отчети и по либелата, като отчетите по хоризонталния кръг се коригират ([приложение 3.2](#)).

Визирането се извършва чрез двойно насочване, коинцидиране и отчитане. Разликата между двата отчета не трябва да надминава стойността:

$$\Delta R_{\text{доп}}^{\text{cc}} = 3,5 \sqrt{m_v^2 + m_{\text{отч}}^2}$$

където

m_v – средна грешка във визирането

$m_{\text{отч}}$ – средна грешка в отчитането

8. Допустимите норми при измерването на посоките в триангулационната мрежа в четири гируса могат да бъдат:

- допустима разлика между отчетите в началото и в края на всеки полугирус към първата наблюдавана точка

$$\Delta R_{\text{доп.}} = 3,0 m_R$$

([приложение 3.2](#)).

- допустима разлика между отчетите при първо и второ положение към една и съща точка

$$\Delta R_{\text{доп}}'' = \sqrt{25m_{Rn}^2 + (2\theta_1)^2}$$

където $2\theta_1$ е разликата между първо и второ положение, дължаща се на остатъчни инструментални грешки ([приложение 3.4](#));

- допустима разлика между най-малката и най-голямата редуцирани стойности на една посока в различните гируси

$$\Delta R_{\text{доп}} = 3,5m_{Rn}$$

- допустими несъвпадения в различни затворени полигони (фигури)

$$W_{\text{доп}} = 2,5m_R \sqrt{2K}$$

където K е броят на ъглите в полигона.

9. Ъгловите измервания след всеки цикъл се подлагат на следните предварителни анализи и обработки:

- изчисляват се ъгловите несъвпадения в затворените полигони (триъгълници) (вж. т.6). При триангулационни мрежи се сумират само триъгълниците.

- изчислява се средната квадратна грешка на измерена посока (m_R) по формулата на Фереро

$$m_R = \sqrt{\frac{W^2}{6n}}$$

където n е броят на несъвпаденията.

Получената стойност не трябва да бъде по-голяма от определената при предварителните изчисления ([приложение 2.1](#));

- проверява се неподвижността на изходните точки (вж. гл. 6).

10. Геодезическата опорна мрежа се построява като триангулчна и по-често като ъглово-дължинна мрежа, като се измерват ъглите и само някои страни в слабите звена на мрежата, с което се осигурява необходимата по-висока точност. Точността на дължинните измервания трябва да бъде съизмерима с точността на ъгловите измервания.

11. При създаване на трилатерачна или ъглово-дължинна мрежа, се спазва същият ред както при създаване на триангулчна мрежа ([приложение 3.5](#)).

12. Координатите на наблюдаваните точки от обектите и измененията им се определят освен чрез триангулация, трилатерация, триангутрилатерация и полигонометрия още и чрез прави, обратни, линейни и комбинирани засечки и чрез отделни ориентирани посоки ([приложение 3.6](#)).

3.2. Полигонометричен метод

13. Полигонометричният метод се използва във вид на единични полигонови ходове или мрежа от полигонови ходове.

Единичните полигонови ходове са включени или затворени ([приложение 3.7](#)).

14. Крайните точки на единичните полигоони някои от крайните точки на полигоновите мрежи да се разполагат в стабилен терен и от тях се проверява неподвижността на другите точки от същия полигон и измененията на точките от изследвания обект. От крайните точки задължително се визира към най-малко три ориентирани точки, посоките към които да сключват ъгли, не по-малки от 35° , а разстоянията до тях да бъдат по-дълги от най-дългата полигонова страна.

15. Ъгловите измервания се извършват съгласно указанията в т. 7 на този раздел от инструкцията.

Ъгловите несъвпадения на полигоните не трябва да бъдат по-големи от стойността, изчислена по съответната формула в т. 8.

Дължинните измервания се извършват с електронен далекомер.

16. Допустимото дължинно несъвпадение на полигона се изчислява по формулата

$$f_{\text{Сдоп.}} = 3,0\Delta Q_{\text{min}}.$$

3.3. Створни методи

17. Створните методи (оптичен, струнен и др.) за определяне на хоризонталните деформации се използват предимно при изследване на праволинейни обекти.

18. За всеки створ се въвежда локална правоъгълна координатна система, едната ос на която съвпада, а другата (по която се определят преместванията) е перпендикулярна на створната линия. В проекта се уточняват положителните посоки на тези оси.

19. Изходните точки на створа се избират извън зоната на деформациите. Ако това не е възможно, или не е подходящо, те могат да бъдат избрани и в зоната като се контролира тяхната неизменност и тя се взема предвид при определяне на хоризонталните деформации на наблюдаваните точки.

20. Контролирането на неподвижността на изходните точки на створа се извършва чрез допълнителни точки или с допълнителни фигури и мрежи, разположени вън от зоната на деформациите, или като се включват в триангулационната мрежа на обекта.

21. В зависимост от избрания створен метод се използват подвижни или неподвижни сигнали и инструментите се центрират само чрез устройства за принудително (автоматично) центриране. ([Приложение 3.8](#)).

22. Точността, с която се определят преместванията в створа, се определя в зависимост от дължината (D) му. ([Приложение 3.9](#)).

23. При оптичния створ се използват оптични инструменти – алиниометри, теодолити, малки телескопи, автоколиматори и др.

24. При избиране на подходящ инструмент се взема предвид:

- методът, по който се определят изместванията на наблюдаваните точки спрямо створната линия (подвижен сигнал, измерване на малки ъгли и др.);

- наклонът на створната линия като при створна линия с голям наклон се правят отчети и по либелата, която е успоредна на хоризонталната ос на инструмента – алидадната либела или специална язеща либела (съгласно [приложение 3.10](#)).

25. Точността, с която се определят преместванията от створната линия се определя в зависимост от разстоянието на визиране, средната грешка в определяне на ъгловото преместване и броя на посоките ([приложение 3.6](#) и [приложение 3.11](#)).

26. При избиране на местата на изходните точки от створа, както и на наблюдаваните точки, да се съблюдава визирната линия да не минава близо до масивни предмети и други обекти, които предизвикват голям температурен градиент, който от своя страна е причина за странична рефракция ([приложение 3.12](#)).

27. Сигналите се поставят по възможност на повече от 0,50 m над тялото на изследвания обект.

3.3.1. Определяне на отклоненията от оптичния створ чрез подвижен сигнал

28. Изместванията на наблюдаваните точки от створа се определят чрез подвижен сигнал, който може да се измества спрямо основата в посока, перпендикулярна на створа.

Скалите на сигнала са награфени така, че по тях да се отчита с грешка не по-голяма от

$$m_{\text{отч. доп.}} = \frac{\Delta Q_{\text{min}}}{8} \sqrt{nN}$$

където

N – е броят на гирусите

n – броят на повторенията във всеки полугирус

29. За да се определят някои субективни грешки при вкарване на сигнала от помощника в бисектора на инструмента е желателно да се използва дистанционно устройство за изместване на сигнала, което се командува от оператора.

30. Преди да започне измерването към дадена точка сигналът се центрира чрез устройството за принудително центриране, хоризонтира се с грешка не по-голяма от 1/2 либелно деление и се насочва от помощника на оператора към инструмента така, че плоскостта му да бъде перпендикулярна на посоката към инструмента с грешка не по-голяма от

$$\Psi_{\text{доп}}^{\varepsilon} = \rho^{\varepsilon} \sqrt{\frac{\Delta Q_{\text{min}}}{8Q_i}}$$

където Q_i е текущото изместване на точка i от створа.

31. Изместванията на една и съща точка от оптичния створ се определят чрез един и същи сигнал. За тази цел сигналите трябва да бъдат номерирани.

32. При всеки цикъл измерванията се извършват по една и съща програма ([Приложение 3.13](#)).

33. Резултатите от измерването се записват и обработват в специален карнет ([приложение 3.14](#)).

34. Изместванията на контролните точки от створа се определят въз основа на получените при измерването отчети по скалите на сигнала като се осредняват и контролират ([приложение 3.15](#)).

35. Допустимите разлики при измерванията се изчисляват по формули, съобразно съществуващите условия ([приложение 3.16](#)).

3.3.2. Определяне на изместванията от створа чрез измерване на малки (паралактични) ъгли

36. Изместванията на наблюдаваните точки от створа се определят чрез измерване на малките ъгли v_i , които се заключват между посоката на створа и посоката към съответната наблюдавана точка i по формулата

$$Q_i = \frac{\beta_i^{cc}}{\rho^{cc}} D_i$$

37. Разстоянията от изходните створни точки до съответните наблюдавани точки i (D_i) се измерват само при първото наблюдение с относителна грешка не по-голяма от

$$\frac{m_{D_i}}{D_i} \leq \frac{\Delta Q_{\max}}{11Q_{\max}}$$

където Q_{\max} е очакваното максимално отклонение от створа на съответната точка.

Ъглите се измерват с теодолит с 2^{cc} точност на директно отчитане. Когато те са малки се измерват многократно само с микрометъра, като се коинцидира едно и също деление от хоризонталния кръг.

Точността на измерване се изчислява по формулите, дадени в [приложение 2.1, точки 4](#)

[и 5](#), където
$$\Phi_i = \frac{D_i}{\rho}$$

38. Определянето на изместванията на наблюдаваните точки от оптичния створ чрез измерване на малки ъгли се извършва по една и съща програма за всяка точка ([приложение 3.17](#)).

39. Резултатите от измерването се записват и обработват в специален карнет.

40. Изместванията на наблюдаваните точки от оптичния створ се изчисляват съгласно т. 36 ([приложение 3.18](#)).

3.3.3. Струнен и лазерен створ за определяне на хоризонтални премествания

41. Струнният створ за определяне на хоризонтални деформации се осъществява от изпъната стоманена струна (жица) между двете изходни створни точки. Изместванията на контролните точки от струнния створ се определят чрез измерване на разстоянието от струната до точките.

Стоманената жица, която се използва за струна трябва да е изправна и да отговаря на редица нормативни условия ([приложение 3.19](#)).

42. Струнния створ се използва главно в закрити помещения, в които са предприети специални мерки за ограничаване на въздушните течения. На открито той се използва само ако струната бъде изолирана от влиянието на въздушните течения.

43. При прилагане на лазерния створ оптичният визирен лъч се заменя с лазерен. Преместванията се измерват с лазерен алиниометър и подвижен сигнал.

4. методи за определяне на вертикални деформации

1. Определянето на вертикалните деформации се извършва чрез геометрична, тригонометрична или хидростатична нивелация в зависимост от изискваната точност и конструктивните особености на обектите.

4.1. Геометрична нивелация

2. За измерване на сляганията на съоръженията и сградите се прилага геометрична нивелация, съобразно точността ѝ както следва:

а) Прецизна нивелация I клас $m_{\text{cm}}^{\text{I}} = 0,10\text{mm}$

б) Прецизна нивелация II клас $m_{\text{cm}}^{\text{II}} = 0,20\text{mm}$

в) Нивелация III клас $m_{\text{cm}}^{\text{III}} = 0,40\text{mm}$

m_{cm}^{i} е средната квадратна грешка на измерено превишение от една станция.

Допуска се да се извършва нивелация и с по-малка точност от предвидената по-горе, когато това е обосновано в проекта за измерване на деформациите.

3. Опорните мрежи за изследване на вертикалните деформации се състоят от главни нивелачни ходове, които свързват основните и работните репери.

В зависимост от големината на обектите, тяхното значение и най-вече от геоложките условия опорните мрежи се строят като площни или се свеждат до отделни затворени нивелачни полигони или ходове свързани с неподвижни изходни точки.

Особеностите при изграждане на опорните мрежи за различните обекти са дадени в раздел 7 на тази инструкция.

4. Контролните нивелачни репери върху изследвания обект се свързват чрез второстепенни ходове с работните репери или с неподвижните изходни точки. При по-големи съоръжения те образуват нивелачна мрежа.

5. В проекта за изследване на вертикалните деформации на даден обект (или група обекти) чрез геометрична нивелация се решават следните по-съществени въпроси:

- от колко класа ще се състои нивелачната мрежа;
- определят се местата на основните репери;

- районът, в който ще се стабилизира групата контролни репери, да осигурява неподвижността на реперите, а броят на основните репери да не бъде по-малък от два, по възможност три;
- местата на работните репери се избират в близост до обекта, но извън зоната на деформацията, а техният брой и местоположение се определят от конкретните условия, като се търсят удобни подходи на свързващите ги ходове;
- в нивелачните мрежи се избягват ходове, при които трябва да се преодоляват значителни превишения.

6. Необходимата точност на измерване и инструментите могат да се определят въз основа на предварителни изчисления, дадени в [приложение 4.1](#).

7. При нивелирането се спазват общите изисквания за прецизна нивелация, дадени в инструкциите на ГУГКК и допълнителните изисквания, дадени в тази инструкция.

8. Подходящи нивелири, които се използват за извършване на прецизна нивелация са:

а) за нивелация I клас – самохоризонтиращите се нивелири Zeiss Ni 002, MOM Ni A₃₁, Opton 1, Wild 3 и либелния Ni 004.

б) за нивелация II и III клас – Zeiss Ni 007, Opton 2 и Zeiss Ni 004.

9. Преди всяко измерване се прави проверка на осовите условия. Особено внимание се обръща на: изменението на положението на визирната ос при префокусировка на зрителната тръба; изменението на ъгъла между визирната ос и тангентата на либелата при либелните нивелири; работата на компенсатора – при самохоризонтиращите се (компенсаторни) нивелири.

При работата с либелни нивелири се използват несгъваеми триноги. При самохоризонтиращите се нивелири прецизно се поправя кръглата либела.

Целесъобразно е около половин час преди започване на измерването, нивелирът да се постави на триногата и остави навън (на сянка) за темперирание. Подобно темперирание се прави и на латите.

При нивелиране се ползват само нивелачни лати с инварни скали и щрихови деления и подходяща дължина (3 m или 1,75 m), едноскални или двускални.

Не се разрешава използването на дървени нивелачни лати.

Латите се проверяват и изследват преди и след завършване на измерванията.

При всяко измерване се прави проверка на либелите към латите. Желателно е да се използват центриращи подложки на петите на латите.

При измерване в ниски помещения се ползват къси нивелачни лати с инварни скали неподвижно прикрепени към съоръжението или подвижни лати с осигурена еднозначност при поставяне върху нивелачните болтове.

10. При извършване на нивелацията се спазват следните изисквания:

- дължините на визурите да не надвишават 30 m, като се предпочитат визури с дължина до 25 m;
- разликата между дължините на визурите “Назад” и “Напред” при нивелация I и II клас да не бъде по-голяма от 1 метър при работа с компенсаторни нивелири и 0,5 m при работа с либелни нивелири, а за нивелация III клас – съответно 2 m и 1 m;
- противоположните направления в нивелачните ходове да се измерват в различни части на деня (сутрин и след обед), а при използването на две лати измерването в противоположните посоки да започва с различни лати;
- да се избягва нивелиране при изгрева и залеза на слънцето, при силен вятър и при трептене на латовия образ;
- латите да се държат във вертикално положение с помощта на два жалона, летви и др.

11. При работа на станцията се спазва редът за отчитане по латите, съгласно [приложение 4.2](#).

12. На всяка станция преди вдигането на нивелира се извършва контрол на измерванията. При работа с нивелири с компенсатори се съблюдават допустимите несъвпадения както следва:

а) за нивелация I и II клас

Разликата между действителната и получената от измерването константа на разместване на двете скали на латата (трите последни цифри) да не е по-голяма от 0,2 mm (4 деления по барабана).

Разликата между превишенията измерени чрез основните и допълнителните скали на двете лати да не е по-голяма от 0,2 mm.

Разликата между превишенията измерени при два хоризонта на нивелира с едноскални лати да не е по-голяма от 0,3 mm.

б) при нивелация III клас допустимите разлики дадени в т. “а” са два пъти по-големи.

За контролиране на нивелачните измервания при различните видове обекти се спазват допустимите несъвпадения, дадени в раздел 7 на тази инструкция.

13. Когато се извършват предварителни изчисления за необходимата точност на нивелацията съгласно [приложение 4.1](#) се спазват допустимите несъвпадения както следва:

- разликата в превишенията между два съседни репера измерени от една станция, при нивелирането на правия и обратния ход след извършени осреднявания поради работа с две скали или при два хоризонта на нивелира не трябва да надвишава

$$f_{\text{доп.}} = \pm(5m^i) \text{ mm}$$

където m^i е изчислената точност на превишение, измерено от една станция (взета без дименсии), за различните класове на нивелачните мрежи съобразно [приложение 4.1](#);

- несъвпадението при сумиране на затворени фигури или несвързката на ход, включен между репери от по-горен клас не трябва да надвишава стойността

$$f_{\text{ндоп.}} = \pm(2,5m^i \sqrt{n}) \text{ mm}$$

където n е броят на станциите.

14. В нивелачните карнети се извършват предвидените обработки и проверки за установяване верността на изчислените стойности на превишенията между отделните репери и на ходовете. Изчислените стойности се закръгляват до 0,05 mm. При всички следващи изчисления стойностите се закръгляват до 0,1 mm.

След всяко измерване се попълва формуляр, съдържащ стойностите на измерените превишения и се сумират всички затворени полигони в нивелачната мрежа. Във формуляра за стойностите на измерените превишения се записват: измерените превишения между съседните репери в права и обратна посока, средноаритметичното от тези стойности, разликата между измерените превишения в права и обратна посока и тежестите на измерените превишения (обикновено обратно пропорционално на броя на станциите в нивелачните ходове).

15. В изчислените стойности на превишенията се внасят поправки за дължината на средния метър на използваните лати. При използване на едни и същи лати при измервания по една и съща схема за всички цикли измерените превишения може да не се коригират.

16. По данни от измерванията във всеки цикъл се изчислява ср. кв. грешка m_{cm}^i на превишение, измерено от една станция.

$$m_{\text{cm}}^i = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n}}$$

където δ е разликата от превишения, получени от двукратни измервания от една станция, в съответната степен на нивелачната мрежа;

n – брой на разликите

От изравнението в съответния клас се изчислява средна квадратна грешка

$$m_{\text{cm}}^i \text{ изр.} = \pm \sqrt{\frac{[pww]}{R - u}}$$

където

v – поправки на измерените стойности на превишенията

$$p = \frac{1}{n} \text{ - тежести на участващите ходове}$$

n – брой на станциите в съответните ходове

$R-u$ – брой на свръхизмерванията

$m_{\text{см. изр.}}^i$ – ср. кв. грешка за единица тежест, получена при изравнението

При извършени предварителни изчисления трябва

$$m_{\text{см. изр.}}^i \leq m_{\text{см. разч.}}^i$$

$m_{\text{см. разч.}}^i$ – предварително изчислена ср. кв. грешка на превишение, измерено от една станция при съответния клас нивелация.

17. Котите на контролните репери се изчисляват след извършване на изравнението от котите на изходните репери, установени като стабилни за дадения цикъл.

Стойностите на настъпилите премествания за всеки контролен репер се изчисляват чрез образуване на разликите между котите, определени при съответните цикли с началния и между съседните цикли.

18. След приключване на всички измервания съгласно работната програма се извършва оценка на точността на съответния клас на геометричната нивелация по данни на измерванията.

а) чрез разликите в превишенията на нивелачните ходове, измерени в права и обратна посока.

$$m_{\text{см.}}^i = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{D^2}{nN}}$$

където $m_{\text{см.}}^i$ – ср. кв. грешка на измерено превишение от една станция

d – разлики в измерените превишения в права и обратна посока за отделните нивелачни ходове

n – брой на станциите в отделните ходове

N – общ брой на нивелачните ходове

б) чрез несъвпаденията в затворените нивелачни полигони

$$m_{\text{см.}}^i = \sqrt{\frac{\sum W^2}{n}} \cdot r$$

където W – са несъвпадения в затворените нивелачни полигони

n – брой на станциите в отделните полигони

r – общ брой на затворените полигони

4.2. Тригонометрична нивелация

19. Тригонометричната нивелация се прилага при изследване на вертикални деформации, когато минималното преместване ΔQ_{min} , което следва да се определя съгласно заданието е по-голямо от 1mm и когато контролните точки са трудно достъпни.

Тя се прави съвместно с тригонометричното определяне на хоризонталните премествания, като се изхожда от една опорна мрежа. Измерването на хоризонталните и на зенитните ъгли се извършва разделно.

20. За определяне на вертикалните премествания на стълбовете за наблюдения, от които се измерват зенитните ъгли се поставя нивелачен болт, спрямо който се определя височината на инструмента (хоризонталната ос) при всяко измерване.

21. Нивелачните болтове на стълбовете се свързват чрез подходящо проектирани ходове геометрична нивелация с репери на изходните мрежи на обекта. Нивелирането се извършва по програмата и изискванията за нивелиране на изходните репери. Стълбът на точка N се счита неизменен по височина ако

$$H_N^{j-1} - H_N^j \leq 2,5m_{\text{см.}}^{\text{пр.к.}}$$

където

H_N^{j-1}, H_N^j - са коти на точката в два цикъла

$m_{\text{см.}}^{\text{пр.к.}}$ - проектната ср. кв. грешка на превишение, измерено от една станция в мрежата на изходните репери.

22. Типът на теодолита, с който се измерват зенитните ъгли се определя в зависимост от стойността на ср. кв. грешка на измерване на зенитен ъгъл при две положения на тръбата ([приложение 4.3](#))

23. При избора на инструментите и точността на измерване се изхожда от необходимата точност, с която се определят вертикалните премествания. При това може да се използва начина даден в [приложение 4.3](#).

24. За измерване на зенитните ъгли се ползува същия теодолит, с който се измерват хоризонталните ъгли. Предпочитат се теодолити със стабилизиращ индекс на вертикалния кръг (компенсатор).

Преди всяко измерване се проверява съответната стойност на индексната грешка и ако тя надминава $50''$ се прави и съответната поправка.

25. Формата на сигналите бива правоъгълна или квадратна. Всеки сигнал има по възможност по две места (фигури) марки, подходящи за визиране, както при измерване на хоризонталните, така и за зенитните ъгли. Местата за насочване са разположени така, че да се осигуряват различни наклони на визирния лъч спрямо равнината на сигнала ([приложение 2.6](#))

Размерите на сигналите се определят съобразно средната дължина на визуите (D_m):

$$d_{mm} = \frac{D_m}{10}$$

Сигналите се оцветяват с трайни, контрастиращи цветове.

26. Измерването на зенитните ъгли при всеки цикъл се провежда при благоприятни условия: добра видимост, спокойни образи на сигналите в подходящо осветление на същите. За намаляване влиянието на промените в рефракционния ъгъл, измерването се провежда около 1 до 3 часа след изгрев слънце и от 3 до половин час преди залез слънце.

27. За повишаване на точността, измерването може да става чрез насочване с трите хоризонтални нишки при две положения на тръбата в определения брой гириси.

28. Измерването на зенитните ъгли става разделно на различните фигури (марки) на сигналите по определена програма ([приложение 4.4](#)).

29. Резултатите от измерванията да се записват в карнет по начин, показан в [приложение 4.5](#).

При изчисление на карнета се спазва установен ред и се правят съответните контроли ([приложение 4.5](#)).

30. Стойностите на хоризонталните разстояния се изчисляват от координатите на точките, определени при съответния цикъл или от непосредственото измерване (електронен далекомер).

4.3. Хидростатична нивелация

31. Хидростатичната нивелация се прилага когато няма подходящи условия за геометрична нивелация или тя не удовлетворява изискванията за точност, и когато не се очакват големи деформации, а също при изследване на деформации на фундаменти и други конструктивни елементи, намиращи се в тесни и труднодостъпни помещения.

32. При хидростатичната нивелация се използват прибори за визуално автоматично или дистанционно отчитане.

33. Измерителната система се запълва с течност от вид и качество съобразно заводското предписание. Най-често тя е дестилирана (или преварена) вода. За подобряване на условията за наблюдение, течността може да се оцвети с вещества, които не дават утайка и не влизат в химическа реакция с нея или със съдовете и тръбите, например мастило. За създаване на електропроводимост, ако се налага, може да се разтвори готварска сол.

Течността се налива в системата след внимателно филтриране.

Когато се предвижда системата да бъде в заредено състояние за дълго време към течността се прибавят антисептични вещества (например 0,1% формалин).

34. В проекта трябва да се даде:

- броят и типът на хидростатичните нивелири, средствата за реализиране на съединителните тръбни връзки, видът на течността;
- схемата на връзките между изходния репер и отделните нивелири, мястото на изравнителния резервоар;
- схемата и начинът за осъществяване на връзката между изходния репер в хидростатичната нивелация и мрежата на изходните репери на обекта;
- предписанието за монтажа на нивелачните болтове, изискванията за монтажа на системата от тръби, за оборудване на изходния репер;
- методиката за провеждане на началното и следващите измервания;
- графикът за наблюденията;
- предписанието за подготвителните и завършителните работи при всяко измерване.

35. При избран тип на хидростатичен нивелир за определяне точността на измерването се изхожда от ср. кв. грешка на отчет при еднократно контактуване между измерителният щифт и нивото на течността, която се изчислява ([приложение 4.3](#)) или се взема от проспекта.

36. Когато се поставят повече от два съда, те се свързват в обща измерителна система. При продължителни изследвания, се изгражда стационарна система.

37. Системите се изпълняват като затворени (с тръба или маркуч се свързват и въздушните обеми на измерителните съдове). С това се намаляват грешките от неравномерното изпарение на течността и евентуални разлики в атмосферното налягане.

При измерителни системи с дължина на съединителната тръба по-голяма от 100 m се предвижда затваряне на тръбите за течностите.

38. За извършване на хидростатична нивелация се ползват прецизни хидростатични нивелири, с диаметър на съда не по-малък от 35 mm и с приспособление за отчитане и за регистриране нивото на течността с точност 0,01 mm, пригодени за свързване в обща измерителна система (за течността и за въздушните обеми). В устройството за контактуване с нивото на течността има включено сигнализиращо средство.

39. Означаването на наблюдаваните точки става чрез реперни болтове с форма и размери, съответстващи на нивелирите за осигуряване на еднозначност при монтиране на измерителните съдове. В периода, когато не се измерва, болтовете се закриват с капачка.

40. Съединителните тръби (маркучи) са пластмасови (от комплекта на нивелира или равностойна) или метални, при вътрешен диаметър не по-малък от 10-12 mm (1/2 цол). Металните тръби и свързващите ги елементи имат некорозиращо покритие, особено отвътре. Препоръчва се използване на прозрачни пластмасови маркучи.

41. При монтаж на тръбите, по цялото им протежение трябва да са по-високо от работните нива на течността в измерителните съдове. Целесъобразно е тръбите да имат малки наклони спрямо хоризонта като в най-високите места се поставят кранчета за източване на течността при прекратяване на работа или при промиване на системата. Осигурява се възможност за визуален контрол на тръбите, особено в местата на свързките. Непосредствено пред всеки съд се оставя място за включване на термометър за измерване температурата на течността.

42. Грешката от положението на нулевото деление на скалата на всеки измерителен съд се отстранява като стриктно се спазва условието, всеки съд да се поставя на един и същи болт при всяко измерване, а при измерване на единично превишение се разменят местата на съдовете и получаваните превишения от двете измервания се осредняват.

43. Местата на контролните репери се определят чрез геометрична нивелация. Допустими са разлики до 10 mm спрямо приетото условно ниво.

44. Ако за периода, когато няма измервания измерителните съдове не се демонтират, на същите се поставят предпазни сандъчета с топло- и влаго- изолация, без допир до елементи от измерителната система и с размери, осигуряващи достъп условия за нормална работа при измерване. При неохраняеми помещения сандъчетата се заключват.

45. Измерванията за даден цикъл се извършват по установен ред ([приложение 4.7](#)), като резултатите от проверката се отбелязват в карнета ([приложение 4.8](#)).

46. При изпразване на системата спирателните кранчета на съдовете се оставят отворени и отворите за въздуха се освобождават. Течността се събира в съдове с подходящ обем, без овлажняване или замърсяване на помещенията.

5. методи за определяне на пространствени деформации и полугеодезически методи

5.1. Пространствени мрежи

1. Преместванията по трите координати оси се определят посредством пространствени мрежи.
2. При измерванията се спазва следния ред: хоризонтални ъгли, зенитни ъгли, наклонени разстояния, а височината на теодолита (електронния тахиметър) и сигналите се определят чрез прецизна геометрична нивелация.
3. При необходима особено висока точност измерването на зенитните ъгли става по трите нишки на нишковия кръст ([приложение 5.1](#)).
4. Средните грешки в измерването на зенитните ъгли не трябва да надвишават, за измерване с теодолит от типа Цайс Theo 010А на един път измерена посока 10^{cc} и на средното аритметично 4^{cc} .
5. Точността на измерване на височините на инструментите и сигналите трябва да бъде 0,1 mm.
6. Измерените зенитни ъгли се коригират заради рефракцията и кривината на земята.
7. Изравнението на мрежите става с ЕИМ, като при съставяне на наблюдателните уравнения се вземат предвид тежестите. Изравнението на разликите в измерванията при зависими измервания става при следните условия за минимум (вж. 2.3 т. 20 и [приложение 6.1](#))

$$\delta v^* Q_{\delta} \delta v = \min$$

$$[\delta v_{\beta} \delta v_{\beta}] + [\delta v_z \delta v_z] + [\delta v_D \delta v_D] = \min$$

където

δv – е матрица вектор колона на разликите в измерванията

$\beta - \delta v_{\beta}$ - хоризонтални ъгли

$Z - \delta v_z$ – зенитни ъгли

$D - \delta v_D$ – наклонени разстояния

8. Оценката на точността става с елипсоидите на грешките.

5.2. Полугеодезически методи

5.2.1. Прави отвеси

9. Правите отвеси се използват за определяне на хоризонталните измествания на точки от дадено съоръжение, разположени близо до отвесна права, осъществена от жицата на отвеса.

10. Правият отвес трябва да отговаря на определени изисквания ([приложение 5.2](#)), а определянето на изместването (Q) на една контролна точка с негова помощ става по установена програма ([приложение 5.3](#)).

11. При определяне на хоризонталните деформации чрез прав отвес трябва да се спазват допустимите норми ([приложение 5.3](#)).

12. Положението на точката на окачване при всеки цикъл се определя чрез някои от изложените методи за определяне на хоризонтални деформации. Изместванията на контролните точки спрямо правия отвес се определят по начина, описан в [приложение 5.3](#) като се вземе предвид и изместването на точката на окачването на отвеса.

5.2.2. Обратни отвеси

13. За разлика от правия отвес жицата на обратния отвес се закрепва неподвижно в долния си край, под съоръжението. Използват се поплавъкови и либелни обратни отвеси.

Изместването на наблюдаваните точки се отчита в две посоки по подвижни или неподвижни координати.

Диаметърът на жицата, както и диаметърът на тръбата, през която тя минава, се определят както при правия отвес.

14. Силата на опъване на жицата при обратния отвес се определя съобразно съществуващите условия ([приложение 5.2, точки 5 и 6](#)).

15. Съдът, в който се поставя поплавъка е с размери, които позволяват свободно движение на поплавъка в различни посоки на величина $\Delta Q_{\max} + 3 \text{ cm}$ и с изпускателен кран за регулиране нивото на течността.

При монтирането на обратния отвес съдът се поставя така, че поплавъкът да застане на равни разстояния от стените му или на малко по-голямо разстояние от стената, в посока на която се очакват по-големи измествания.

16. Начините за отчитане и предварителна обработка на отчетите по скалите се извършват съгласно указанията в проспектите на всеки вид обратен отвес.

17. Измерванията и определянето на преместванията с помощта на обратен отвес става по установена програма ([приложение 5.3, т. 6-9](#)), като се спазват съответните норми ([приложение 5.3](#)).

6. обработка, оценка, анализ и интерпретация на измерванията

6.1. Изравнение на резултатите от измерванията

1. Изравнението на измерванията (посоки, ъгли, дължини, превишения) за определяне на преместванията се извършва по един от двата начина:

а) отделно – след измерванията в отделните моменти (цикли), като в изравнението се влиза с измерените величини;

б) съвместно – за два момента на измерване, като в изравнението се влиза с разликите в измерените в двата момента величини. В случая в двата момента се измерват едни и същи величини с еднаква или пропорционална тежест (вж. 2.3, т.20).

2. При изравненията в случая а) се получават изравнените координати на точките за първото измерване и за някое следващо измерване и точността им.

Търсените премествания по координатните оси се определят като разлика в координатите ([приложение 6.1](#)).

3. При изравнение на разликите в измерванията от изравнението директно се получават

а) търсените премествания

б) средната грешка за единица тежест

4. Изравнението на геодезическите мрежи за изследване на деформации в най-общия случай е условно изравнение с неизвестни с допълнителни условия между неизвестните, което обикновено се свежда до посредствено изравнение с допълнителни условия между неизвестните или до условно изравнение. Допълнителните условия между неизвестните при свободните (невключените) мрежи са за началните елементи: начални координати ($X_0, Y_0, Z_0 \equiv H$), база и начален посочен ъгъл.

5. При съставянето на уравненията за наблюденията и решаването на нормалните уравнения се използват възприетите методи в теорията на математическата обработка на резултатите от геодезическите измервания.

6.2. Определяне на векторите на преместване

6. Равнинните вектори на преместване, посоката и точността им на коя и да е точка от изследвания обект след изравнението се определят въз основа на резултатите от изравнението ([приложение 6.1.3](#)).

6.3. Програми и изчисления с ЕИМ

7. С оглед бързото и точно получаване на резултати от измерването се използват ЕИМ и съответните програми за тях.

Програмите дават възможност да се получават преместванията по координатните оси в метри или сантиметри, векторът на преместване в метри и сантиметри с посоката му в $^{\circ}$, средните грешки в координатните премествания в сантиметри или милиметри, елипсите на грешките с големината на двете полуоси и посоката на голямата полуос и по възможност други допълнителни характеристики на преместванията.

Програмите се съставят най-често за изравнение по посредствени наблюдения.

6.4. Анализ на стабилността на точките от опорните мрежи

6.4.1. Определяне стабилността и преместванията на отделна станция

8. Станциите, от които се определят преместванията на точките от изследвания обект следва да се контролират за изменение на първоначалното им положение (при първото измерване).

9. Станциите се свързват в мрежа или от всяка от тях се визира в отделните моменти на измерване към 5-6 по-далечни точки (точки за ориентиране), подходящо стабилизирани и сигнализирани или към точки от опорната мрежа.

10. За проверка на стабилността на точките (отделна станция, точка или репер от опорната мрежа) се прилагат емпирични и статистически методи и критерии ([приложение 6.2, т. 1-4](#)).

6.4.2. Определяне стабилността и изместванията на точките от опорните мрежи

11. Стабилните точки и преместванията на точките от опорните мрежи могат да се установят, ако в мрежата има поне две точки, които не са изменили първоначалното си положение.

12. Идентифицирането на стабилните точки може да стане преди и след изравнението на мрежата.

13. За идентифицирането чрез изравнение следва да има налице подходяща програма за ЕИМ (вж. 6.3.) и да се следва установен ред ([приложение 6.2, т. 5-12](#)).

14. При определянето на стабилните точки и преместванията на останалите точки от мрежата могат да се използват и други методи освен посочения.

15. За приблизително определяне на стабилните и преместените точки може да се приеме, че точки, преместванията на които се отличават от нула до по-малко от два пъти средната квадратна грешка се считат за стабилни, в противен случай т.е. отликата е по-голяма – са се преместили.

6.4.3. Анализ на преместванията на точките от изследвания обект

16. Въз основа на анализ следва да се установи дали определените премествания са в границите на точността на измерванията или ги превишават.

17. На анализ подлежат преместванията на всички n на брой точки, определени между два отделни момента на измерване или преместванията на отделните точки за целия период w на изследване (всички моменти на измерване).

18. Проверката дали има настъпили премествания се извършва едновременно за пространствените премествания, т.е. преместванията δ_x , δ_y , δ_z , по координатните оси или поотделно за δ_x , δ_y , и за δ_z .

19. Проверката може да се извърши по различни начини, основани на проверката на статистически хипотези.

6.4.4. Анализ на преместванията и установяване на стабилните репери

20. Неизменността на реперите се установява въз основа на анализа на измененията на превишенията между отделните цикли измервания. Неизменните репери се идентифицират при предпоставката, че поне два от реперите са запазили изходното си положение.

21. При идентифициране на стабилните репери се спазва установен ред ([приложение 6.2, т. 15](#)).

6.5. Интерпретация на преместванията

22. Чрез интерпретацията се установяват характера (включително и динамиката) и закономерностите, на които се подчиняват преместванията на отделните точки и обекта като цяло.

23. По-нататъшната интерпретация включваща установяване на причините, които предизвикват деформациите и мерките за предотвратяване или намаляване влиянието на деформациите, следва да се извършат съвместно със съответните специалисти.

24. За по-точно характеризирание на динамиката и закономерностите в преместванията, се определят освен преместванията по координатните оси, вектора на преместване и точността им още редица допълнителни характеристики, като скорост на преместване, абсолютно и относително изменение на разстоянията между две точки, изменение на наклона между два репера и др. ([приложение 6.3](#))

25. Апроксимирането на кривата на преместване за отделните точки може да става с помощта на метода на най-малките квадрати. За целта съобразно преместванията се приема вид на кривата параболата от втори или $n^{\text{ти}}$ ред и чрез изравнение се определят коефициентите ѝ.

26. Приблизително степента n на параболата се определя по

$$n = 0,56 w$$

където w – брой на моменти, в които са извършени изследвания без 1.

27. При случаи когато се изисква висока точност могат да се използват по-строги и по-сложни методи, като напр. полиномите на Чебишев за параболична интерпретация по метода на най-малките квадрати.

28. При специални изисквания в заданието се установява физическа корелация в преместването на точките и влиянието на различни физически фактори: време, натоварване, температура, подпочвени води и др.

29. Когато е от интерес да се знае корелацията в преместването между отделните точки от изследвания обект се използва корелационният анализ.

7. изисквания и особености при изследване на деформациите на различните видове обекти

7.1. Язовирни стени и други хидротехнически съоръжения

1. Хидротехнически съоръжения – обект за изследване на деформации са язовирни стени (бетонни, стоманобетонни, земнонаситни и каменнонаситни), водноелектрически централи (ВЕЦ), деривационни съоръжения (дюкери, акведукти, тунели и др. подземни съоръжения) басейни, изравнителни водни кули, шлюзове и др.
2. Основните деформации, които са обект на изследване при отделните хидротехнически съоръжения биват еластични и пластични, хоризонтални и вертикални (преместване, наклоняване, огъване и др.)
3. Опорните мрежи за изследване на хоризонтални деформации на язовирни стени се изграждат като пълни съдържащи всички необходими точки за този вид прецизни измервания или непълни, или се свеждат до отделни полигони или ходове в зависимост от големината на съоръжението, геоложките условия, конкретни теренни условия и вида и значението на язовирната стена ([приложение 7.1](#)).
4. При свиваеми точки опорната мрежа е целесъобразно да започва от въздушната страна на язовирната стена. При големи и с особена важност съоръжения опорната мрежа следва да обхваща язовирната стена от въздушната и от водната страна.
5. Опорните мрежи се изграждат по възможност като ъглово-дължинни. Когато мрежите са ъглови, при необходимост се измерват отделните страни с оглед подобряване на обусловеността и повишаване точността на лошо определяемите точки. Мрежите се изграждат като самостоятелни в локална координатна система.
6. Страните на опорната мрежа се измерват по възможност с високоточни (1-2 mm) далекомири, особено за големи и с особена важност стени. За стени не от първостепенна важност и когато мрежата е с по-големи дължини на страните, те могат да се измерват и с далекомири с по-ниска точност, но не по-ниска от 10 mm.
7. При триангулационните мрежи се измерва една база с крайни точки, разположени върху здрав терен, по възможност върху коренни породи скали. При свиваеми почви базата се разполага по възможност най-малко на 500 m от въздушната страна на язовирната стена. При особено отговорни съоръжения се измерват две бази. Базата се разполага перпендикулярно на очакваната посока на хоризонталните измествания. Измерва се с относителна грешка не по-голяма от 1:400 000.
8. Допуска се базата да бъде измерена със стоманена ролетка два пъти в права и обратна посока в случаите:
 - а) когато крайните точки на базата са неподвижни, което предполага те да са разположени върху здрави скали на достатъчно разстояние от язовирната стена, така че да не се чувствува влиянието на водния натиск върху терена;
 - б) когато измененията в положението на крайните точки на базата се определят точно от неподвижни точки.
9. Хоризонталните посоки на опорните мрежи се измерват по възможност с теодолити с най-висока точност (от типа на Wild T3, Kern DKM 3 и други такива). Допуска се и

измерване с теодолити с висока точност (от типа на Theo 010A и др.), когато разстоянията от изходните точки до изследвания обект са по-малки или равни на 500 m или мрежата се изгражда като ъглово-дължинна и при изследване на земнонаситни и каменнонаситни съоръжения.

10. При измерване на хоризонтални ъгли не се разрешава:

а) измерване от тринога;

б) измерване в неблагоприятно време - когато образът на сигнала в зрителната тръба трепери, при силен вятър, намалена видимост и др. неблагоприятни условия за измерване.

11. При измерване на хоризонталните ъгли на опорни мрежи на язовирни стени се спазват допустимите несъвпадения, дадени в таблица 7.1.

Таблица 7.1

Допустими несъвпадения при измерване на хоризонтални ъгли за язовирни стени

№ по ред	Вид на допустимите несъвпадения	Тип на теодолита и брой на гирусите	
		С най-висока точност (Wild T3 и др.) 4 гируса	С висока точност (Theo 010A и др.) 4 гируса
1.	Несъвпадения в триъгълниците	8 ^{cc}	15 ^{cc}
2.	Разлики между редуцираните посоки в отделните гируси	8 ^{cc}	15 ^{cc}
3.	Разлики между началния и крайния отчет в полугируса	4 ^{cc}	8 ^{cc}

12. За да се спазят допустимите несъвпадения в таблица 7.1 хоризонталните ъгли се измерват при благоприятни условия - най-благоприятно време, от бетонен стълб с принудително центриране на инструмента и сигналите, които следва да имат подходяща конструкция за точно насочване и при наличните сравнително малки дължини на триангулационните страни.

13. Опорните мрежи при изследване на деформациите на земнонаситни и каменнонаситни язовирни стени при съоръжения с голяма височина, при начупена надлъжна ос на съоръжението, при съоръжения с дължина над 500-600 метра и когато не може да се приложи створният метод - например при стръмни скатове, нестабилен терен за разполагане на изходните точки за створни наблюдения и др., могат да се сведат до непълни мрежи или да се приложат ъглови и ъглово-дължинни засечки само при стабилен терен за изходните точки.

14. Разположението и броят на контролните точки, когато са включени в опорната мрежа зависи от вида на язовирната стена и може да бъде:

а) за гравитачни язовирни стени - три точки по короната;

б) за дъгови язовирни стени - по една точка в петите и една точка в ключа на дъгата;

в) за земнонаситни язовирни стени и съоръжения - три точки, от които едната в участъка с максимална височина.

15. Контролните точки се разполагат по короната на язовирната стена, а при високи язовирни стени и по въздушната ѝ страна. При каменнонаситни язовирни стени - по един ред за всяка берма. Вертикалните редове съвпадат със средата на блоковете, а хоризонталните са през 15 m. Номерирането се извършва с две цифри - първата означава поредния хоризонтален ред на точките, а втората - поредния вертикален ред.

16. Створният метод се прилага предимно при прави язовирни стени.

17. При построяване на отделни створове се спазват следните изисквания и препоръки:

а) створните линии да бъдат до колкото е възможно хоризонтални, вертикалните ъгли от станцията към контролните точки да не са по-големи от 25^0 ;

б) да не се използват створове с по-малка дължина; препоръчват се створове с дължина до 400 m.

в) за осъществяване на постоянен контрол на дъговите язовирни стени створните линии могат да бъдат повече от една, например едната по тангентата в средата на короната на стената, а другите две симетрично от двете ѝ страни ([приложение 7.2.1](#));

г) за определяне на двете компоненти на преместване, ако това е залегнало в техническото задание, се избират два взаимно пресичащи се створове с ъгъл при пресичането между 45^0 и 90^0 . Подходящо се явява в тези случаи използването на устройството за ексцентрични измервания с геодезически инструменти.

18. При прави язовирни стени створовете се изграждат по оста на съоръжението, ако няма пречки за това ([приложение 7.2.2](#) и [7.2.3](#)).

19. При измерване с подвижни сигнали се допуска контролните точки да се отклоняват от главния створ до 3 cm, а при измерване с неподвижни сигнали - до 10 cm.

20. Разположението и броят на контролните точки за различните видове язовирни стени може да бъде:

а) за гравитачни язовирни стени - най-малко по една точка в средата на всеки блок;

б) за контрафорсни язовирни стени - на главния контрафорс, в който обикновено са разположени и другите измервателни уреди, и върху другите контрафорси с различни характеристики (размери, височина, слънчево огряване, основи в особени условия и т.н.);

в) за дъгови язовирни стени - по една точка в петите и една точка в ключа на дъгата.

21. Местата на контролните точки на язовирната стена задължително съвпадат с местата на отвесите (прави и обратни).

22. При извършване на створните измервания се спазват изискванията:

а) инструментите и уредите за измерване трябва да притежават зрителна тръба с разделителна способност, която да позволява точност при насочването $0,5'' - 1''$ ($1,5'' - 3''$);

б) конструкцията на подвижните и неподвижните сигнали да бъде такава, че насочването да става чрез оценка на симетрия на нишката върху ивица или върху триъгълници, а не чрез съвпадане на нишката на инструмента със сигнала;

в) створните измервания трябва да се извършват при стабилна атмосфера, преди изгрев слънце, в облачни дни или привечер при ясен и контрастен образ. Нощните измервания не се препоръчват. По възможност измерванията по створовете за всички моменти на измерване се извършват от един оператор с едни и същи инструменти и сигнали.

23. За измерване на деформациите във вътрешността на язовирните стени се препоръчват следните методи: опъната струна, лазерен створ, дифракционния метод, полугеодезическите методи и полигоновия метод (в галериите), като полигоновите точки не са повече от 3-5.

24. Вертикалните деформации на язовирните стени се изследват чрез прецизна геометрична нивелация. Когато се предвижда в Техническото задание, може да се приложи хидростатична нивелация чрез използване на хидростатични системи, монтирани в галериите на язовирната стена.

25. За големи хидротехнически съоръжения се изгражда нивелачна опорна мрежа, която започва под язовирната стена - за свиваеми почви на около 500-1000 m, а за съоръжения върху скали и скални почви - на 100-400 m.

26. При трудни теренни условия и когато има възможност изходните репери да се изградят върху скална основа, разрешава се мрежите да се изградят като непълни. В зависимост от вида, височината и дължината на язовирната стена може да се построи мрежа само върху язовирната стена и да се свърже с неподвижни изходни репери или да се сведе до нивелачен полигон ([приложение 7.3](#)).

27. Основните и работните репери се разполагат в групи по три репера.

28. При проектиране местата за разполагане на основните и работните репери ([приложение 7.3](#)) се спазва следното:

а) на всеки бряг да има поне две групи репери (една от три основни и една от три работни);

б) работните репери се разполагат близо до стената (на разстояние 2-3 станции) с цел да могат лесно да се извършват наблюденията на контролните репери;

в) реперите от всяка група при сравнително равен терен да се разполагат така, че да образуват приблизително равнострани триъгълници със страни 40-50 m. При стръмни скатове същите да се разполагат в прави линии по хоризонтала.

г) връзката между основните и работните репери от двата бряга на реката да се осъществи веднага, щом това стане възможно.

29. Броят и разположението на контролните нивелачни репери се определя съвместно с проектанта на язовирната стена и ръководителя на геодезическото звено, което ще извършва измерванията. В общия случай контролните нивелачни репери се разполагат: на горния край на фундаментната плоча откъм въздушната и водната страна още при изливането ѝ или веднага след това. При язовирни стени, изградени върху свиваеми почви, реперите по короната се поставят от въздушната страна на стената по двойки от двете страни на фугите на разстояние до 1 m от фугата, а при несвиваеми почви - по един репер в средата на всеки блок. Поставят се нивелачни репери и в галериите на язовирните стени.

Контролните нивелачни репери по короната на язовирната стена съвпадат с контролните точки за определяне на хоризонталните измествания.

30. Честотата и броят на измерванията в периода на строителството се определят от проектанта на язовирната стена, а в периода на експлоатацията наблюденията се извършват съгласно правилника за експлоатацията на тези съоръжения.

31. Измерванията на опорните мрежи е целесъобразно да стане една година преди започване на строежа; след това, по време на строителството и след първото напълване на язовира - до два пъти в годината.

При опорни мрежи, изискващи значително време за полска работа, измерванията им може да се правят по-рядко, след като се установи, че изходните точки от които се определят контролните точки са стабилни.

32. В началния период (преди приемането на язовира в експлоатация) или при особени условия за вариране на натоварването и на температурата створните измервания могат да се извършват:

а) един път на ден - контролната точка в средата на правите гравитачни стени, на главния контрафорс при контрафорсните стени или на ключа на дъговите язовирни стени;

б) два пъти седмично - всички створни измервания;

в) след приемането на язовирната стена - например един път седмично всички измервания;

г) след настъпване на консолидация - съгласно правилника за експлоатация на тези съоръжения.

33. Измерванията за определяне на вертикалните деформации на реперите по стената в периода на строителството, могат да се извършват в следната последователност: първото измерване - веднага след започване на изливането на бетона във фундаментните плочи на всяка секция, когато натоварването е по-малко от $0,25 \text{ kg/cm}^2$. Следващите измервания - при достигане на натоварване във всяка секция от съоръжението 25%, 40%, 60%, 75% и 100%. След това - две наблюдения преди

напълването и след напълването на язовира. Могат да се предвидят и допълнителни наблюдения. За язовирни стени, изградени върху скали и скални почви, обикновено не се налагат допълнителни измервания.

В процеса на експлоатация на язовира през първата година на завиряване измерванията се извършват всеки два месеца, а след напълването му до проектната кота - три пъти в годината: преди пълноводие на реката, след пълноводие и един път през есента. Допълнителни измервания се правят в зависимост от конкретните нужди за това и изискванията на правилника за експлоатация на тези съоръжения и след земетресение.

34. По принцип измерванията при големи язовирни стени не се прекратяват през целия период на експлоатацията им независимо дали сляганията са затихнали или не.

35. Периодичните хоризонтални и вертикални измервания се извършват едновременно.

36. Вертикалните измервания в строителния период до изграждане на язовирната стена се извършват само по контролните нивелачни репери, разположени в основата на стената. След изграждането на язовирната стена, преди напълването ѝ, реперите в основата от водната страна се нивелират заедно с реперите по короната. В таблиците и графиките сляганията на реперите от основата до този момент се отнасят към реперите от короната над тях. По този начин се осигурява непрекъснатост на наблюденията.

37. При всички цикли от измерване се събират следните данни:

а) в строителния период - определя се натоварването върху основите от предварително изготвени таблици в зависимост от котите, до които са изградени отделните секции, измерва се температурата на въздуха и бетона;

б) в експлоатационния период - определят се котите на хоризонта на водата в язовира, прави се оглед на язовирната стена с цел да се открият евентуални видими дефекти по нея. На откритите дефекти се прави описание, рисунка и се записва датата на откриването им. Деформациите се измерват с линейка, ако местата им са достъпни, или се фотографират.

38. При измерване на опорните нивелачни мрежи и при проверка на стабилността на изходните репери чрез нивелачни ходове се прилага нивелация I клас.

При измервания на сляганията на реперите върху бетонни язовирни стени се прилага клас на нивелацията и се спазват изискванията от таблица 7.2, както следва:

A. В периода на строителството

а) за язовирни стени, които се изграждат върху несвиваеми почви (скали и скални почви) - нивелация I клас;

б) за язовирни стени, които се изграждат върху свиваеми почви (песъклива глина, глинест пясък и др.) - нивелация II клас.

B. В периода на експлоатацията

За язовирни стени, изградени върху несвиваеми и свиваеми почви - нивелация I клас.

Таблица 7.2.

Допустими несъвпадения при извършване на прецизна нивелация

Клас на нивелацията	Несъвпадение в затворен нивелачен ход, измерен в права и обратна посока W_h	Разлика между превишенията, измерени в права и обратна посока d_h
I	$0,25\sqrt{n}$	$0,35\sqrt{n}$
II	$0,5\sqrt{n}$	$0,7\sqrt{n}$
III	$1,0\sqrt{n}$	$1,4\sqrt{n}$

където n е броят на станциите в нивелачния ход.

39. При земнонасипни и каменнонасипни язовирни стени и съоръжения обект на изследване са деформациите: на язовирните стени, на контрадигите, на отбивните диги със специално предназначение, на брегоукрепителните съоръжения и др. Контролират се хоризонталните и вертикалните деформации. Измерват се най-често сляганята с оглед установяване сигурността на съоръжението и се проверява строителният запас във височината на дигите, намаляващ се вследствие на сляганята.

40. Вертикалните деформации, които се определят при земнонасипните и каменнонасипните язовирни стени и съоръжения, са:

- а) повърхностни деформации;
- б) деформации на основата;
- в) деформации на насипа.

В общия случай се измерват повърхностните деформации по цялата дължина на съоръжението, а деформациите на основата и на насипа - само на отделни места от него: в участъците с най-нестабилна почва и при най-голямата височина на насипа.

41. Повърхностните вертикални деформации се измерват след изграждане на стената. Нивелачните репери се разполагат по короната и по бермите. Разстоянието между тях по надлъжната ос не може да бъде по-голямо от 50-60 метра.

42. При язовирни стени, изградени върху несвиваеми почви нивелачните репери по короната могат да се намалят до един в един напречен профил. При изграждането на повърхностните нивелачни репери основата им да бъде под нивото на замръзване на насипа. За целта се използват дълбоки повърхностни репери със съответна конструкция ([приложение 2.4](#)).

Повърхностните нивелачни репери могат да се изграждат и от бетонов блок с размери 45/45 cm и дълбочина 60 cm, като на горния им край се поставя нивелачен болт или комбинирано устройство за хоризонтални (створни) и вертикални измервания. В този случай при измерванията се търсят периоди с еднаква влажност на повърхността на насипа.

43. Измерването на сляганията на повърхностните нивелачни репери става чрез геометрична нивелация с точност както следва:

- а) в периода на интензивно слягане на насипа чрез нивелация III клас;
- б) след намаляване размера на сляганията - чрез нивелация II клас.

Първото (основно) измерване и в двата случая следва да се извърши чрез прецизна геометрична нивелация с точност не по-малка от тази на нивелация II клас.

44. Организирането на измерването на деформациите на основите на земнонасипните съоръжения започва в началото на строителството, като се поставят дълбоки стоманобетонни репери или дълбоки метални репери с плоча.

Дълбокият стоманобетонен репер с плоча се използва при земнонасипните съоръжения, когато е възможно след изграждането им да се пробие сондажна дупка точно над центъра на предварително изградената плоча.

Дълбокият метален репер с плоча се използва за измерване деформациите на основите на каменнонасипни съоръжения и съоръжения, които се изграждат без строителен изкоп.

45. Измерването на послойните деформации (слягането) на отделните пластове от насипа включително и на тези от основата на съоръженията се извършва по специално искане с научноизследователска или приложна цел чрез репери със специална конструкция. Основите им се залагат на различна дълбочина на границата между отделните пластове ([приложение 2.4](#)).

7.2. Промислени, жилищни, обществени и други сгради

46. Деформациите, обект на изследване при сградите са: наклоняване, огъване, усукване, напукване в тялото на сградата, хоризонтални измествания на фундаментите и др.

47. Опорните мрежи за изследване на вертикалните деформации се изграждат при изследване на комплекс от сгради. При единични сгради те се свеждат до отделни нивелачни ходове или затворени нивелачни полигони за проверка стабилността на изходните нивелачни репери.

48. Основните (изходните) нивелачни репери се разполагат върху неподвижен терен (здрави скали). В райони с нестабилни почви - льосови, насипни, тинести и при изследване на сгради с големи капитални вложения или с уникално оборудване, изходните репери се изграждат като дълбоки съгласно изискванията в раздел 2 на тази инструкция. Разрешава се изходните нивелачни репери да се стабилизират върху

цоклите на стари улегнали и леки постройки и съоръжения с дълбочина на основите им под нивото на замърсяване, когато теренът е равнинен.

49. В общия случай контролните нивелачни репери при изследване на деформациите на сградите се разполагат през 10-12 метра по периферията от двете страни на фугите и по ъглите на сградата.

50. За различните видове фундаменти контролните нивелачни репери се разполагат, както следва:

а) при ивични фундаменти - през 10-12 метра;

б) при единични фундаменти на промишлени сгради - на всяка стъпка по един репер;

в) при фундаменти от плоча, която не е абсолютно корава конструкция - по главните оси на сградата близо до напречните и надлъжните стени или носещите колони и по периферията през 10-12 метра;

г) при фундаменти, които са абсолютно корава конструкция - през 15 метра по периферията на сградата.

51. За различните типове сгради контролните репери се разполагат по следния начин:

а) при скелетно панелни сгради на носещите колони на сградата;

б) при високи сгради със сложен фундамент от плоча се осигурява по един контролен репер на 100 кв. м площ от фундамента;

в) при сгради, състоящи се от отделни тела със значителна разлика във височината им, се поставят репери през 10-12 метра от двете страни на фугите, разделящи отделните тела. При съвременни високи обществени сгради (хотели и др.) в комбинация с едно- или двуетажно ниско тяло реперите се поставят по високото тяло и от двете страни на фугите между високото и ниското тяло, а деформациите на високото тяло се изследват само при нестабилни почви и по специално искане.

52. При поставяне на контролните нивелачни репери се държи сметка за осигуряване достъп до тях и възможност за поставяне на лата върху им след напредване на строителството, измазване, поставяне на облицовката и подовата настилка.

53. Вертикалните деформации на сградите се измерват чрез прецизна геометрична нивелация. При извършване на нивелацията в периода на строителството следва да се имат предвид допустимите несъвпадения, дадени в таблица 7.3. Първото (основно) измерване се извършва чрез нивелация с един клас по-точна отколкото указаната в т. 2 и т. 3 на таблица 7.3.

За документиране състоянието на важни сгради в периода на експлоатацията им се извършва геометрична нивелация I клас, а при измервания на сгради с второстепенно значение по причини, посочени в т. 6 б на раздел 1 и т. 55 на този раздел от инструкцията - чрез нивелация II клас.

54. Измерванията в периода на строителството при свиваеми почви се извършват при изграждане на основите, при достигане проектно натоварване на почвата от сградата 25%, 50%, 75%, 100% и две или повече измервания след завършване на сградата до затихване на сляганията, съгласно програмата за изследване.

55. При появяване на видими в периода на експлоатацията на сградите уместно е да се предприемат вертикални измервания, макар и да не се очакват слягания, с цел да се докажат причините за деформациите в тялото на сградата - неравномерни слягания или дефекти в конструкцията.

56. За определяне на вертикалните измествания на контролни точки по тялото на сградата, недостъпни за извършване на геометрична нивелация, се прилага прецизна тригонометрична нивелация.

Таблица 7.3.

Допустими грешки и несъвпадения при извършване на прецизна геометрична нивелация за определяне сляганията на фундаментите на сгради в периода на строителството им

Вид на почвата, върху която е изградена сградата	Допустима грешка в определяне на сляганията	Клас на нивелацията	Допустими несъвпадения в затворен нивелачен полигон	Допустима разлика между превишенията, измерени в права и в обратна посока
1. Скали, скални и други несвиваеми почви	1 mm	I	$0,25\sqrt{n}$	$0,35\sqrt{n}$
2. Песъкливи, глинести и други свиваеми почви	2 mm	II	$0,5\sqrt{n}$	$0,7\sqrt{n}$
3. Насипни, тинести, льосови (в периода на пропадане) и други силно свиваеми почви	5 mm	III	$1,0\sqrt{n}$	$1,4\sqrt{n}$

Забележка: 1. n - брой на станциите в нивелачния ход.

2. При сгради, изградени върху льосови почви, наблюденията от започване на строителството на сградата до началото на пропадането (ако се появи пропадане) се извършват чрез нивелация II клас съгласно т. 2 от таблица 7.3. В периода на пропадането се допуска наблюденията да се извършват чрез нивелация III клас, като след затихване на пропадането наблюденията продължават отново чрез нивелация II клас.

57. Специални опорни мрежи за хоризонтални измервания се изграждат при изследване на комплекс от сгради, за установяване на свлачищни процеси около тях, а също и за контрол на изходни точки за створните наблюдения и за определяне на изместването на фундаментите на сградите.

При изследване само на относителни хоризонтални деформации на тялото на сградата изходните точки се определят по опростени способи при спазване указанията в раздел 7.3 на тази инструкция.

58. Хоризонталните премествания на фундаментите се определят чрез створен метод, триангулация, геодезически засечки и др.

59. Контролните точки за определяне на хоризонталните премествания на фундаментите на сградите се избират през 10-12 метра върху цокъла или върху основата на носещи колони от едната страна на сградата.

60. Контролните точки за определяне на относителните хоризонтални деформации в тялото на сградата, се избират в зависимост от вида и конструкцията на сградата и характера на поставената задача. В този случай се препоръчва:

а) при общ контрол на високи сгради да се поставят най-малко три хоризонтални реда точки на различни хоризонти от сградата - върху цокъла или на първия етаж, по средата на височината на сградата и на върха ѝ.

б) при изследване на огъването на фасадите на стари тухлени промишлени сгради контролните точки се разполагат в зоната на огъването и напукването и извън тази зона с цел да се определи надеждно нарастването на огъването на стените на сградата.

в) при определяне само на наклоняването контролните точки се избират обикновено в основата и на върха по ъглите на сградата.

61. При изследване на деформациите на сгради, повредени вследствие на природни бедствия (земетресения, активиране на свлачищни процеси) или на отделни огънати фасади на тухлени сгради се спазва следния ред:

а) определя се фактическото състояние на сградата чрез геодезически или фотограметрични снимки на фасадите.

б) замазват се пукнатините с гипсов разтвор или на местата където са най-широки мазилката се издълбава в кръг с диаметър 15-20 cm и се залива с гипсов разтвор. Вместо това може да се поставят пукнатиномири.

в) стабилизират се контролните точки върху сградата и се извършва първото измерване за контрол на нарастване на деформациите. Честотата на тези измервания и тяхната продължителност зависят от показанията за пукнатини по гипсовите замазки и марки и се определят от стопаните на сградата.

62. При определяне на хоризонталните измествания на сгради и съоръжения и на части от тях грешките да не превишават (забележка: съгласно съветските СН и П – III-2-75, приети за най-меродавни):

1 mm - за сгради и съоръжения, изградени върху скални и полускални почви

3 mm - за сгради и съоръжения, изградени върху пясъкливи, глинести и други свиваеми почви

10 mm - за сгради и съоръжения, изградени върху насипни, льосови (в периода на пропадане) и др. силно свиваеми почви

63. Когато определянето на хоризонталните измествания се извършва чрез геодезически методи с измерване на хоризонтални ъгли да се спазват допустимите несъвпадения, дадени в таблица 7.4.

Таблица 7.4.

Допустими несъвпадения при измерване на хоризонтални ъгли, от бетонен стълб за определяне на изместването на сгради и на части от тях

Вид на почвата, върху която е изградена сградата	Тип на теодолита	Допустимо несъвпадение в триъгълниците в ^{сс}	Допустими разлики в редуцираните посоки в ^{сс}	Допустима разлика между началния и крайния отчет в полуگیرуса в ^{сс}	Най-големи разстояния до изходните точки в m	Брой на гирусите
1	2	3	4	5	6	7
1. Скали, скални и полускални почви	1. С най-висока точност	8	8	4	150	4
	2. С висока точност	15	15	8	80	4
2. Пясъкливи, глинести и други свиваеми почви	1. С най-висока точност	8	8	4	400	4
	2. С висока точност	15	15	8	200	4

3. Насипни, льосови в (периода на пропадане) и други силно свиваеми почви	С висока точност	15	15	8	800	4
---	------------------	----	----	---	-----	---

Забележка: Теодолити с най-висока точност (Wild T3, DKM 3).

Теодолити с висока точност (Theo 010A и др.).

64. При лоши геометрични форми на геодезическите фигури, при разстояния по-големи от дадените в графа 6 на таблица 7.4. или при невъзможност хоризонталните ъгли да се измерят с максимална точност следва да се приложат според случая подходящи други по-точни методи, дадени в раздел 3 на тази инструкция, като ъглово-дължинни засечки и др. Определянето на наклоняването на високи сгради става съгласно изискванията и методите, дадени в 7.3.

7.3. Комини, телевизионни кули и други високи обекти

65. Деформациите обект на изследване тук са наклоняване в следствие неравномерни слягания, или наклоняване и огъване поради грешки при изпълнение на строителството. При някои високи съоръжения с по-малък диаметър и дебелина на стените се получават пукнатини и те стават опасни. При тях могат да се очакват и други деформации. Телевизионните кули и радиомачтите от метални конструкции получават деформации във вид на огъване, наклоняване и др.

66. Хоризонталните измервания за изследване на деформациите се извършват едва след изграждане на съоръжението или на част от неговата височина. Вертикалните измервания започват веднага след изливане на основите на съоръжението и втвърдяване на бетона и продължават през целия период на строителството и известно време след завършването му, до пълното затихване на сляганията.

67. Определянето на наклоняването с оглед проверка на правилното вертикално изграждане на съоръжението и за приемането му в експлоатация, както и за установяване на състоянието му след земетресения (когато не са извършвани измервания преди това) и по други причини се извършва чрез хоризонтални измервания:

- а) чрез проектиране върха на съоръжението върху лата;
- б) чрез измерване ъгъла между основата и върха на съоръжението;

в) чрез оптически и лазерни отвеси и устройства;

г) чрез координиране;

д) чрез фотограметрични методи;

е) чрез полугеодезически методи - отвеси, наклономери, клинометри и др.

68. Грешките при определяне на наклоняването не трябва да бъдат по-големи от (забележка: съгласно съветските СН и П – III-2-75, приети за най-меродавни):

0,0001 от височината на стената на граждански и промишлени сгради и съоръжения;

0,0005 от височината на мачтите на съобщителните съоръжения, от височината на комини и др. подобни;

Хоризонталните ъгли за определяне на наклоняването се извършват с инструменти, посочени в таблица 7.5 при спазване на допустимите несъвпадения, дадени в същата таблица. При еднократно определяне на наклоняването се допуска измерването на ъглите да се извършва от тринога.

69. Комини, телевизионни кули, радиомачти и др. високи съоръжения се наблюдават за периодично контролиране на състоянието им чрез хоризонтални измервания при спазване на следните указания:

- изходните точки се избират около съоръжението по възможност на разстояние 1,5-3 пъти височината му и се стабилизират задължително с бетонни стълбове с устройство за принудително центриране на теодолита,

- допуска се координатите на изходните точки да се определят по приблизителни методи, но със сигурни контроли за изключване на груби грешки.

70. Когато съоръжението се намира на скат и съществува опасност за хоризонтални премествания или те са се проявили вече, изходните точки се определят и състоянието им се контролира съгласно общите изисквания към опорните мрежи.

71. Контролните точки се избират на характерни и лесно запомнящи се места - под или над светофарните площадки на комини, по шевове на бетонните пояси и др. Прави се скица на съоръжението и се отбелязват ясно местата на контролните точки за периодични измервания или се нанасят върху плановете на съоръжението. Препоръчва се в зависимост от напречното сечение на съоръжението местата на избраните контролни точки да се стабилизират трайно с неподвижни сигнали, ако това не води до значително увеличаване обема на полските работи. Избират се не по-малко от три контролни точки в основата, в средата и задължително на върха на съоръжението. При телевизионни кули със смесени конструкции - бетонно тяло и метална мачта - контролните точки се избират върху бетонното тяло (две или три), при връзката между бетонното тяло и металната мачта и върху металната мачта в зависимост от височината ѝ (в общия случай още две точки в средата и на върха на мачтата).

72. При измерване на хоризонталните ъгли се обръща особено внимание на точното подравняване на либелата. При разстояния до изходните точки, по-малки от три пъти височината на съоръжението, и особени изисквания за точност се използва яздеща либела. Не се допуска измерване на хоризонталните ъгли при високи съоръжения с неподравнена либела.

73. Поради неравномерното нагряване от слънцето на тялото на съоръжението положението на върха му през различните части на деня се изменя, затова измерването на хоризонталните ъгли е целесъобразно да се извършва само сутрин рано при изгрева на слънцето и в облачни безветрени дни. В слънчеви дни измерванията при бетонни съоръжения е уместно да приключват най-късно до 7 часа сутринта.

При високи съоръжения от метални и смесени конструкции измерванията е целесъобразно да се извършват преди изгрев слънце.

Таблица 7.5.

Допустими несъвпадения при измерване на хоризонтални ъгли за определяне на наклоняването

Вид на съоръжението или сградата	Тип на теодолита	Допустима разлика в редуцираните посоки	Допустима разлика м/у началния и крайния отчет в полугируса	Брой на гирусите
1. Граждански и промишлени сгради и съоръжения	С висока точност	25 ^{cc}	15 ^{cc}	3
2. Заводски комини, водни кули, охладителни кули при ТЕЦ, силози, доменни пещи и др. подобни	а) с висока точност	30 ^{cc}	20 ^{cc}	3
	б) със средна точност (Theo 020 и др.)	40 ^{cc}	20 ^{cc}	4

74. При контролиране на високи съоръжения от метални конструкции наблюденията се организират така, че измерванията да се извършват едновременно от всички изходни точки при спазване на указанията, дадени по-горе, а при съоръжения, изградени от бетон, измерванията трябва да приключат във възможно най-кратък срок.

75. При високи съоръжения не се разрешава измерване при ветровито време, когато образът в зрителната тръба видимо се измества и колебае около вертикалната нишка на теодолита.

76. При измерване на хоризонтални ъгли за контролиране на комини и други съоръжения с кръгло напречно сечение вертикалната нишка на теодолита се насочва да тангира последователно от двете страни на тялото. Измерените посоки се отнасят към оста на тялото на съоръжението чрез изчисление на средноаритметичното от двата отчета.

77. Вертикалните деформации се определят чрез прецизна геометрична нивелация. Изходните репери се построяват съгласно изискванията в т. 48 от този раздел.

78. При определяне на наклоняването чрез геометрична нивелация се допуска изходните нивелачни репери да се разполагат върху цоклите на стари и улегнали сгради и съоръжения на минимално разстояние 50 m от изследвания обект.

79. Контролните репери при съоръжения с кръгла форма (комини, кули и др.) се поставят в две взаимно перпендикулярни оси по фундамента. При съоръжения с диаметър над 20 метра се поставят по 6 броя репери, равномерно разположени по долната част на съоръжението. Реперите на фундамента се поставят непосредствено след изливането му и по тях се извършва първото нивелиране. След изграждане на обекта над кота 0,00 на ката +0,15 - +0,20 m над проектното ниво на настилната около съоръжението се поставят нови репери. Нивелацията на реперите по фундамента и на тези над кота 0,00 се извършва едновременно преди засипването на фундамента. Сляганията на реперите по фундамента се отнасят към съответния репер над него, които са над кота 0,00.

80. Неравномерните слягания и наклоняването да се определят чрез разликите между сляганията на отделните репери ([приложение 7.4](#)).

81. С оглед да се повиши точността при определяне на неравномерните слягания нивелачните ходове се проектират и осъществяват като затворени около съоръжението и свързани с изходните репери.

В периода на строителството сляганията се измерват чрез нивелация II клас, а в периода на експлоатацията - чрез нивелация I клас. Първото (основно) измерване се извършва чрез нивелация I клас.

7.4. Мостове, тунели и други транспортни съоръжения

7.4.1. Мостове

82. Деформациите, които настъпват при мостовете, обикновено са слягане, наклоняване и хоризонтални измествания на устоите.

83. При изследване на вертикалните деформации реперите се разполагат, както следва:

Изходни нивелачни репери - по два репера от двете страни на моста, а при големи мостове - по три репера.

Контролните репери се разполагат по устоите на моста (по възможност четири репера) и по платното.

Когато се предвижда контролиране и на хоризонталните премествания е целесъобразно реперите по платното да бъдат комбинирани за хоризонтални и вертикални измервания.

При ширина на реката над 150 m или когато характерът на терена не позволява визуите при нивелацията да бъдат с дължина до 100 m, нивелачните репери се поставят на горния край на устоите под горното строене на моста, като се предвиждат

отвори за поставяне на лата върху тях. Препоръчва се чрез подходяща конструкция на основата на реперите, същите да се изведат до горната повърхност на настилката, като се осигури независимост от горното строене на моста и запазване от повреди.

84. Измерванията се извършват с прецизни нивелири с дължина на визура до 50 m. За повишаване точността на нивелацията движението по моста трябва да се преустанови.

85. Вертикалните деформации на реперите, изнесени на горния край на моста, се измерват в периода на строителството чрез нивелация II клас, а в периода на експлоатацията - чрез нивелация I клас. При определяне на сляганията чрез нивелиране от брега на реката се осигуряват визури с допустима разлика в дължините им до 0,5 m. Измерването от една станция в този случай да става най-малко при два хоризонта на нивелира. Грешката в определяне на сляганията, изчислена по сходимост на измерванията, не трябва да бъде по-голяма от 2,5 mm.

86. За определяне наклоняването на устоите и колоните на големи мостове-естакади се използват оптически и лазерни зенитно-надирни отвеси.

87. При определяне хоризонталните деформации на мостове се използват: створният метод, прецизна полигонометрия, тригонометричните методи или полярният метод с измерени дължини с електронен далекомер. Предимно при малки мостове се използват и фотограметрични методи.

7.4.2. Тунели

88. Деформациите, които възникват тук са слягане на временното укрепване при прокопаване на галериите и оформянето на горната част на тунелите, слягане на свода, сближаване на стените, елиптичност на тунелните части с кръгло сечение и др. В слаби почви налягането предизвиква пукнатини, а понякога и разрушение на конструкцията.

89. Извършват се периодични измервания на сводовите части на укрепването и тунелните облицовки и долните части на съоръженията. Измерват се дължините на хоризонталните, вертикалните и наклонените диаметри и разстояния между марките, поставени в стените на тунела. В тунели с облицовки от сглобяеми елементи (чугунени пръстени с голям диаметър - тубинги, блокове, секции и др.) се извършват периодични измервания на хоризонталните, вертикалните и наклонените диаметри, а също и измервания на вертикални деформации на сводовете и долните части на тунела.

90. Обръща се особено внимание при изследване на деформации в периода на разкриване на отворите, натоварване на щурцовете, снемане на временните разпънки и др. отговорни операции. В случай, че се появят пукнатини в тубингите, те се скицират или фотографират и се поставят пукнатиномири.

91. Честотата на периодичните измервания за определяне на сляганията се определя в зависимост от размера им, като времето между две последователни измервания в периода на строителството не е повече от 20 дни. Честотата на измерванията на другите видове деформации се определя от проектантите на съоръженията.

92. При измерване на вертикални деформации се спазват допустимите несъвпадения, дадени в таблица 7.3.

93. Най-подходящ метод за измерване на хоризонталните премествания на тунели и части от тях е прецизната полигонометрия. При прави участъци от тунели е подходящо да се прилага лазерният створ.

94. Деформациите на сводовете се изследват и с помощта на фотограметрични методи.

7.4.3. Пътища и ж.п. линии

95. Деформациите на пътища и ж.п. линии най-често са свързани с наличието на свлачищни явления, минни разработки, солни находища и др.

96. При изследване деформациите, ограничаващи се само до пътищата, ж.п. линиите и съоръженията към тях, се използва прецизната полигонометрия, нивелачни ходове, триангулационни и ъглово-дължинни вериги, а за отделни участъци правоъгълна микротриангулационна мрежа с репери върху настилката на пътя.

97. В участъци и райони с нестабилен терен особено внимание се обръща при изследване на деформациите на ж.п. линии. Използват се постоянните репери в страни от коловоза ако са изградени под нивото на замръзване на почвата. Изходните репери се поставят през 2 км върху стари водостоци и други съоръжения по ж.п. линията извън зоната на деформациите или в страни от нея. Може да се използват някои от реперите на Държавната нивелация, поставени върху стари съоръжения и постройки (кантони и др.) с основи върху стабилна почва. При дължина на изследвания участък повече от 1,5 km изходните репери се поставят встрани от ж.п. линията с оглед нивелачният ход да не бъде по-дълъг от 2 km.

98. Изкривяването на релсовия път се измерва чрез възстановяване на оста на пътя. Измененията в кривите могат да се установят по флешовия метод.

99. В равнинни райони с подземни изработки (солдобивни и минни изработки) със сравнително гъста транспортна мрежа се предприема цялостно изследване на сляганията в района чрез изграждане на правоъгълна или квадратна мрежа от репери с дължини на страните 100-200 m или профили, а по пътните магистрали и ж.п. линии се прокарват нивелачни ходове с разстояние между реперите 50-100 m. В участъци с наклон се извършват и хоризонтални измервания. Проектът за изследване деформациите в тези случаи задължително се съгласува със специалисти геолози.

7.5. Строителни конструкции

100. Изследват се деформациите на строителните конструкции с големи размери - покривни черупки (тънкостенни черупки), ферми, козирки, корони и др., а също така и конструкции с нови материали и такива, изградени по нови строителни технологии.

101. Деформациите, които настъпват в строителните конструкции са: огъване, усукване, разтягане и др.

102. При пробни натоварвания (статически и динамически) на конструкциите в строителните полигоони, деформациите се определят геодезически или чрез индикаторни часовници, клинометри, деформетри и др.

103. При полигонови условия за изследване на деформациите на строителните конструкции се прилага прецизната геометрична нивелация, като наред с обикновените се използват и малки лати. Малките лати, които се окачват по конструкциите, се изработват от целулоид или метал, награфени са с милиметрови деления или както инварните лати за прецизна нивелация. При голяма височина на конструкциите латите се окачват да висят на тънки телове с тежест. Нивото на латите да бъде приблизително на един хоризонт или в противен случай се използват два нивелира.

104. За периодично определяне измененията в конструкциите се изграждат репери в страни от тях. Разстоянието от нивелира до конструкцията не трябва да бъде по-голямо от 50 m при използването на либелни нивелири и 30 m при нивелири с компенсатори.

105. При изследване на черупки и плочи контролните репери се нивелират преди декофрирането и в периода на натоварването. Изходните репери в тези случаи се поставят по колоните, които носят черупката, на около 20-30 cm под върха на колоната, така че да може да се отчита с нивелир по лата, поставена върху изходните репери по колоните и контролните репери върху черупката.

Реперите се поставят на височина 20 cm от терена и по колоните, които носят черупката с цел да могат да се отделят деформациите на черупката от тези на носещите колони. Реперите по колоните се нивелират в права и обратна посока при два хоризонта на нивелира. Прави се връзка с основните репери извън обекта.

106. В производствени условия вертикалните деформации на недостъпни конструкции се определят чрез прецизна тригонометрична нивелация.

При малки строителни конструкции се прилага земна стереофотограмметрия.

Приложение 2.1

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НЕОБХОДИМАТА ТОЧНОСТ

1. Ако се предвижда изходните точки и репери да останат неподвижни, точността на началното измерване се изчислява по формулата:

$$\mu_H \leq \frac{\Delta Q_{\min}}{2,8 \sqrt{\frac{1}{p}}}$$

където μ_H е средната квадратна грешка на измерване с тежест единица. С такава точност трябва да бъдат извършени първото (началното) измерване и измерванията,

при които $\Delta Q \approx \Delta Q_{\min}$, като $\frac{1}{p}$ е обратната тежест на съответното изместване Q на най-неточно определената наблюдавана точка или репер.

2. Измерванията през останалите цикли могат да се извършват с по-малка точност, която се определя по формулата:

$$\mu_{i-1} < \frac{\Delta Q_{i-1,i}}{2,8 \sqrt{\frac{1}{p}}}$$

където $\Delta Q_{i-1,i}$ е преместването, определено чрез измерванията в предпоследния ($i - 1$) и последния (i) цикъл, като трябва

$$\Delta Q_{i-1,i} > \Delta Q_{\min}$$

3. При началното определяне на неподвижните изходни точки и репери измерванията се извършват с точност, която се изчислява по формулата:

$$\mu < \frac{\Delta Q_{\min}}{4,7 \sqrt{\frac{1}{q}}}$$

където $\frac{1}{q}$ е обратната тежест на съответния елемент на най-неточно определената изходна точка или репер.

4. Ако се предполага, изходните точки да изменят положението си, точността на измерванията за определянето им и за определянето на деформациите се изчислява по формулите

$$\lambda_H \leq \frac{\Delta Q_{\min}}{4,7 \sqrt{\frac{1}{q}}} \quad \text{и} \quad \mu_H \leq \frac{\Delta Q_{\min}}{3,5 \sqrt{\frac{1}{p}}}$$

където λ_H е средната квадратна грешка, с която се извършват измерванията при първия (началния) цикъл.

$\frac{1}{q}$ - обратната тежест на съответния елемент на най-неточно определената контролна или изходна точка (репер).

μ_H - средната квадратна грешка, с която се извършват измерванията за определяне на точките и реперите по обекта при първия (началния) цикъл.

ΔQ_{\min} - и $\frac{1}{p}$ имат същото значение, както в точка 1.

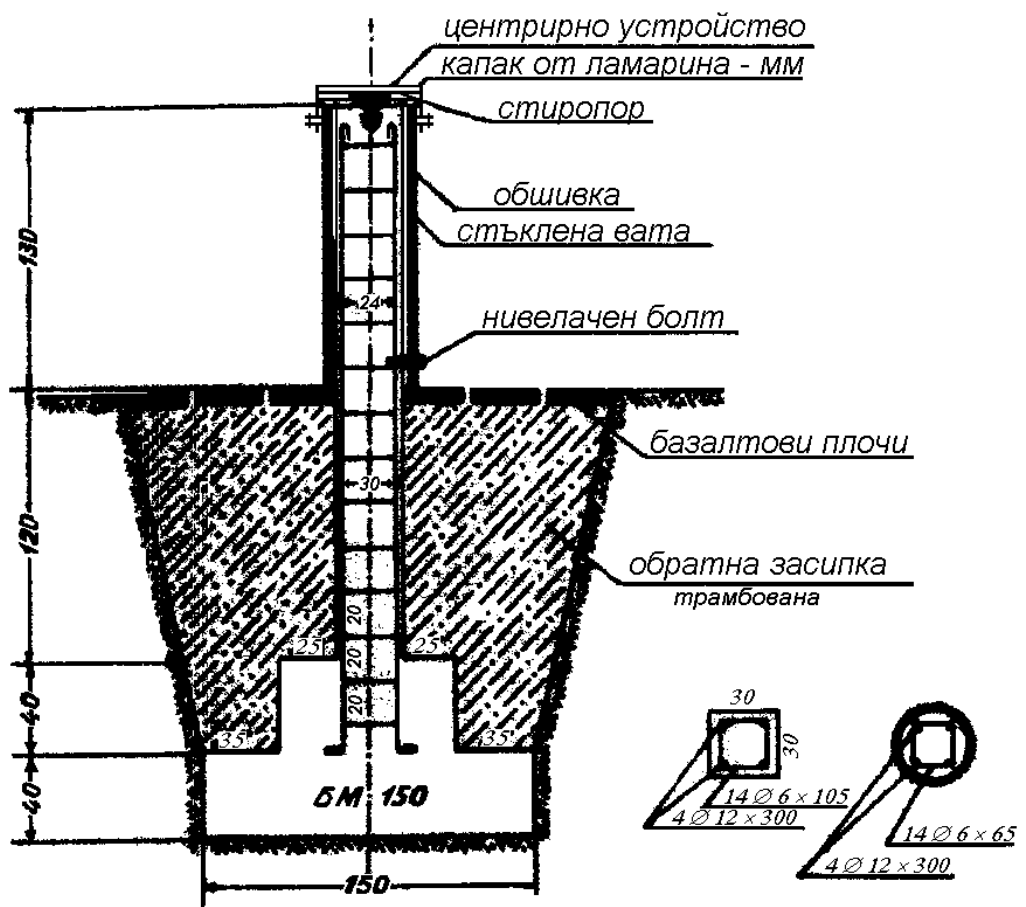
5. Измерванията през останалите цикли могат да се извършват с по-малка точност, която се определя по формулите:

$$\lambda_{i+1} \leq \frac{\Delta Q_{\min}}{4,7 \sqrt{\frac{1}{q}}} ; \quad \mu_{i+1} \leq \frac{\Delta Q_{i-1i}}{3,5 \sqrt{\frac{1}{p}}}$$

Решение за това дали през всички цикли измерванията трябва да се извършват с една и съща или с различна точност следва да се вземе от съставителя на проекта.

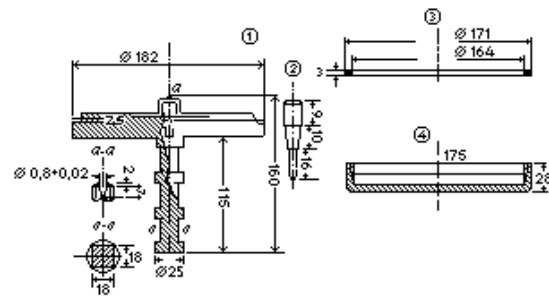
Приложение 2.2

СТЪЛБ ЗА НАБЛЮДЕНИЕ

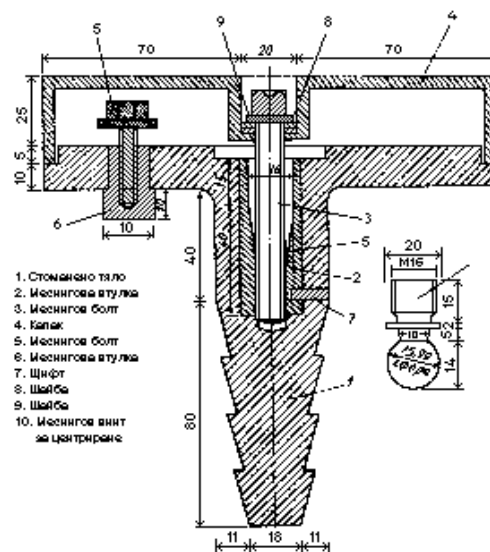


Приложение 2.3

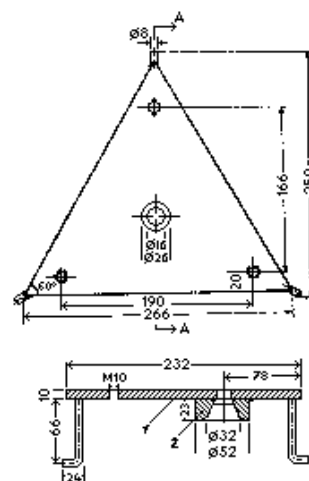
УСТРОЙСТВА ЗА ЦЕНТРИРАНЕ



Устройство за центриране с неподвижен затегателен винт (БАН)



Устройство за центриране с междинна част на "Язовири и каскади"



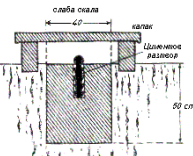
Устройство за центриране с подвижен затегателен винт (БАН)

Приложение 2.4

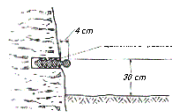
ТИПОВЕ ИЗХОДНИ РЕПЕРИ



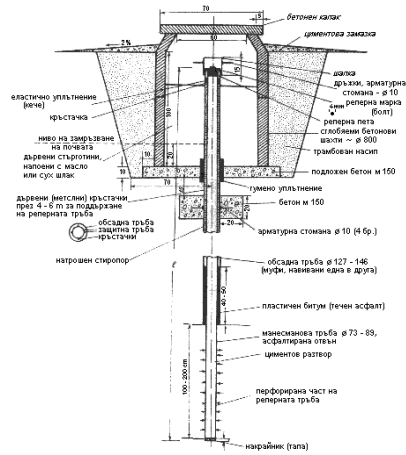
Основен репер в здрава скала



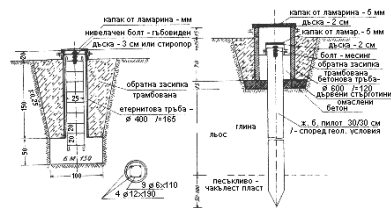
Основен репер в слаба скала



Основен репер в скала (хоризонтален)

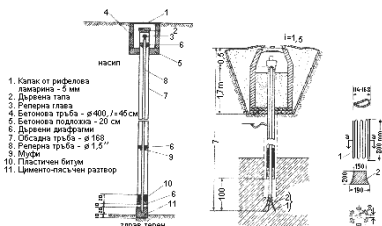


Дълбок репер за лъсови почви (БАН)



Основен репер в свиваеми почви

Пилотен репер



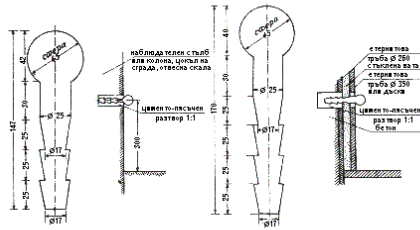
Опростен основен репер чрез сондаж (СССР)

Дълбок репер за глинести почви (СССР)

Приложение 2.5

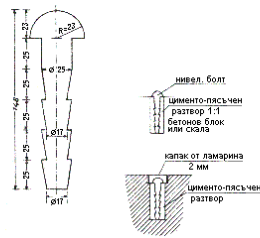
ТИПОВЕ КОНТРОЛНИ РЕПЕРИ

а) Открити репери



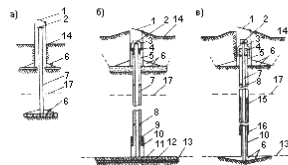
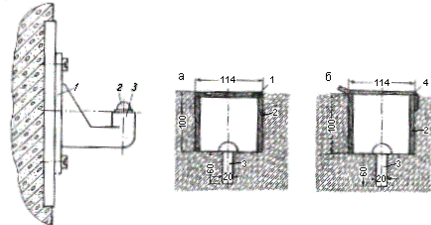
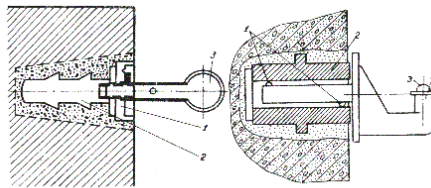
Контролен репер върху цокъл

Удължен контролен репер

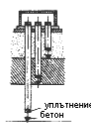


Контролен репер, поставен вертикално

б) Скрити репери



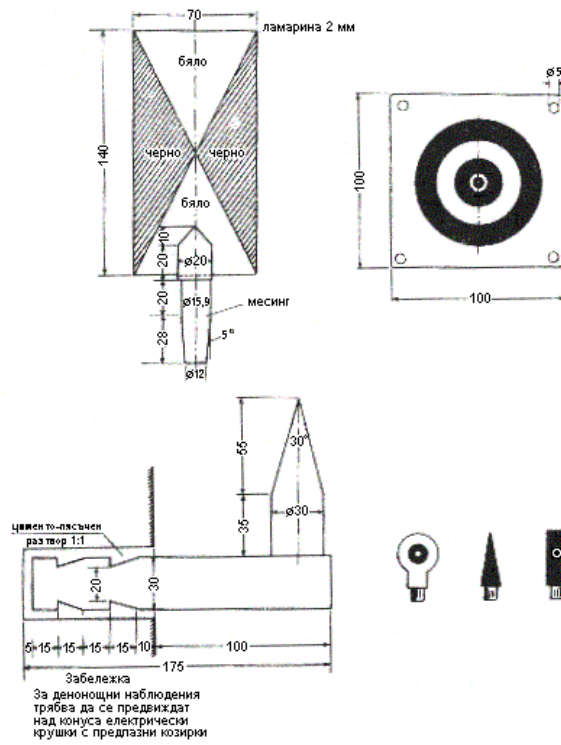
Репери за измерване слягаания на земно-каспли съоръжения (ССР): а) Дълбок повърхостен репер, б) Дълбок стоманобетонен репер с плоча, в) Дълбок метален репер с плоча.



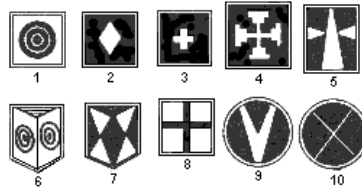
Контролни репери за измерване свиването на почвата на отделни хоризонти.

Приложение 2.6

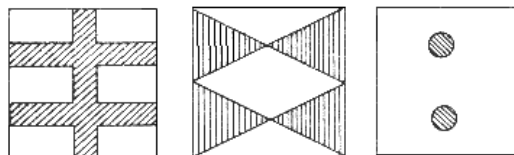
НАЧИН НА СИГНАЛИЗИРАНЕ



Сигнали с различни форми



Типове фигури и оцветяване на сигналите



Двойни сигнали за тригонометрична нивелация

Приложение 2.7

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СЛЯГАНЕТО И ОГЪВАНЕТО

а) нееднакво слягане

$$\delta = \Delta_2 - \Delta_1$$

където Δ_1 и Δ_2 са изчислените слягания на два кои да са контролни репера от изследваното съоръжение.

б) средно слягане, отнесено към площта на фундамента

$$\Delta_{\text{ф.}} = \frac{\Delta_1 F_1 + \Delta_2 F_2 + \dots + \Delta_n F_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}$$

където

Δ_i слягане на контролен репер i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

F - площ на долната част на фундамента, отнесена към съответния репер

n - брой на контролните репери

Практически се допуска средното слягане да се изчислява по формулата:

$$\Delta_{\text{ф.}} = \frac{[\Delta]}{n}$$

в) относително огъване на фундаментите на съоръженията и сградите

$$f = \frac{2\Delta_2 - (\Delta_1 + \Delta_3)}{2L}$$

където

f - стрелка на огъване

Δ_1 и Δ_3 - слягания на крайните точки (1,3) на фундамента в mm

Δ_2 - слягане на средната точка на фундамента в mm

L - разстоянието между точка 1 и 3

г) скорост на слягане

$$V = \frac{\Delta_j - \Delta_0}{t}$$

V - средномесечна или средногодишна скорост на слягане

Δ_j - средното слягане в края на периода

Δ_0 - средното слягане в началото на периода

t - периода от време

Приложение 2.8

Приложение 2.8.1

ТАБЛИЦА

за определяне на междинните и окончателните слягания

на гр.

окр.

№ по ред	Дата Δt ΔT в месеци	Товар в kg/cm^2	Р е п е р и		
			1	2	3
			Коти, разлики:		
			а) спрямо предходното измерване		
		в m	в mm	б) спрямо началното измерване	
1.	7.V.1976 г.	0,51	100,2263	100,2155	100,3483
	0,0		0,0	0,0	
2.	7.X.1976 г.	0,75	100,2243	100,2140	100,3448
	5,0		-2,0	- 1,5	3,5
3.	3.IV.1977 г.	0,86	100,2209	100,2104	100,3405
	5,0		-2,0	- 1,5	3,3
4.	22.X.1977 г.	1,50	100,2183	100,2085	100,3382
	10,9		-5,4	- 5,1	- 7,8

	6,6		- 2,6	- 1,9	- 2,3
	17,5		- 8,0	- 7,0	- 10,1

Приложение 2.8.2

ТАБЛИЦА

с изчислените слягания

нагр.(с.)

окр.

№ на репера	Кота в последния цикъл mm	Слягане в mm			Забележка
		10.VI.76	5.VIII.76	27.11.76	
		При натоварване kg/cm ²			
		0,5	1,0	1,5	
1	10,2523	- 4,2	- 6,2	- 9,5	Котата на репер № 4 се отнася за новия репер, а сляганията за стария репер
2	10,2220	- 5,4	- 5,9	- 9,0	
3	10,3267	- 4,8	- 6,7	- 9,2	
4 ^H	10,2868	- 4,9	- 7,0	Унищожен	
5	10,2967	- 5,6	- 6,0	- 7,9	
6	10,3002	- 5,1	- 6,8	- 8,5	
7	10,2633	- 4,5	- 6,2	- 8,8	
8	10,2881	- 4,3	- 5,7	- 8,9	
Средно слягане		4,9	6,3	8,8	
Ср. скорост за 1 месец		1,6	0,7	0,6	

5.XII.1976 г.

гр. София

СЪСТАВИЛ:

ПРОВЕРИЛ:

ТАБЛИЦА

с определените хоризонтални премествания по координатните оси
и вектора на преместване спрямо първия цикъл от 10 ноември
1975 г.

нагр. (с.)..... окр.

Кон- тролна точка №	II цикъл - 18 май 1976 г.					III цикъл - 20 септ. 1976 г.				
	Преместване по координатни оси		Вектор mm	Посо- ка g	Ср. кв. грешка на прем. mm	Преместване по координатни оси		Вектор mm	Посока g	Ср. кв. грешка на прем.
	mm	mm				mm	mm			
1	-39	+10	40	164	5	-51	+13	53	164	3
2	-93	+18	95	168	3	-106	+22	107	169	2
3	-79	+21	82	163	3	-35	+28	99	162	2
4	-115	+37	120	160	6	-121	+39	127	160	1
5	-17	+2	17	173	2	-25	+3	25	172	4
6	-84	+27	88	160	4	-104	+36	110	159	2

20.V.1976 г.

СЪСТАВИЛ:

гр. София

ПРОВЕРИЛ:

Приложение 2.9

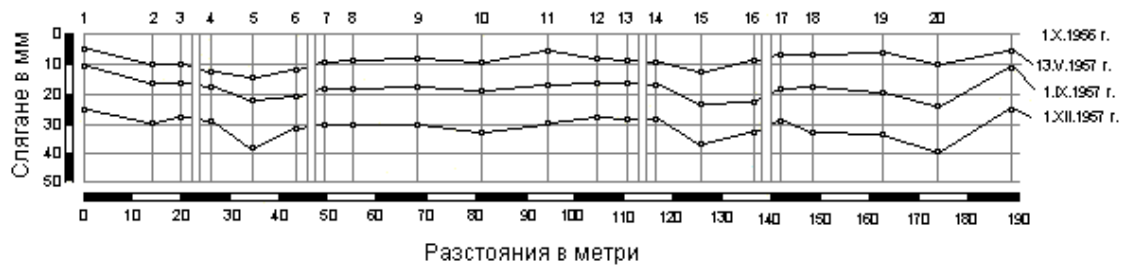


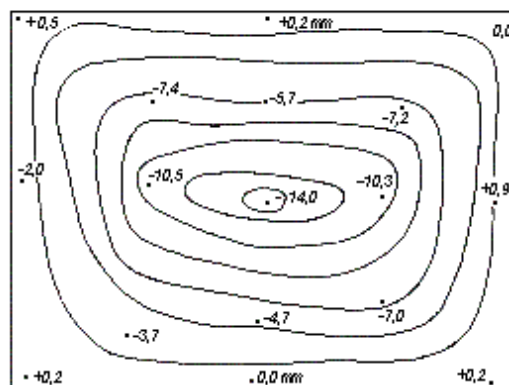
График на сляганията

Приложение 2.10



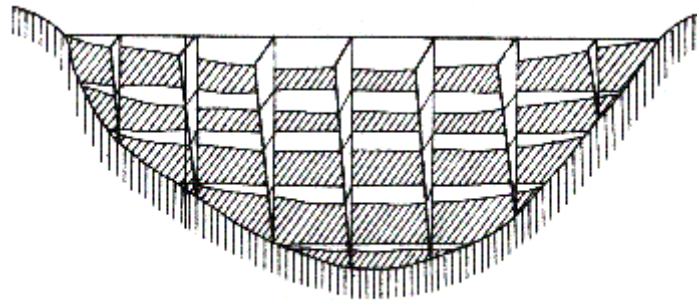
Общ (съвместен) график за сляганията на комин

Приложение 2.11



Изолинии на вертикалните премествания

Приложение 2.12



АксонOMETрично изобразяване на преместванията

Приложение 3.1

СРЕДНА ДЪЛЖИНА НА ТРИАНГУЛАЧНА СТРАНА

$$S_{\text{ф.}} = \frac{\Delta Q_{\text{min}}}{2m_{\beta}} \rho$$

където:

ΔQ_{min} - се взема от заданието

m_{β} - ср. кв. грешка, с която ще се измерват ъглите в триангулационната мрежа

Приложение 3.2

ПОПРАВКА В ИЗМЕРЕНА ПОСОКА ЗАРАДИ НАКЛОНА НА ХОРИЗОНТАЛНАТА ОС НА ИНСТРУМЕНТА

$$\Delta R^{\text{cc}} = \frac{i^{\text{cc}}}{\text{tg}Z}$$

където: $i^{\text{cc}} = l\tau^{\text{cc}}$

l - е отчетът по либелата. Той е положителен, когато мехурчето се е изместило наляво от средното си положение

τ - стойността на едно либелно деление

Z - зенитният ъгъл на съответната посока; измерва се еднократно в началото.

Приложение 3.3

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СРЕДНАТА КВАДРАТНА ГРЕШКА m_R НА ПОСОКА, ИЗМЕРЕНА В n ГИРУСА

$$m_R^2 = \frac{1}{2n} \left(\frac{m_V^2}{2} + \frac{m_{\text{отч.}}^2}{2} + m_{\text{кр.}}^2 \right) + m_{\phi}^2 + m_{\lambda}^2 + m_{\rho}^2 + m_{\epsilon}^2$$

където:

$$m_V = \frac{60''}{V} \quad - \text{грешка във визирането като } V \text{ е увеличението на зрителната тръба}$$

$m_{\text{отч.}}$ - грешка от отчитането

$m_{\text{кр.}}$ - грешка в деленията на хоризонталния кръг

m_{ϕ} - систематичната част от грешката при префокусиране на зрителната тръба

m_{λ} - грешка от наклона на хоризонталната ос

m_{ρ} - грешка от страничната рефракция

m_{ϵ} - сумарно влияние на ексцентрицитета на теодолита и сигнала

Стойностите на отделните грешки се определят чрез предварително изследване на съответния теодолит или пък от публикувани данни от изследване на подобен вид теодолити.

Приложение 3.4

ОПРЕДЕЛЯНЕ РАЗЛИКИТЕ В ОТЧИТАНЕТО, ДЪЛЖАЩИ СЕ НА ИНСТРУМЕНТАЛНИ ГРЕШКИ

$$2\theta_i = 2 \left(\frac{C}{\cos \gamma_i} + \tau \text{tg} \gamma_i \right)$$

където:

γ_i - е вертикалният ъгъл към съответната точка

C - неперпендикулярността на Z (визирната) към H (хоризонталната) ос

τ - неперпендикулярността на H и V

Ъглите C и τ трябва да бъдат определени за всеки теодолит преди всеки цикъл от измерване.

Приложение 3.5

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СРЕДНИТЕ ДЪЛЖИНИ НА СТРАНИТЕ

1. За трилатерация

$$S_{\text{ср.}} \approx \rho \frac{\Delta Q_{\text{min}}}{2m_p} \sqrt{\frac{n_s}{n_p}}$$

2. За триангултрилатерация

$$S_{\text{ср.}} = \rho \frac{\Delta Q_{\text{min}}}{2m_p} \sqrt{\frac{n_s + n_p}{n_p}}$$

където n_s и n_p са съответно броят на измерените страни и ъгли в мрежата, а ΔQ_{min} е съгласно т. 2.1.

Приложение 3.6

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА КООРДИНАТИТЕ ИЛИ ИЗМЕНЕНИЯТА ИМ

1. Определянето се извършва в зависимост от точността, която се изисква чрез следните видове прави засечки:

- Права засечка с измерени прилежащи ъгли β_1 и β_2 при двете изходни точки (А и В).

- Права засечка с измерени ъгли в триъгълника въз основа на полученото несъвпадение. Координатите на наблюдаваната точка както при тази засечка, така и при правата засечка с измерени ъгли се определят по формулите за решение на права засечка с прилежащи ъгли.

- Права засечка с посочни ъгли от изходните точки към наблюдавана точка i измерените посоки към още няколко (най-малко две) изходни точки. Координатите на точка i се определят чрез изчисление по формулите за решаване на права засечка с посочни ъгли.

- Многократна права засечка с ъгови измервания от повече от две изходни точки. Координатите на точка i се определят чрез непосредствено изравнение.

2. След началния цикъл от измерване, при който координатите на наблюдаваните точки се определят от някои от описаните разновидности на правата

засечка, при следващите цикли се определят направо изместванията по съответната координатна ос по формулите:

$$\Delta X^k = (B_2 F_1^k - B_1 F_2^k) / Z = T_x / Z$$

$$\Delta Y^k = (A_1 F_2^k - A_2 F_1^k) / Z = T_y / Z$$

където:

$$Z = A_1 B_2 - A_2 B_1$$

при единични засечки

$$A_1 = a_1 = -\rho \frac{\sin \alpha_{Ai}}{S_{Ai}}; \quad B_1 = b_1 = \rho \frac{\cos \alpha_{Ai}}{S_{Ai}}$$

$$A_2 = a_2 = -\rho \frac{\sin \alpha_{Bi}}{S_{Bi}}; \quad B_2 = b_2 = \rho \frac{\cos \alpha_{Bi}}{S_{Bi}}$$

където при правата засечка с измерени ъгли

$$F_1^{jk} = \beta_1^k - \beta_1^j; \quad F_2^{jk} = \beta_2^k - \beta_2^j$$

При правата засечка с посочни ъгли

$$F_1^{jk} = f_A^{jk} = \alpha_{Ai}^k - \alpha_{Ai}^j; \quad F_2^{jk} = f_B^{jk} = \alpha_{Bi}^k - \alpha_{Bi}^j$$

където k и j са номерата на циклите.

При многократна права засечка

$$A_1 = [aa] \quad A_2 = B_1 = [ab] \quad B_2 = [bb]$$

$$F_1 = -[af] \quad F_2 = -[bf]$$

3. В зависимост от точността, която се изисква, се използват следните видове обратни засечки:

- обратна засечка с измерени посоки - от наблюдаваната точка i, по гирусния начин, към изходните точки A, B и C.

- обратна засечка с независимо измерени ъгли β_1 и β_2 от контролната точка i.

- обратна засечка с независимо измерени ъгли β_1 , β_2 и β_3 (от наблюдаваната точка i към три дадени точки), изравнени чрез затваряне на хоризонта (400^s). Координатите на точката i се изчисляват с изравнените ъгли.

- многократна обратна засечка - измерени посоки от наблюдаваната точка i към повече от три изходни точки.

4. След началния цикъл преместванията на наблюдаваната точка по координатните оси могат да се определят направо по формулата в точка 2, като се има предвид, че при многократната обратна засечка

$$F_1^{jk} = [a'f'] \quad \text{и} \quad F_2^{jk} = -[b'f']$$

където a' и b' са преобразуваните посочни коефициенти, а

$$f_q^E = f_q - \frac{[f_q]}{n}$$

5. Координатите на наблюдаваните точки могат да се определят чрез една от следните видове линейни засечки:

- единична линейна засечка с измерени дължини между наблюдаваната точка (i) и двете изходни точки (A и B).

- многократна линейна засечка с измерени дължини между наблюдаваната точка i и повече от две изходни точки. Координатите на точка i се определят чрез посредствено изравнение.

6. След началния цикъл от измерване могат да се определят направо изместванията на наблюдаваните точки по формулите в т. 2, като се има предвид, че при единична линейна засечка

$$F_1^{jk} = f_1^{jk} = S_1^k - S_1^j; \quad F_2^{jk} = f_2^{jk} = S_2^k - S_2^j$$

- при многократна засечка

$$F_1^{jk} = -[a''f''] \quad F_2^{jk} = -[b''f'']$$

7. Координатите на наблюдаваните точки се определят чрез комбинирана засечка - комбинация от многократни права и обратна, права и линейна или обратна и линейна засечка, като изравнението се извършва по посредствен начин.

И тук преместванията ΔX^{jk} и ΔY^{jk} се определят направо по формулите в т. 2, като се има предвид, че

$$\begin{aligned} A_1 &= \{[aa] + [a'a'] + [a''a'']\} \\ A_2 = B_1 &= \{[ab] + [a'b'] + [a''b'']\} \\ B_2 &= \{[bb] + [b'b'] + [b''b'']\} \\ F_1 &= -\{[af] + [a'f'] + [a''f'']\} \\ F_2 &= -\{[bf] + [b'f'] + [b''f'']\} \end{aligned}$$

където $a, b, f; a', b', f'; a'', b'', f''$ са посочните коефициенти и свободните членове съответно на правата, обратната и линейната засечка, които се определят по формули, записани при съответните методи.

8. При отделните ориентирани посоки преместванията на контролната точка (i) се определят, като при всеки цикъл се измерват посоките от две или три изходни точки (A, B и C) към точка i и към най-малко две ориентирани точки (O_i). Посоките към ориентирани точки трябва да сключват ъгли, не по-малки от 35° (ако са две - ъгъл, не по-малък от 70°).

Избирането, стабилизирането на изходните точки, както и измерването на посоките от тях се извършва както при триангулацията, като тук ъгълът при контролираната точка (β_i) трябва да бъде в интервала $70^\circ \leq \beta_i \leq 140^\circ$.

Напречните премествания се определят по:

$$q_A^{jk} = \frac{\delta_A^{jk}}{\rho} S_A; \quad q_B^{jk} = \frac{\delta_B^{jk}}{\rho} S_B$$

където S_A и S_B са дължините от изходните точки A, B до точка i, измерени еднократно в началния цикъл с относителна грешка, не по-голяма от

$$\frac{m_s}{S} \leq \frac{\Delta Q_{\min}}{10 \Delta Q_{\max}}$$

където ΔQ_{\max} е очакваната максимална хоризонтална деформация в съответната наблюдавана точка до контролираните точки.

ΔQ_{\max} се взема от заданието, а

$$\bar{\delta}_{Ai}^{jk} = \delta_{Ai}^{jk} - \frac{1}{n_A} \left(\sum \delta_{AS}^{jk} + \delta_{Ai}^{jk} \right)$$

$$\bar{\delta}_{Bi}^{jk} = \delta_{Bi}^{jk} - \frac{1}{n_B} \left(\sum \delta_{BS}^{jk} + \delta_{Bi}^{jk} \right)$$

като

$$\delta_{Ai}^{jk} = R_{Ai}^k - R_{Ai}^j$$

$$\delta_{AS}^{jk} = R_{AS}^k - R_{AS}^j \quad (S = 1, 2, 3, \dots, n_{A-1})$$

$$\delta_{BS}^{jk} = R_{BS}^k - R_{BS}^j \quad (S = 1, 2, 3, \dots, n_{B-1})$$

Векторите на преместване се определят по графичен път въз основа на напречните премествания q , като се работи в мащаб 2:1 до 10:1 с оглед чертежът да се

събере на лист канцеларски формат. За окончателно положение на наблюдаваната точка i , когато се използват три изходни точки (три отделни посоки), се приема центърът на вписаната в получения триъгълник окръжност. Радиусът на тази окръжност не трябва да надвишава стойността

$$r_{\text{доп.}} = 2,5 \frac{m_{\delta}}{\rho} S$$

където $m_{\delta} = m_R \sqrt{2}$ - ср. кв. грешка, с която се определя разликата δ

S - средната стойност на дължините до наблюдаваната точка

Ср. кв. грешка $m_{\Delta Q}$ в определяне на преместванията си изчислява по формулата:

$$m_{\Delta Q} = S \frac{m_{\delta}}{\rho} \sqrt{\frac{2}{n-1}}$$

където n е броят на посоките, чрез които се определят отклоненията на контролната точка.

Приложение 3.7

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СРЕДНИТЕ ДЪЛЖИНИ НА ПОЛИГОНОВИТЕ СТРАНИ

1. При включените координатно полигонови ходове необходимите за проектирането средни стойности за дължината на полигона (L), броят на новите полигонови точки (n) и дължината на полигоновите страни (S) се определят по следните формули:

$$n = 0,33 \frac{K^2 \Delta Q_{\min}}{m_{\delta}^2 (K^2 + 1)}$$

$$L = \rho \frac{\Delta Q_{\min}}{3,5 m_{\rho} \sqrt{K^2 + 1}} \sqrt{\frac{48}{n+3}}$$

$$S = \frac{L}{n}$$

където

ΔQ_{\min} - минималната деформация, която трябва да бъде определена за даден период от време - взема се от заданието.

$$K = \frac{M_i}{M_q}$$

- отношението между надлъжната (M_i) и напречната (M_q) грешка на

полигона- определя се от проектанта в зависимост в коя посока деформациите трябва да се определят по-точно.

m_s - ср. кв. грешка, с която се измерват дължините

m_β - ср. кв. грешка, с която се измерват ъглите

2. При включените координатно и ъглово полигони необходимите за проектирането им средни стойности за L и S се определят по формулите:

$$L = \rho \frac{\Delta Q_{\min}}{3,5m_\beta \sqrt{K^2 + 1}} \sqrt{\frac{192}{n+6}}$$

$$S = \frac{L}{n}$$

3. Ако геодезическата основа се създава чрез мрежа от полигонови ходове, необходимите за проектирането ѝ данни за n , L се получават, като изчислените по

формулите от т. т. 1 и 2 стойности се умножават по $\sqrt{\frac{N}{u}}$, където N е броят на измерените елементи в мрежата (ъгли и дължини), а u е броят на необходимите елементи.

Приложение 3.8

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ДОПУСТИМИЯ ЕКСЦЕНТРИЦИТЕТ

1. От описаните устройства за принудително центриране се избира това, чрез което се получава ексцентрицитет не по-голям от изчисления по формулата

$$e_{\text{доп.}} = \frac{\Delta Q_{\text{min}}}{7 \sqrt{1 + \frac{D_i}{D}}}$$

където:

D_i - е разстоянието от изходната до наблюдаваната точка i от створа

D - дължината на створа между изходните точки

ΔQ_{min} - минималното преместване, дадено в заданието.

Приложение 3.9

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ДЪЛЖИНАТА НА СТВОРА

2. Максималната дължина на створа (D_{max}) се изчислява по формулите за точност на съответния створен метод. За тази цел е необходимо съответното равенство да се реши по отношение на D , като на мястото на m_{Q_i} се поставя ΔQ_{min} 2,8. Стойността на D_{max} се определя с данни за най-неточно определената точка.

Приложение 3.10

КОРЕКЦИИ ПРИ СТВОРНИ ИЗМЕРВАНИЯ ЗАРАДИ НАКЛОНА НА ХОРИЗОНТАЛНАТА ОС НА ТЕОДОЛИТА

Измерените ъгли се коригират с поправката:

$$\delta_p = \tau g \gamma - \tau \cot g Z$$

а директно измерените премествания от створната линия - с поправката

$$dl_i = \tau_i \operatorname{tg} \gamma_i \frac{D_i}{\rho} = \tau_i \cot g Z_i \frac{D_i}{\rho}$$

където τ_i е ъгълът на наклона на хоризонталната ос. Той е положителен когато левият край на хоризонталната ос е по-висок от десния.

$\gamma_i (Z_i)$ - вертикалният (зенитният) ъгъл на посоката към точка i

D_i - разстоянието до съответната точка.

Приложение 3.11

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ТЕОДОЛИТА И СИГНАЛИТЕ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДЕФОРМАЦИИ

За да се осигури необходимата точност в определяне на преместванията, инструментът трябва да отговаря на следните изисквания:

1. Увеличение на зрителната тръба не по-малко от

$$V_{\text{доп.}} = \frac{600^{\text{cc}} D_{\text{max}}}{\Delta Q_{\text{min}} \rho^{\text{cc}} \sqrt{nN}}$$

където:

D_{max} - е максималното разстояние, на което ще се визира при дадения створ

N - броят на гирусите, в които се определят преместванията на наблюдаваните точки от створа

n - броят на повторенията във всеки полугирус

2. Промяна в посоката на визирната ос при префокусирането на зрителната тръба не по-голяма от

$$m_{\text{фдоп.}} = \frac{\rho^{\text{cc}} \Delta Q_{\text{min}} \sqrt{N}}{6D_{\text{max}}}$$

Стойността на $m_{\text{ф}}$ за всяка зрителна тръба се установява чрез предварителни изследвания.

Предпочитат се тези сигнали, които са оформени във вид на тесни правоъгълници с ширина l , която е в границите

$$\frac{0,3\psi^{\text{cc}}D}{\rho^{\text{cc}}} \leq l \leq \frac{0,75\psi^{\text{cc}}D}{\rho^{\text{cc}}}$$

където

D - е разстоянието, от което този сигнал ще бъде наблюдаван,

ψ^{cc} - ъгловото разстояние между двете вертикални нишки (бисектора).

Приложение 3.12

ВЛИЯНИЕ НА СТРАНИЧНАТА РЕФРАКЦИЯ

Влиянието на страничната рефракция върху определяните отклонения се определя по формулата:

$$m_{\text{реф.}}^i = \frac{0,05PD_i(D - D_i)}{10^6(273,2 + t^0)^2} \Delta t$$

където:

$m_{\text{реф.}}^i$ - е отклонението на визирния ъгъл от створната линия в точка i в mm

p - атмосферното налягане в съответната точка в mm живачен стълб

t^0 - температурата в съответната точка в градуси по Целзий

D - общата дължина на створа в m

D_i - разстоянието от инструмента до точка i в m

Δt - температурният градиент (изменението на температурата за единица дължина), изразен в градуси на метър.

Стойността на $m_{\text{реф.}}$, определена по формулата по-горе не трябва да бъде по-голяма от

$$m_{\text{реф. доп.}} = \frac{\Delta Q_{\text{min}}}{10}$$

на която стойност отговаря допустим температурен градиент

$$\Delta t_{\text{доп.}} = \frac{m_{\text{реф. доп.}}(273,2 + t^0)}{0,05PD_i(D - D_i)} 10^6$$

Преди да се уточни мястото на изходните створни точки и на наблюдаваните точки по съоръжението се проверява дали температурният градиент на съмнителните места не е по-голям от изчисления.

Приложение 3.13

ПРОГРАМА ЗА ИЗМЕРВАНЕ ПРИ ПОДВИЖНИ СИГНАЛИ

1. По време на началното измерване се измерват еднократно с теодолит вертикалните (зенитните) ъгли от всяка изходна створна точка, на която ще бъде

поставен инструмент, до съответните наблюдавани точки, със средна квадратна грешка $m_t \leq 1''$. Измерва се вертикалният ъгъл и към крайната изходна створна точка.

2. На една от изходните створни точки (А) се центрира (принудително центриране) и хоризонтира инструментът, а на другата изходна точка (В) се центрира (принудително) сигнал.

3. При измерванията сигналът на контролната точка се вкарва в створа, като след всяко насочване сигналът на марката се измества от оста на симетрия на бисектора. При всяко насочване се прави отчет l_{ijk} по скалите. Във всеки полугирус, към всяка точка еднократно се правят отчети по либелата τ_{ij}^k (i - номера на точката, j - номера на гируса, k - номера на повторението в полугируса).

4. На края на всеки полугирус зрителната тръба отново се насочва към сигнала в крайната створна точка. Неизбежното малко изместване на визирната ос от сигнала се определя чрез многократно n_B пъти вкарване на този сигнал в бисектора, при което се правят отчетите l_{Bjk} . Прави се отчет и по либелата τ'_{Bj} .

5. Изместването на визирната ос от оста на сигнала в точка В (Q'_{Bj}) се определя по следните формули:

$$l_{Bj} = \frac{1}{n_B \sum_{k=1}^{n_B} l_{Bjk}}$$

$$Q'_{Bj} = l_{Bj} - \delta l'_{Bj} - (MO_B - \delta MO_B)$$

или

$$Q_{Bj} = (MO_B - \delta MO_B) - (l_{Bj} - \delta l'_{Bj})$$

където $\delta l'_{Bj}$ и δMO_B са поправки в съответните отчети заради наклона на хоризонталната ос, изчислени въз основа на съответните отчети по либелата τ'_{Bj} и τ_{Bj} .

Получената стойност за Q'_{Bj} не трябва да бъде по-голяма от

$$Q'_{B\text{доп.}} = 2,5 \sqrt{\left(\frac{60'' D}{V \rho''}\right)^2 \left(1 + \frac{2,75}{n}\right) + m_{\text{отч.}}^2 \left(1 + \frac{1}{n_B}\right)}$$

където:

D - е разстоянието между изходните створни точки A и B

V - увеличението на зрителната тръба

$m_{\text{отч.}}$ - ср. кв. грешка от отчитане

n_B - броят на повторенията при измерване към точка B .

Ако $Q'_{\text{в}} > Q'_{\text{доп.}}$, измерванията трябва да се повтарят.

Извършеното до тук представлява един полугирус (полусерия).

6. При второ положение измерванията се повтарят в обратен ред. Чрез измерването при второ положение се получават отчетите $l''_{\text{вк}}$ и $l''_{\text{вк}}$. Предварителната обработка на тези отчети се извършва при първо положение.

Извършеното до тук представлява един гирус (една серия).

За повишаване точността изместванията от створа се определят в N гируса.

Изместванията от створа се определят в прав и обратен ход (инструментът и сигналът разменят местата си на изходните створни точки).

			$\frac{1}{n_i} \sum l'_{ijk}$									
			$+ \delta'_1$									
			Δ'_i									
			l'_{ij}	l'_{11}	l'_{21}	l'_{31}	.	.	.	.	l'_{B1}
II полукурс	результати от измерването	1	l''_{111}	l''_{211}	l''_{311}	.	.	.	.	l''_{B11}	
		2	l''_{112}	l''_{212}	l''_{312}	.	.	.	.	l''_{B12}	
		3	l''_{113}	l''_{213}	l''_{313}	.	.	.	.	l''_{B13}	
		
		
		n_i	l''_{1n_1}	l''_{2n_2}	l''_{3n_3}	l''_{Bn_B}	
		τ_i''	τ_1''	τ_2''	τ_3''	τ_B''	

Приложение 3.15

ОБРАБОТКА НА КАРНЕТА ПРИ СТОРНИ ИЗМЕРВАНИЯ

1. Изчислява се средноаритметичното от отчетите във всеки полукурс

$$l'_{ij} = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} l'_{ijk}; \quad l''_{ij} = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} l''_{ijk}$$

където

i - е номерът на точката

j - номерът на гируса

k - номерът на повторението

2. Средните отчети l'_{ij} и l''_{ij} се коригират с поправки заради наклона на хоризонталната ос $\delta l'_{ij}$ и $\delta l''_{ij}$, изчислени по формулата в [приложение 3.10](#) и заради изместването на визирната ос във всеки полукурс от сигнала в крайната створна точка В по формулите:

$$\bar{l}'_{\bar{v}} = l'_{\bar{v}} - \delta l'_{\bar{v}} - \frac{Q'_{\bar{B}}}{D} D_i \frac{r_i}{r}$$

$$\bar{l}''_{\bar{v}} = l''_{\bar{v}} - \delta l''_{\bar{v}} - \frac{Q''_{\bar{B}}}{D} D_i \frac{r_i}{r}$$

където r_i е поредният номер, под който съответната наблюдавана точка i е измерена от дадена станция, r - общият брой на наблюдаваните точки (включително и крайната створна точка).

3. Проверява се дали разликата между $\bar{l}'_{\bar{v}}$ и $\bar{l}''_{\bar{v}}$ е в допустимите норми. Ако $\bar{l}'_{\bar{v}} - \bar{l}''_{\bar{v}} < \Delta l_{\text{доп}}$, се изчислява средноаритметичното от I и II положение на инструмента

$$l_{\bar{v}} = \frac{1}{2} (\bar{l}'_{\bar{v}} + \bar{l}''_{\bar{v}})$$

Ако разликата между най-големия и най-малкия от средните отчети в отделните гириси е в допустимата норма, се изчислява средноаритметичното от тези отчети

$$l_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} l_{\bar{v}j}$$

По формулите

$$Q_i^{\text{пр}} = l_i^{\text{пр}} - MO_i^{\text{пр}} \quad (\text{или} \quad MO_i^{\text{пр}} - l_i^{\text{пр}})$$

$$Q_i^{\text{обр}} = l_i^{\text{обр}} - MO_i^{\text{обр}} \quad (\text{или} \quad MO_i^{\text{обр}} - l_i^{\text{обр}})$$

се определят изместванията на i -тата точка от створната линия при правия и обратния ход, където с индексите “пр” и “обр” са означени величините, които се отнасят за правия, съответно обратния ход.

4. Проверява се дали разликата между изместванията при правия и обратния ход е в допустимата норма. Ако тя е в допустимата норма по формула

$$Q = \frac{D_{\bar{B}}^2 Q_i^{\text{пр}} + D_{\bar{A}}^2 Q_i^{\text{обр}}}{D_{\bar{A}}^2 + D_{\bar{B}}^2}$$

където $D_{\bar{A}}$ и $D_{\bar{B}}$ са разстоянията от изходните створни точки А и В до съответната наблюдавана точка i , се определя окончателната стойност на изместванията.

5. Средната квадратна грешка на изместването от оптичния створ се изчислява по формула

$$m_B^2 = m_{\text{изх.}}^2 + e^2 \left[1 - \frac{D_i}{D} + \left(\frac{D_i}{D} \right)^2 \right] + \frac{1}{Nn} \left(\frac{100^{\text{cc}}}{V} \frac{D_i}{\rho^{\text{cc}}} \right)^2 + \frac{1}{2N} \left(\frac{m_{\phi}}{\rho^{\text{cc}}} D \right)^2 + m_{\text{реф.}}^2 + \frac{1}{2n_i N} m_{\text{отч.}}^2 \left[1 + \left(\frac{D_i}{D} \right)^2 \right]$$

,

където:

$m_{\text{изх.}}$ - ср. кв. грешка в положението на изходните точки в mm

e - ексцентрицитетът на инструмента в сигнала в mm

D - разстоянието между крайните створни точки в mm

D_i - разстоянието до съответната наблюдавана точка в mm

V - увеличението на зрителната тръба

m_{ϕ} - грешка от неправилния ход на фокусиращата леща

$m_{\text{реф.}}$ - ср. кв. грешка от страничната рефракция

$m_{\text{отч.}}$ - ср. кв. грешка от отчитане (обикновено тя е равна на S от точността на нониуса)

n_i - броят на повторенията във всеки полукурс при измерване от точка i

N - броят на гирусите

Броят на повторенията в полукурсите (n_i) и броят на гирусите (N) се определя за всяка контролирана точка по следната формула:

$$n_i N = 30 \left(\frac{m_{\text{izi}}}{\Delta Q_{\text{min}}} \right)^2$$

където:

$$m_{\text{izi}} = 2 \left(\frac{100^{\text{cc}}}{V} D_i \right)^2 + \left(\frac{m_{\phi}}{\rho} D_i \right)^2 + m_{\text{отч.}}^2 \left[1 + \left(\frac{D_i}{D} \right)^2 \right]$$

като i е номерът на контролираната точка.

Желателно е броят на гирусите (N) да бъде един и същ за всички контролирани точки и същевременно

$$N \leq \frac{n_{\text{min}}}{2}$$

Спазва се следният ред на изчисление: определя се m_{ei} за най-близката точка и се изчислява произведението $n_{\min}N$. Чрез последователни приближения се търсят такива цели числа за n_{\min} и N , произведението между които да бъде приблизително равно на $(n_{\min}N)$ и същевременно да бъде изпълнено условие за N . След като се определи N се определя n_i за всяка точка. Закръглява се винаги към по-голямото цяло число.

Приложение 3.16

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ДОПУСТИМИТЕ РАЗЛИКИ ПРИ СТОРНТЕ ИЗМЕРВАНИЯ С ПОДВИЖЕН СИГНАЛ

1. Допустимата разлика между най-големия и най-малкия отчет по скалите във всеки полукурс е

$$\Delta l_{\text{вк.доп.}} = 4Z_i$$

където:

$$Z_i = \sqrt{\left(\frac{100^{\text{cc}}}{V} \frac{D_i}{\rho^{\text{cc}}}\right)^2 + m_{\text{отч.}}^2 \left[1 + \left(\frac{D_i}{D}\right)^2\right]}$$

2. Допустимата разлика между средните отчети при първо и второ положение на инструмента е

$$\Delta l_{\text{вк.доп.}} = \sqrt{\frac{6,2}{n_i} Z_i^2 + (2\theta)^2}$$

където 2θ е разликата между I и II положение в mm, дължаща се на остатъчните инструментални грешки. Тя се определя предварително при изследване на съответния инструмент при вертикални ъгли, близки до тези към наблюдаваните точки и се записва на подходящо място в карнета.

3. Допустимата разлика между най-големия и най-малкия осреднен отчет от отделните гируси е

$$\Delta l_{\text{доп.}} = \frac{4}{\sqrt{n_i}} Z_i$$

4. Допустимата разлика между правия и обратния ход е

$$\delta Q_{i\text{доп.}} = 2,5 \frac{(m_{\text{пр.}}^{\text{гр.}})^2 (m_{\text{обр.}}^{\text{гр.}})^2}{(m_{\text{пр.}}^{\text{гр.}})^2 + (m_{\text{обр.}}^{\text{гр.}})^2}$$

където $m_{\text{в}}^{\text{пр.}}$ и $m_{\text{в}}^{\text{обр.}}$ се изчисляват по формулата в [приложение 3.11](#) като се използват съответните разстояния $D_i^{\text{пр.}}$ и $D_i^{\text{обр.}}$.

Приложение 3.17

ПРОГРАМА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА МАЛКИ ЪГЛИ С НЕПОДВИЖЕН СИГНАЛ

1. В едната изходна створна точка (А) се центрира и хоризонтира инструментът, защитен от директното нагряване на слънцето, а в другата (В) се центрира, хоризонтира и насочва неподвижен сигнал.

2. Еднократно в началото към всяка точка от створа (включително и към крайната створна точка В) се измерват зенитните ъгли (Z), а във всеки полуигрус се определя ъгълът на наклона на хоризонталната ос τ_i чрез отчети по алидадната либела на инструмента. Към изходната створна точка (В) τ се определя в началото и в края на полуигруса.

3. При първо положение инструментът се насочва $n_{\text{в}}$ пъти към сигнала и след $n_{\text{в}}$ коинцидирания на съответните диаметрално противоположни деления от хоризонталния кръг по микрометъра се правят $n_{\text{в}}$ отчета $R'_{\text{в}k}$.

4. С микрометричния винт инструментът се насочва последователно в контролираните точки по створа и към всяка се правят n_i насочвания. След всяко коинцидиране се правят по микрометъра n_i отчета $R'_{\text{в}k}$; проверява се дали разликата между най-големия и най-малкия ъгъл е в допустимите норми. Ако тази разлика е по-голяма от допустимите норми, измерванията се повтарят.

5. След измерването към последната контролирана точка инструментът отново се насочва $n_{\text{в}}$ към изходната створна точка В и отново се правят $n_{\text{в}}$ на брой отчети $R'_{\text{в}k}$.

Изчисляват се средноаритметичните отчети към точка В, като същевременно се коригират заради наклона на хоризонталната ос.

$$R'_{\text{в}} = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} R'_{\text{в}k} + \tau'_B t_{\text{в}} \gamma_{\text{в}}; \quad \bar{R}'_{\text{в}} = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \bar{R}'_{\text{в}k} + \bar{\tau}'_B t_{\text{в}} \gamma_{\text{в}}$$

Разликата

$$\Delta R'_{\text{в}} = |R'_{\text{в}} - \bar{R}'_{\text{в}}|$$

трябва да бъде по-малка от допустимата норма

$$\Delta R_{\text{вдоп.}} = 3,5 \sqrt{\frac{1}{n} \left(\frac{D}{\rho}\right)^2 \left[m_{\text{отч.}}^2 + \left(\frac{60^{\text{cc}}}{V}\right)^2 \right]}$$

Ако $\Delta R'_{\text{вj}} > \Delta R_{\text{вдоп.}}$ измерванията трябва да се повторят.

Извършеното до тук представлява един полугирус.

6. При второ положение на инструмента действията се повтарят, след като инструментът се хоризантира наново, в резултат на което се получават отчетите $R''_{\text{вjk}}$, $R'_{\text{вjk}}$ и $\bar{R}''_{\text{вjk}}$.

С това измерванията са извършени в един гирус.

7. С цел да се повиши точността измерванията се извършват в N гируса, като средната грешка се определя по начина, описан в [приложение 3.15.5](#), при

$$m_{\beta}^2 = 2 \left(\frac{60^{\text{cc}}}{V} \frac{D_i}{\rho^{\text{cc}}} \right)^2 + \left(\frac{m_{\phi}}{\rho^{\text{cc}}} D_i \right)^2 + 2 \left(m_{\text{отч.}} \frac{D_i}{\rho^{\text{cc}}} \right)^2$$

където:

D_i - е разстоянието от инструмента до съответната наблюдавана точка

m_{ϕ} - грешката от префокусиране на зрителната тръба

$m_{\text{отч.}}$ - грешката от отчитане по хоризонталния кръг

8. Определяне на изместванията по описания до тук начин се извършва в прав и обратен ход (инструментът при правия ход е в изходната створна точка А, а при обратния ход - в точка В).

Приложение 3.18

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЪГЛОВИТЕ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ СТВОРА И СРЕДНИТЕ ИМ ГРЕШКИ

Ъглите β се определят по следния начин:

1. Изчислява се средноаритметичното от отчетите във всеки полугирус

$$R'_{\text{вj}} = \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{n_j} R'_{\text{вjk}} ; \quad R''_{\text{вj}} = \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{n_j} R''_{\text{вjk}}$$

2. Средните отчети R'_{ij} и R''_{ij} се контролират и коригират заради наклона на хоризонталната ос и заради изместването на визирната ос във всеки полутирус от сигнала в крайната створна точка по формулите:

$$\bar{R}'_{ij} = R'_{ij} - \tau'_i \ell_{ij} \gamma_i - \frac{\Delta R'_{Bj}}{r} r_i$$

$$\bar{R}''_{ij} = R''_{ij} - \tau''_i \ell_{ij} \gamma_i - \frac{\Delta R''_{Bj}}{r} r_i$$

където:

r_i - е поредният номер, под който съответната контролирана точка е измервана

r - общият брой на контролираните точки по створа (включително и крайната створна точка B)

ΔR_{Bj} - определя се съгласно [приложение 3.17](#).

3. Проверява се дали разликата между осреднените стойности R'_{ij} и R''_{ij} е в допустимата норма. Ако тя е в допустимата норма, се изчислява средноаритметичното от I и II положение на инструмента, т.е.

$$R_{ij} = \frac{1}{2}(R'_{ij} + R''_{ij}) ; \quad R_{Bj} = \frac{1}{2}(R'_{Bj} + R''_{Bj})$$

4. Проверява се дали разликата между най-големия и най-малкия осреднен отчет в отделните гируси е в допустимата норма. Ако тя е в допустимата норма, се изчислява средноаритметичното от тези отчети по формулата:

$$R_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N R_{ij} ; \quad R_B = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N R_{Bj}$$

след което се определя β_i

$$\beta_i = R_i - R_B \quad \text{или} \quad \beta_i = R_B - R_i$$

5. Средната квадратна грешка на измерването от оптичния створ, определено чрез измерване на малки ъгли, се изчислява по формулата:

$$m_{D_i}^2 = m_{\text{изм.}}^2 + e^2 \left[1 - \frac{D_i}{D} + \left(\frac{D_i}{D} \right)^2 \right] + \frac{1}{n_i N} \left(\frac{60''}{V} \frac{D_i}{\rho} \right)^2 + \frac{1}{2N} \left(\frac{m_{\phi}}{\rho} D_i \right)^2 + m_{\text{реф.}}^2 + \frac{1}{n_i N} \left(m_{\text{стн.}}^2 \frac{D_i}{\rho} \right)^2$$

Значението на аргументите е същото, както в [приложение 3.15](#).

Приложение 3.19

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ СТРУНИТЕ

1. Струната не трябва да бъде по-дълга от

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{6f_{\text{доп}} \sigma}{q}}$$

където $f_{\text{доп}}$ е допустимото провисване, което се определя от съображения за удобство при измерване на изместванията.

σ - критичната сила на опъване в kg/mm^2 / трябва $\sigma > 150 \text{ kg/mm}^2$ /

q - плътността на материята, от която е направена жицата в g/cm^2

Ако створната линия е по-дълга, тя да се разделя на части по-къси от D_{\max} .

Провисването на жицата се определя по формулата:

$$f_{\text{жж}} = q \frac{D^2}{6\sigma}$$

Където D е действителната дължина на страната ($D < D_{\max}$) в m .

2. Диаметърът на струната трябва да бъде в интервала $0,1 \leq d \leq 1,5 \text{ mm}$ и се определя по формулата

$$d \leq f \frac{W^2}{6,3q\delta_{\text{доп}}} \quad (\text{в mm})$$

където:

f - е действителното провисване, определено по формулата по-горе

W - напречното въздушно течение в m/sec . То се измерва предварително по точките. Приема се най-голямата стойност. Ако няма напречно въздушно течение, се приема $W = 0,1 \text{ m/sec}$

$\delta_{\text{доп}}$ - допустимото изместване на струната от напречното въздушно течение. Съобразно точността, която се изисква, за $\delta_{\text{доп}}$ се приема стойност, която оказва равно или по-малко влияние върху грешката на изместването в сравнение с другите фактори.

3. Струната трябва да се опъва със сила

$$P = (0,6 \sigma d^2) \text{ kg}$$

4. Диаметърът на струната не трябва да се променя повече от $0,015 \text{ mm}$.

5. Струната не трябва да има локални изкривявания.

6. След извеждане на опънатата струна от началното ѝ положение тя трябва да се връща в него с грешка не по-голяма от 0,2 mm.

Приложение 4.1

ПРЕДВАРИТЕЛНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НЕОБХОДИМАТА ТОЧНОСТ НА ГЕОМЕТРИЧНАТА НИВЕЛАЦИЯ

При предварително определяне на необходимата точност се използва стойността на минималното вертикално преместване ΔQ_{\min} , посочени в заданието, която се очаква в най-слабото място на мрежата на контролираните репери.

При изчисленията за определяща величина се приема стойността на ср. кв. грешка на превишение, измерено от една станция (m_{cm}), която се явява и като ср. кв. грешка за единица тежест, ако тежестите на нивелачните ходове се изразяват чрез реципрочната стойност на броя на станциите.

Възприема се принципът за пренебрегване на влиянието на грешките от изходните данни на мрежа от по-горния клас ако отношението на ср. кв. грешка в съответните класове е 1:2.

За осигуряването на ΔQ_{\min} при различните класове трябва да бъдат изпълнени следните изисквания:

$$m_{cm}^I \leq 0,08 \Delta Q_{\min}$$

$$m_{cm}^{II} \leq \frac{0,22}{\sqrt{n_a}} \Delta Q_{\min}$$

$$m_{cm}^{III} \leq \frac{0,62}{\sqrt{n_B}} \Delta Q_{\min}$$

където:

m_{cm}^I - средната квадратна грешка в котата на нивелачния репер (от групата основни репери), с които се свързва хода, идващ от мрежата на изходните репери (равна на грешката, с която ще се прави проверка на превишенията между основните репери)

m_{cm}^{II} - ср. кв. грешка на превишение, измерено от една станция, с каквато точност следва да се нивелира хода, свързващ основния репер в мрежата на изходните репери (с брой на станциите n_a), а също така и нивелирането на ходовете на същата мрежа.

m_{cm}^{III} - ср. кв. грешка на превишение, измерено от една станция, с каквато точност следва да се нивелират контролните репери.

n_B - брой на станциите на най-отдалечения ход, включен между репери от изходната мрежа и определящ контролни репери.

(Ориентировъчно, броят на станциите може да се получи чрез дължините на ходовете и допустимите дължини на визуирите, а при контролните репери се определя чрез разстоянията между реперите).

Изборът на типа на нивелира, с който се извършват измерванията при различните класове се прави като се вземат под внимание дадените вече средни грешки на станция. Например, чрез изследване се установява ср. кв. грешка на превишение, измерено от една станция както следва:

за нивелири от типа на Ni 004 (или Ni 007)

$$m_{cm} = \sqrt{2}(0,014 + 0,014D)mm$$

за нивелири от типа на Ni 030 (или Ni 025) с оптически микрометри

$$m_{cm} = \sqrt{2}(0,11 + 0,0785D)mm$$

където D е средната дължина на визиране (в метри). (За други типове нивелири може да се ползват данни от извършени изследвания или от проспектите).

При избран тип нивелир (избрано m_{cm}) и изчислена необходима точност (m_{cm}^i) се изчислява стойността на помощния коефициент φ :

$$\varphi = \frac{m_{cm}}{m_{cm}^i}$$

чрез който ориентировъчно се определя начинът на нивелиране, осигуряващ при избран тип на нивелира изискваната точност. За целта се ползват данните от таблица 4.1, съобразно възможностите отразени в пример 1.

Пример 1. Ако при избран тип нивелир се получи, че например $\varphi = 1,89$, то може да се избира някоя от комбинациите:

а) едноskalни лати, при два хоризонта и двойно нивелиране на ходовете; б) двусkalни лати, два хоризонта и еднократно нивелиране или в) двусkalни лати, с един хоризонт, при двукратно нивелиране.

Пример 2. Ако при избран нивелир се получи, че например $\varphi = 3,26$, при използването на двусkalни лати следва да се увеличи: а) или броят на хоризонтите, с които да се измерват превишенията на всяка станция, например на 3, а броят на

нивелиранията с две или б) броят на хоризонтите се запази на 2, а се увеличи броят на нивелиранията на 3. Получава се, че $\varphi = 3,46 > 3,26$ или може да се постигне изискваната точност при избор на някой от двата варианта. По-целесъобразно е обаче да се използва по-точен нивелир, т.е. да се намали m_{cm} (респективно φ) и тогава отново се получават данните от таблицата.

Ако е предвидено нивелачната мрежа да се построи в два класа, отпадат изчисленията за първия клас. В такъв случай броят на изходните репери не може да бъде по-малък от три.

При изработени проекти на нивелачната мрежа и при определени точности (ср. кв. грешка на превишението, измерено от една станция), т.е. при уточнени: типа на нивелирите, вида на латите и начини на нивелиране, се прави цялостна оценка на точността, като се взема под внимание и геометричната форма на мрежите. За целта се използва общата теория за обработка на геодезически измервания, като за предполагаемите най-неточно определени репери се съставят съответни тежестни функции. Като тежести се приемат реципрочните стойности на броя на станциите за всеки ход. Очакваната грешка от функциите от изравнени стойности се определя по формулата

$$m_f = m_{ст.} \sqrt{\frac{1}{P_f}}$$

Необходимите уравнения се съставят по известните методи, като се изхожда от схемата. За всеки проверяван репер трябва да бъде изпълнено условието

$$m_f \leq \frac{\Delta Q_{min}}{2}$$

Таблица 4.1

Стойности на φ	Употреба на					
	вид на латите		брой на хоризонтите		брой на нивелиранията	
	едно- скални	дву- скални	един	два	едно	две
$\varphi \leq 1$	да	-	да	-	да	-
$1 < \varphi < 1,42$	да	-	-	да	да	-
	да	-	да	-	-	да
	-	да	да	-	да	-
$1,42 < \varphi < 2,00$	да	-	-	да	-	да
	-	да	-	да	да	-
	-	да	да	-	-	да
$2,00 < \varphi < 2,85$	-	да	-	да	-	да

ф>2,85	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подбира се по-точен нивелир 2. Увеличава се броят на хоризонтите при едно стационариране 3. Увеличава се броят на нивелиранията
--------	--

Приложение 4.2

ПРОГРАМА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕДНА НИВЕЛАЧНА СТАНЦИЯ

Редът на отчитане по латите при извършване на нивелация I и II клас е:

а) при нивелири с компенсатори с едно положение на компенсатора

1. с едноскални лати

З П

промяна на хоризонта

П З

2. с двускални лати

Зо По

Пд Зд

б) при либелни нивелири и двускални лати

Зо По

нечетна станция

Пд Зд

По Зо

четна станция

Зд Пд

в) при нивелири с компенсатори с две положения на компенсатора (Ni 002)

1. С едноскални лати

I положение на компенсатора З П

II положение на компенсатора ПЗ

2. С двускални лати

I положение на компенсатора Зо По

II положение на компенсатора Пд Зд

Редът на отчитане по латите при извършване на нивелация III клас с либелни и компенсаторни нивелири е:

1. С едноскални лати

ЗП

за предпазване от груби грешки се препоръчва:

ЗП

промяна на хоризонта

ПЗ

2. С двускални лати

Зо Зд

По Пд

където:

З - отчет по задната лата

П - отчет по предната лата

Зо - отчет по основната скала на задната лата

По - отчет по основната скала на предната лата

Зд - отчет по основната допълнителната скала на задната лата

Пд - отчет по основната допълнителната скала на предната лата

Приложение 4.3

ПРЕДВАРИТЕЛНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ТОЧНОСТТА ПРИ ТРИГОНО МЕТРИЧНАТА НИВЕЛАЦИЯ

В случай, че се извършва предварително изчисление на необходимата точност се спазва следния ред:

а) за изходна величина се взема стойността на минималната вертикална деформация ΔQ_{\min}

б) уточнява се изборът на типа на теодолита, т.е. известно е m_z^0

$$(m_z^0)^2 = \frac{1}{2} (m_B^0 + m_o^2 + m_A^2)$$

където:

$$m_B = \frac{60''}{V} \text{ - ср. кв. грешка на визиране при увеличение на тръбата } V \text{ пъти}$$

m_o - ср. кв. грешка на отчитане по вертикалния кръг

$m_A = 0,06\tau$ - ср. кв. грешка на подравняване на индексната либела, със стойност на едно деление (в сантисантигради)

При теодолити с компенсатор m_A се заменя със стойността, изразяваща чувствителността на компенсатора.

Необходимите данни за изчисление на m_z^0 се вземат от проспекти (или материали от проведени изследвания).

в) определя се необходимата точност ($m_{D_{NP}}^{\text{пр.}}$) с която трябва да са известни дължините D_{NP} на определящите посоки:

$$m_{D_{NP}}^{\text{пр.}} = \frac{\Delta Q_{\min}}{\text{ctg} Z_{NP}} \sqrt{\frac{m_p}{18}}$$

при

Z_{NP} - приблизителната стойност на зенитния ъгъл от т. N към т. P (определя се чрез отчетени по плана разстояние и разликата на котите от двете точки)

n_p - броя на определящите посоки на контролираната т. P

г) определя се броят на гирусите при измерване на зенитните ъгли за определяне на т. Р

$$k_p \approx \frac{3}{2 \cdot 10^5} \frac{m_Z^0 (D_{NP})^2}{n_p (\Delta Q_{\min})^2 \sin^4 Z_{NP}}$$

като (m_Z^0) е в сантисантигради, D_{NP} - в метри, а ΔQ_{\min} - в милиметри.

При определяне на $m_{D_{NP}}^{IP}$ и k_p е взето под внимание, че зенитните ъгли се измерват при две положения на тръбата посредством трите хоризонтални нишки към двете марки на сигнала в т. Р.

Изчисленията за $m_{D_{NP}}^{IP}$ и k_p се правят за неблагоприятните определящи посоки: по-големи дължини, съчетани с големи вертикални ъгли, също и за най-големите определящи дължини.

д) изчислената стойност на $m_{D_{NP}}^{IP}$ се сравнява с предварително изчислена точност на дължините при определяне на хоризонталните деформации (т.е. $m_{D_{NP}}$). Ако се получи, че $m_{D_{NP}}^{IP} > m_{D_{NP}}$ се коригира проекта. Прави се анализ при колко от определящите посоки се явяват несъответствия в точността. Ако въпреки корекциите не може да се постигне изискваната грешка ΔQ_{\min} следва мотивирано да се изиска да се промени нейната стойност $\Delta Q'_{\min}$ като се каже за кои точки се отнася промяната.

$$\Delta Q'_{\min} \geq m_D^{\min} \sqrt{\frac{18}{n_p} \text{ctg} Z}$$

при m_D^{\min} - минималната грешка в дължината, която може да се осигури чрез предвидената методика за хоризонталните измервания в проектираната мрежа.

Ако при изчисленията се получи $k > 4 \div 6$ използва се по-точен теодолит или се коригира проекта на изходните точки (скъсяват се дължините на определящите посоки).

За уеднаквяване на програмата за измерване на зенитните ъгли, уместно е за цялата мрежа да се приеме броят на гирусите, определен за неблагоприятните посоки.

Приложение 4.4

РЕД НА ИЗМЕРВАНЕ И ЗАПИСВАНЕ ПРИ ТРИГОНОМЕТРИЧНА НИВЕЛАЦИЯ - МАРКА “а”

- При I положение:
1. с горна нишка и отчет αO_r^1
 2. със средна нишка и отчет $\alpha O_{\text{ф.}}^1$
 3. с долна нишка и отчет $\alpha O_{\text{д.}}^1$
- При II положение:
4. с горна нишка и отчет αO_r^2
 5. със средна нишка и отчет $\alpha O_{\text{ф.}}^2$
 6. с долна нишка и отчет $\alpha O_{\text{д.}}^2$

(има се предвид видимото положение на нишките при двете положения на тръбата). За особено прецизни измервания вж. и [приложение 5.1](#).

В същия ред се извършват измерванията и в останалите гируси, след което се преминава към измервания към марка “б” на същия сигнал.

Преди всеки отчет по вертикалния кръг се подравнява индексната либела (ако има такава).

Приложение 4.5

РЕД И КОНТРОЛИ ПРИ ОБРАБОТКА НА КАРНЕТА И ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРЕМЕСТВАНИЯТА ПРИ ТРИГОНОМЕТРИЧНАТА НИВЕЛАЦИЯ

1. а) за всяка марка при всеки гирус се образуват сумите:

$$\sum_1 = (O_r^1 + O_{\text{д.}}^2), \quad \sum_2 = (O_{\text{ф.}}^1 + O_{\text{ф.}}^2), \quad \sum_3 = (O_{\text{д.}}^1 + O_r^2)$$

Разликата между най-голямата и най-малката стойности на \sum_1 (респ. \sum_2 и \sum_3) за всички измервания, извършени от станцията не трябва да надвишава

$$\Delta_{\text{доп.}}^z = 4 \text{ m}_z^0$$

- б) изчисляват се стойностите на зенитните ъгли към всяка фигура при всеки гирус, приведени към средна нишка:

$$Z' = \frac{1}{2} (400^{\text{г}} + O_{\text{г}}^1 - O_{\text{д}}^2)$$

$$Z'' = \frac{1}{2} (400^{\text{г}} + O_{\text{ф.}}^1 - O_{\text{ф.}}^2)$$

$$Z''' = \frac{1}{2} (400^{\text{г}} + O_{\text{д}}^1 - O_{\text{г}}^2)$$

Разликата между най-голямата и най-малката стойности на Z' , Z'' и Z''' за всяка наблюдавана марка да не надвишава

$$\Delta_{\text{доп.}}^Z = 2,8 m_Z^0$$

в) изчисляват се осреднените зенитни ъгли към всяка марка при всеки гирус (приведени към средна нишка):

$$Z_{\text{ф.}} = \frac{1}{3} (Z' + Z'' + Z''')$$

Разликата между най-голямата и най-малката стойности на $Z_{\text{ф.}}$ за съответните марки в различните гируси не трябва да надвишава:

$$\Delta_{\text{доп.}}^{\text{ф.}} = \frac{1,6}{\sqrt{K}} m_Z^0$$

при

K - брой на гирусите

m_Z^0 - ср. кв. грешка на измерен ъгъл, изчислена по формулата от приложение 4.3. т.б.

г) изчисляват се средните зенитни ъгли към всяка марка, получени в различните гируси.

2. Преместването $\Delta Q_{\text{НП}}^j$ на контролираната точка Р в j цикъл, се изчислява по формулата:

$$\Delta Q_{\text{НП}}^j = D_{\text{НП}}^0 (\cot g Z_{\text{НП}}^j - \cot g Z_{\text{НП}}^0) + \Delta D_{\text{НП}}^j \cot g Z_{\text{НП}}^j + \Delta J_{\text{Н}}^{0j} \Delta H_{\text{Н}}^{0j}$$

или

$$\Delta Q_{\text{НП}} = K'_{\text{НП}} \Delta Z_{\text{Нк}}^j + K^2_{\text{НП}} \Delta D_{\text{НП}}^j + \Delta J_{\text{Н}}^{0j} + \Delta H_{\text{Н}}^{0j}$$

където:

D_{MP}^0 - хоризонталното разстояние между изходната т. и контролираната т. Р в нулевия цикъл (в mm с точност до 1 mm)

$\Delta D_{MP}^j = D_{MP}^j - D_{MP}^0$ - разлика в хоризонталните разстояния между двете точки от j и от нулевия цикъл (в mm с точност до 1 mm)

Z_{MP}^0, Z_{MP}^j - осреднени стойности на зенитните ъгли, измерени в т. N към марка на сигнала в т. Р при нулевия и при j цикъл

$\Delta Z_{MP}^j = Z_{MP}^j - Z_{MP}^0$ - разлика от стойностите на зенитните ъгли (в сантисантигради с точност до 0,1^{cc})

$\Delta J_N^{0j} = J_N^j - J_N^0$ - разлика във височините на теодолита, центриран в т. N съответно при нулевия и при j цикъл (в mm с точност до 0,1mm)

$\Delta H_N^{0j} = H_N^j - H_N^0$ - разлика в котите на т. N (отразяваща височинното изместване на изходната точка между нулевия и j цикъл (в mm с точност до 0,1mm)

$K_{MP}^1 = D_{MP}^0 d 10^{-6}$ - помощен коефициент (D_{MP}^0 в mm, d - диференция на $\cot g Z_{MP}^0$ за 1^{cc}) - винаги отрицателен

$K_{MP}^2 = \cot g Z_{MP}^0$ - помощен коефициент (носи знака на $\cot g Z$)

Коефициентите K_{MP}^1 и K_{MP}^2 се изчисляват еднократно за всяка определяща посока и всяка фигура от сигналите.

3. Разликата между най-голямата и най-малката изчислени стойности на ΔQ за всяка точка не трябва да надвишава

$$\Delta Q_{\text{доп}} = \Delta Q_{\text{мин}}$$

Ако това условие не се изпълнява, съобразно групирането на стойностите, от следващата обработка се отстранява една от крайните (най-чувствително отличаващите се) стойности.

4. Посредством осредняване се получава окончателната стойност на настъпилите премествания на Р в цикъл j:

$$\Delta Q_{p.c.p.}^j = \frac{[\Delta Q_{ip}^j]}{n'}$$

при

n' - брой на използваните стойности

5. Ср. кв. грешка, с която е получена стойността на $\Delta Q_{p.c.p.}^j$ се изчислява по формулата

$$M_{\Delta Q_0} = \sqrt{\frac{[vv]}{n'(n'-1)}}$$

при

$$V = \Delta Q_{p.c.p.}^j - \Delta Q_{NP}^j$$

КАРНЕТ за измерване на зенитни ъгли																
Обект			Дата		Теодолит		Измерването		започнато		завършено		Наблюдател			
№ на гирус	№ на станция	Височина на инструмента	Височина на сигнала	№ на наблюдаваната точка и номер на сигнала в нея	Ред на отчитане: I полож.								II полож.	Z = $\frac{1}{3}(Z' + Z'' + Z''')$	Z _{фр.} от всички гируси	Забележка
					O_z^1 $\frac{3}{4}$ $\frac{1}{2}$	$2Z' = 400 + O_r^1 - O_n^2$	Z'	O_{sp}^1 $\frac{3}{4}$ $\frac{1}{2}$	$2Z'' = 400 + O_{sp}^1 - O_{sp}^2$	Z''	O_z^2 $\frac{3}{4}$ $\frac{1}{2}$	$2Z''' = 400 + O_n^1 - O_r^2$					Z'''
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
					$\frac{3}{4}$			$\frac{3}{4}$			$\frac{3}{4}$					
					$\frac{3}{4}$			$\frac{3}{4}$			$\frac{3}{4}$					
					$\frac{3}{4}$			$\frac{3}{4}$			$\frac{3}{4}$					

Приложение 4.6

ОПРЕДЕЛЯНЕ СРЕДНАТА ГРЕШКА НА ОТЧИТАНЕ (m_o) ПРИ ХИДРОСТАТИЧНАТА НИВЕЛАЦИЯ

$$m_o = \pm \sqrt{m_d^2 + m_{отч.}^2 + m_p^2}$$

където:

m_d - ср. кв. грешка на контактуване

$m_{отч.}$ - ср. кв. грешка на отчитане по измерителната скала

m_p - ср. кв. грешка (на отчета) поради забавената реакция на наблюдателя (изместване на щифта, докато се спре движението, след като е видял сигнала, регистриращ контактуването)

Ако е изпълнено условието

$$m_o \leq \frac{\Delta Q_{\min}}{4,5}$$

може да се работи с еднократно контактуване. В противен случай, за повишаване на точността, при всеки цикъл се провеждат повече от една серия измервания, при различни нива на точността. Броят на сериите (k) се спазва при всеки цикъл и се определя по формулата

$$k \approx \frac{16}{n} \left(\frac{m_o}{\Delta Q_{\min}} \right)^2$$

където

n - броят на контактуванията при всяка серия

ΔQ_{\min} - стойност на минималната вертикална деформация, указана в заданието.

Приложение 4.7

ПРОГРАМА ЗА ИЗМЕРВАНЕ И ИЗЧИСЛЕНИЕ ПРИ ХИДРОСТАТИЧНАТА НИВЕЛАЦИЯ

а) Цялата система се привежда в работно състояние: монтират се измерителните съдове към реперите в съответствие с въведената номерация;

б) Нивелира се между изходния репер на системата с репери от изходната мрежа на геометричната нивелация;

в) Налива се необходимото количество филтрирана течност до достигане на желаното ниво, наблюдавано в съда на изходния репер;

г) Проверява се цялата система за наличие на въздушни мехури и се прави обезвъздушаване. Едновременно с това се оглеждат тръбите и местата на свързване, отчитат се началните показания на термометрите при всички съдове с точност до $0,5^{\circ}$ и се записват в карнета. Проверява се и свързването на тръбите за въздух.

д) Отчитането на нивото на течността в измерителните съдове (контактуване с измерителния щифт и извършване на отчета) се прави при напълно успокоено ниво. Това се установява чрез контактуване и съответно отчитане неколкократно и последователно. Разликата между най-големия и най-малкия отчети

$$\Delta_{\text{доп}} \leq 4m_0$$

като m_0 е изчислено по формула в [приложение 4.6](#);

е) Измерването с отчети по съда на изходния репер да започва при успокоено ниво на течността. Правят се предписания брой контактувания (желателно е не по-малко от три), с точност 0,002 mm. Разликата между най-голямата и най-малката стойност $\Delta_{\text{доп}} \leq 4m_0$.

В противен случай се правят допълнителни контактувания и отчети. Записва се и показанието на термометъра. Препоръчват се устройствата за електроконтактуване със звуков сигнал;

ж) Извършват се измерванията и при останалите съдове в последователността на свързването им в системата;

з) Накрая се прави повторно измерване на съда, поставен на изходния репер.

Изчисляват се осреднените стойности от първото и второто измерване. Ако разликата между тях е по-голяма от

$$\Delta' = \frac{4}{\sqrt{n}} m_0$$

(при n броя на контактуванията, а m_0 от приложение 4.6.) следва да се разпредели с обратен знак върху средните стойности на отчетите за всеки измерителен съд, пропорционално на употребеното време.

и) Ако по проект се предвижда провеждането на повече от една серия измервания, понижава се нивото чрез намаляване количеството на течността и при успокоено ниво в указания порядък се провежда следващата серия;

к) След приключване на измерванията, още на място се изчислява карнета (приложение 4.8.)

Изчисляват се превишенията между изходния репер и всеки от контролираните реperi, поотделно за всяка серия.

Ако разликата между най-голямата и най-малката стойности на идентични превишения, получени от различни серии, не надвишава стойността

$$\Delta_{\text{доп.}}^k = 5,6 \frac{m_0}{\sqrt{nk}}$$

(при n - брой на контактуванията и k - брой на сериите) изчислява се чрез средното аритметично предварително изравнената стойност на всяко превишение. При неизпълнение на горното условие се правят допълнителни измервания.

л) Консервиране на измерителната система се извършва, когато всички резултати са под указаните допустими стойности;

м) Прави се повторно нивелачна връзка на изходния репер на хидростатичната нивелация и опорната мрежа.

н) При провеждане на измерванията добри резултати се получават, когато при всеки съд има наблюдател и отчетите при всички съдове се правят едновременно.

о) Особено внимание се обръща на началното (нулево) нивелиране на реперите. Препоръчва се то да се прави трикратно, съгласно указания вече начин, с интервал между измерванията от няколко часа (без да се изпразва течността от системата). За окончателна стойност на превишенията се взема средното аритметично, ако разликата между най-малката и най-голямата стойност за всяко от превишенията не надвишава

$$\Delta_{\text{доп.}}^k = 3,3 \frac{m_0}{\sqrt{nk}}$$

п) Изчислението на стойностите на настъпилите вертикални деформации се извършва и контролира по указания начин.

Всички изчисления се правят от второ лице и се съхраняват в общата документация по изследване деформациите на обекта.

р) Оценка на точността на получените резултати от извършената хидростатична нивелация за съответен цикъл на измерване се прави чрез изчисление на ср. кв. грешка m_h на измерено превишение и на M - ср. кв. грешка на средната стойност на превишение между контролиран и изходния репер, получени от k серии, като във всяка серия са включени q репера (или $q - 1$ независими превишения). За целта се ползват формулите на проф. Красовски:

$$m_{h,k} = \pm \sqrt{\frac{\frac{\sum_{i=1}^k [v'v'] - \frac{\sum_{i=1}^k [v']^2}{q}}{1}}{(q-1)(k-1)}}$$

$$M = \frac{m_k}{\sqrt{k}}$$

при

$v'_i = h_i^{\Phi} - h_i$ - поправки, изчислени за всяко превишение от всяка серия

$$\sum_1^k [v'v'] = [v'v']_1 + \dots + [v'v']_k$$

$$\sum_1^k [v']^2 = [v']_1^2 + \dots + [v']_k^2$$

Приложение 4.8

КАРНЕТ за хидростатична нивелация

Обект				Дата				Измерването започнато завършено				Наблюдател			
№ на репер	№ на измерителния съд	Температура на течността при		Отчети (в mm)				Превишения спрямо репер №				Изместване на репер № ... Δ	Окончателна стойност на деформацията $Q_i = Q'_i + \Delta$	Забележка	
		започване	завършване	I	II	III	O_i^{Φ}	h_i	h_i^{Φ}	От началното измерване h_i^0	Стойност на вертикалната деформация $Q'_i = h_i^{\Phi} - h_i^0$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Проверка на изчислението															
$[8] = \frac{1}{3} \{ [5] + [6] + [7] \}$				$[10] = \frac{1}{K} [9]$				n - брой на реперите		Бележки по измерването			Изчислил		
$[9] = [7] - n \cdot O_{\text{ин}}$				$[12] = [10] - [11]$				K - брой на сериите в цикъла					Проверил		
$[14] = [12] + n\Delta$															

Приложение 5.1

ИЗМЕРВАНЕ НА ЗЕНИТНИТЕ ЪГЛИ И ВИСОЧИНИТЕ НА ИНСТРУМЕНТИТЕ И СИГНАЛИТЕ

Измерванията на зенитните ъгли при двете положения на тръбата представлява един гирус. Редът на измерване е: I положение - горна, средна, долна нишка; II положение - долна, средна, горна (нишките са означени така както се виждат в зрителното поле, независимо от положението на тръбата). При необходимост могат да се направят повече гируси (г).

Средната стойност на зенитния ъгъл се определя по формулата:

$$Z_{\text{ф.}} = \frac{\sum_1^r Z' + 3r \cdot 400 - \sum_1^r Z''}{6r}$$

където:

Z' - отчет при първо положение

Z'' - отчет при второ положение

Точното измерване на височината на теодолита (електронен тахиметър, сигнал) поставен на стълб за наблюдение се осъществява като на репера на стълба се поставя инварна лата. Наблизо се застáva с прецизен нивелир така, че клинообразната нишка с хоризонтирането на нивелира да бъде близо до червената точка, маркираща центъра на хоризонталната ос на нивелира или центъра (отвора) на сигнала.

Правят се отчети по барабана на микрометъра (a_b) и при неизменен хоризонт на нивелира по латата (a_l). Височината I се определя по $2.I = a_l - a_b$.

Когато теодолитът (сигналът, електронният тахиметър) е поставен на тринога, се използва помощен клин, забит в близост до репера. Измерването се извършва преди установяване на триногата на репера или след измерване на зенитните ъгли.

Правят се следните отчети по реда на извършването им:

а) първи случай - a'_l по латата поставена на репера; a'_k по латата поставена на клина; a''_b по барабана при нишка поставена точно на червената точка на теодолита (отвора на сигнала, електронния тахиметър); a''_k по латата на клина. S' и S'' са означени съответно първият и вторият хоризонт на нивелира.

б) втори случай - a_b , a_k и a_l

Височините се определят по

а) $2.I = a'_l - a'_k + a''_k - a''_b$

б) $2.I = 2a_k - a_b - a_l$

Приложение 5.2

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПРАВИЯ И ОБРАТНИЯ ОТВЕС

1. Тежестта на отвеса се окачва на стоманена жица с диаметър d , изчислен по формула

$$d \leq \frac{W^2 L}{38 \sigma \delta_{\text{доп.}}}$$

където

W - е скоростта на напречните въздушни течения в m/sec

L - дължината на отвеса в m (от точката на окачване до координетъра)

$\delta_{\text{доп.}}$ - допустимото изместване на жицата на отвеса от напречните въздушни течения (задава се предварително) в mm

σ - критичната сила на опъване в kg/mm^2 (трябва $\sigma > 150 \text{ kg/mm}^2$)

2. Диаметърът на тръбата, в която ще бъде поставен правият отвес, не трябва да бъде по-малък от стойността, изчислена по формулата

$$d_1 > 2 \left(\left| \frac{L \varepsilon_{\text{max}}}{\rho} \right| + |\Delta Q_{\text{max}}| \right)$$

където

L - е дължината на отвеса

ε_{max} - ъгловата стойност на грешката, с която тръбата да се поставя в отвесно положение

ΔQ_{max} - максималната стойност на очакваната деформация

3. Тежестта на отвеса се определя по формулата

$$P = (0,52 \sigma d^2) \text{kg}$$

като σ се изразява в kg/mm^2 , а d - в mm

Тежестта трябва да бъде потопена във вана с течност (масло).

4. Координетърът трябва да има милиметрови скали с обхват 15-20 cm, приспособления за отчитане с точност 0,1 - 0,01 mm и устройство за фиксиране на положението на струната.

5. Определянето на силата на опъване P на жицата при обратния поплавков отвес се извършва по формулата

$$P = P_1 - P_2 - P_3 = (0,52\sigma d^2) \text{kg}$$

където P_1 - е подемната сила на поплавъка, зависеща от обема му.

При либелния отвес P_1 е силата на опъване на жицата, отчитана по специален динамометър към натягащото устройство.

P_2 - собствено тегло на поплавъка

P_3 - тегло на жицата.

Значенията на σ и d са същите както в т. 3 на това приложение.

6. Либелите, чрез които жицата на обратния либелен отвес се привежда в отвесно положение имат ъглова стойност на едно либелно деление

$$t \leq 3,5 \frac{q_r}{l} \rho$$

където

q_r - е чувствителността на отвеса

l - дължината на жицата на отвеса

За да се повиши чувствителността на отвеса, либелите трябва да бъдат контактни.

Преди започване на всеки цикъл от измерване на либелите на обратния отвес старателно се проверяват и поправят. За тази цел те са поставени на въртящ се диск към натягащото устройство.

Приложение 5.3

ПРОГРАМА ЗА НАБЛЮДЕНИЕ НА ПРАВИТЕ И ОБРАТНИТЕ ОТВЕСИ

1. След като отвесът се окачи в съответната контролна точка се проверява дали жицата на отвеса не опира в някоя точка на съоръжението. За тази цел от горния му край по жицата се пускат малки метални гривнички.

Координатният се подготвя за отчитане (маха се капакът, зачистват се скалите му, включва се електрозахранването на системата за фиксиране на положението на струната по контактен начин и се проверява работата му и др.).

Отвесът се извежда многократно (n пъти) от равновесно положение и след неговото установяване се правят отчети по двете скали x_{ijk} и y_{ijk} на координатметъра.

Извършеното до тук представлява една серия. За да се повиши точността, могат да се направят N на брой серии, като между отделните серии трябва да има интервал от няколко часа.

2. Изчислява се средноаритметичното от отчетите във всяка серия по формулите

$$x_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{ijk} ; y_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

Изчислява се средноаритметичното от всички серии по формулите

$$x_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} ; y_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_{ij}$$

където

i - е номерът на съответната контролна точка

k - номерът на повторението във всяка серия

j - номерът на серията.

Изчисляват се преместванията на наблюдаваната точка по посока на координатните оси

$$\Delta x_i^{jk} = x_i^k - x_i^j ; \Delta y_i^{jk} = y_i^k - y_i^j$$

и чрез тях и общото преместване.

$$\Delta Q_i^{jk} = \sqrt{(\Delta x_i^{jk})^2 + (\Delta y_i^{jk})^2}$$

където I и j имат същия смисъл.

3. Средната квадратна грешка на преместването $Q_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2}$ при измерването му в N серия с по n повторения се определя по формулата

$$m_Q^2 = m_{\text{из.}}^2 + m_{\text{тех.}}^2 + \frac{1}{N} m_{\text{теч.}}^2 + \frac{1}{nN} (m_{\text{виз.}}^2 + m_{\text{тр.}}^2 + 2m_{\text{от.}})$$

където

$m_{\text{из.}}$ - е ср. кв. грешка в положението на точката, в която е поставен координатметърът

$m_{\text{теч.}}$ - грешката от въздушните течения

$m_{\text{тем.}}$ - грешката от промяна на положението на точката на окачване на жицата на отвеса вследствие температурните колебания на съоръжението

$m_{\text{виб.}}$ - грешка от люлеенето на отвеса, предизвикано от вибрациите на съоръжението

$m_{\text{тр.}}$ - грешка от собственото трептене на жицата на отвеса

$m_{\text{от.}}$ - грешка при отчитането - 0,2 от директната точност на отчитане

Стойностите на $m_{\text{из.}}$, $m_{\text{тем.}}$, $m_{\text{виб.}}$ и $m_{\text{тр.}}$ се определят или чрез специални изследвания, или се вземат от литературата (за сходни условия на измерване).

Грешката от въздушните течения се определя по формулата

$$m_{\text{теч.}} = \frac{\omega^2 d}{16p} \left(\frac{D_1}{D} \right)^2$$

където D е общата дължина на отвеса, а D_1 - частта от него, върху която действа въздушното течение.

4. Допустимата разлика Δl между най-големия и най-малкия отчет във всяка серия (за x и y) се определя по формулата $\Delta l = 4Z_i$

$$Z_i = \sqrt{\frac{m_{\text{виб.}}^2 + m_{\text{тр.}}^2 + 2m_{\text{от.}}^2}{2}}$$

5. Допустимата разлика между най-голямата и най-малката осреднена стойност за x и y от отделните серии се определя по формулата:

$$\Delta_{\text{доп.}} = \frac{4}{\sqrt{n_i}} Z_i$$

6. Редът, по който се извършва измерването с обратния отвес, е следният:

В зависимост от конструкцията на обратния отвес (поплавъков или либелен, със стационарни или подвижни координетри), той се привежда в готовност за извършване на измерване съгласно указанията в проспекта му.

Проверява се дали жицата не допира до съоръжението.

Последователно поплавъковият отвес се извежда от равновесно положение n пъти и след успокояването му се правят n отчета по двете скали на координетъра му -

q_{ijk}^x и q_{ijk}^y . Извършените действия са една серия. Измерванията се извършват в N серии по различно време.

С обратния либелен отвес измерванията се извършват по същия начин, като при

$$\frac{400}{n}$$
 всяко повторение дискът с либелите се завърта на n .

7. Ако скалите на координатора на обратния отвес са перпендикулярни, направените отчети q_{ijk}^x и q_{ijk}^y съвпадат с изместването на съответната точка в посока на координатните оси x_{ijk} - y_{ijk} . Ако скалите не са перпендикулярни, изместванията по координатните оси се получават чрез изчисление по формули, дадени в проспекта на всеки обратен отвес. Преместванията се определят както при правия отвес.

8. Преместванията на редица точки, намиращи се на различни нива, но близо до жицата на обратния отвес (в рамките на обхвата на скалите на координетъра) се определят като във всяка контролирана точка се поставя на предварително подготвено място подвижен координетър (той може да бъде монтиран и неподвижно), по скалите на който се отчитат изместванията на съответната точка.

9. Средната квадратна грешка на изместването $Q_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2}$ при измерването му в N серии по n повторения се определя по формулата

$$m_G^2 = m_{\text{изб.}}^2 + m_{\text{гр.}}^2 + \frac{m_{\text{тем.}}^2}{N} + \frac{1}{Nn} (m_{\text{изб.}}^2 + m_{\text{гр.}}^2 + m_{\gamma}^2 + 2m_{\text{от.}}^2)$$

където m_{γ} е чувствителността на съответния обратен отвес (0,05 - 0,1 mm).

Останалите аргументи имат същото значение както във формулата от точка 3 на това приложение.

10. При определяне на хоризонтални деформации чрез обратни отвеси трябва да се спазват допустимите отклонения както при правия отвес, като тук

$$Z_i = \sqrt{\frac{m_{\text{изб.}}^2 + m_{\text{гр.}}^2 + m_{\gamma}^2 + 2m_{\text{от.}}^2}{2}}$$

Приложение 6.1

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРЕМЕСТВАНИЯТА И СРЕДНИТЕ ИМ ГРЕШКИ

1. При измерена в отделните моменти величина $[l_1, l_2, \dots, l_n] = l$ (където l е измерен вектор) при изравнение след всеки момент се определят преместването по координатните оси

$$\delta x_i = x'_i - x_i, \quad \delta y_i = y'_i - y_i, \quad \delta z_i = z'_i - z_i$$

и точността им по известните в изравнението формули ($i = 1, 2, 3 \dots k$)

2. При изравнение на разликите $\Delta l = l' - l$ от изравнението директно се получават координатните премествания $\delta x_i, \delta y_i, \delta z_i$ на точка i ($i = 1, 2, 3 \dots k$).

Средните грешки за единица тежест са:

$$\mu_k = \sqrt{\frac{\delta v^* Q_{\delta l}^{-1} \delta v}{n - u}}$$

$$\mu_p = \sqrt{\frac{\delta v^* P^{-1} \delta v}{n - u}}$$

$$\mu_l = \sqrt{\frac{[v'v'] + [vv]}{n - u}}$$

съответно за корелирани измервания, измервания с различна и еднаква тежест, където δv е матрица вектор колона на разликите в измерванията. $Q_{\delta l}$ – корелационна матрица

на измерванията, P – тежестна матрица, $\frac{1}{P_{\delta l}} = \frac{1}{P'} + \frac{1}{P}$ - тежест на отделните разлики в измерванията с тежести, P' и P ; v_i – поправка към отделното измерване.

Средни грешки на преместванията

$$m_{\delta x_i} = \mu \sqrt{q_{ii}}; \quad m_{\delta x_i} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}}$$

където q_{ii} са елементи на корелационната матрица на неизвестните.

3. Определяне на векторите на преместване d_i , посоката и точността им се извършва по

- големина на вектор

$$d_i = \sqrt{\delta x_i^2 + \delta y_i^2}$$

- посока на преместване

$$\theta = \arctg \frac{\delta y_i}{\delta x_i}$$

- тежест на преместване

$$\frac{1}{P_{d_i}} = f^* Q_{\delta x} f$$

където:

$\delta x_i, \delta y_i$ – са координатните премествания, получени от изравнението

$f = [f_{\delta x} f_{\delta y}]$ - матрица вектор колона на частните производни на функцията

$$f_{\delta x} = \frac{\delta x_i}{\sqrt{\delta x_i^2 + \delta y_i^2}} = \frac{\delta x_i}{d_i}, \quad f_{\delta y} = \frac{\delta y_i}{d_i}$$

$Q_{\delta x} = \begin{bmatrix} q_{\delta x \delta x} & q_{\delta x \delta y} \\ q_{\delta y \delta x} & q_{\delta y \delta y} \end{bmatrix}$ - корелационна матрица на неизвестните премествания

q_{ij} – тежестни коефициенти, определени от изравнението

4. Средната грешка на преместването се определя строго по

$$\mu_d^2 = \mu^2 [\cos^2 \theta q_{\delta x \delta x} + \sin^2 \theta q_{\delta y \delta y} + 2 \sin \theta \cos \theta q_{\delta x \delta y}]$$

5. Полуосите на елипсата на грешките и посоката на голямата полуос се определят по

$$\mu_{\text{max}} = \mu^2 \frac{q_{\delta x \delta x} + q_{\delta y \delta y} \pm \sqrt{(q_{\delta x \delta x} - q_{\delta y \delta y})^2 + 4q_{\delta x \delta y}^2}}{2}$$

$$\operatorname{tg} 2\theta = \frac{2q_{\delta x \delta y}}{q_{\delta x \delta x} - q_{\delta y \delta y}}$$

Приложение 6.2

АНАЛИЗ НА СТАБИЛНОСТТА И НА ПРЕМЕСТВАНИЯТА НА ТОЧКИТЕ

1. Проверката на стабилността на отделната станция и определянето на преместванията ѝ се извършва въз основа на разликите (δr) между измерените в отделните моменти посоки k_i спрямо начално измерените r_i , техните средни грешки $\mu_{\delta r}$ и $m_{\delta r}$. Определянето на $\mu_{\delta r}$ и $m_{\delta r}$ става по формулите:

$$\mu_{\delta r} = \sqrt{\frac{[\delta \delta]}{(s-1) \left(\frac{1}{k'} + \frac{1}{k} \right)}}$$

$$m_{\delta r} = \sqrt{\frac{k(k-1)[v'v'] + k'(k-1)[vv]}{kk'(k-1)(k-1)(s-1)}}$$

където:

$m_{\delta r}$ – е средна грешка, определена от отклонението на измерените посоки от средното аритметично за двата момента

$\mu_{\delta r}$ – е средна грешка, определена от разликите в измерените посоки в двата момента

v, v' – са поправка към посоките в отделните гируси за началния и някой следващ момент на измерване; s – брой на визираните точки, k, k' – брой на гирусите в двата момента

$$v = v^p - \frac{[v^p]}{s}; v^p = r \text{ (общо средно)} - r \text{ (ред. ср.)}$$

съответно и за v'

$$\delta_i = \delta r_j - Z_i, \quad Z_i = \frac{[P_{\delta r} \delta r]}{[P_{\delta r}]}$$

$P_{\delta r}$ – тежест на разликата δr

2. Проверката дали станцията е неизменна се извършва чрез проверка на статистическата хипотеза. За целта може да се използва критерия

$$\frac{\mu_{\delta r}^2}{m_{\delta r}^2} = \tau_{\alpha \beta}$$

в който $\tau_{\alpha \beta}$ е гранична стойност на Фишерово разпределение, а “а” и “в” са съответните степени на свобода брой на $\mu_{\delta r}$ и $m_{\delta r}$. $\tau_{\alpha \beta}$ се вземат от съответните статистически

таблици, в които се влиза с а, в, α . (Таблица 6.2.1) Когато $\frac{\mu_{\delta r}^2}{m_{\delta r}^2} > \tau_{\alpha \beta}$ хипотезата се отхвърля.

3. Станцията може да се счита за стабилна, ако отношението на максималната разлика δr_{\max} в посоките към средната грешка на разликите $m_{\delta r}$ е по-малка от τ_{α} .

$$\frac{\delta r_{\max}}{m_{\delta r}} \leq \tau_{\alpha}$$

където τ_{α} е гранична стойност в нормалното разпределение и се взема от статистически таблици за разпределение на максималния член, в който се влиза с вероятност $\alpha = 5\%$ и степени на свобода $n - 1$ (n – брой на точките към които се визира).

4. Опростено може да се приеме, че ако отношението е по-голямо от 1 станцията се е изменила. Като по-строг критерий може да се използва и следният: станцията е стабилна, ако

$$\mu_{\delta r} < m_{\delta r}$$

Когато

$$\mu_{\delta r} > m_{\delta r}$$

станцията или някоя от точките за ориентиране се е изменила.

5. Редът на работа при идентифициране на стабилните точки е следния: приемат се две точки за изходни. Целесъобразно е те да са разположени и на най-стабилната част от терена, да са максимално отдалечени една от друга и по възможност по-далече от изследвания обект.

Пример 6.2.1.

В двата момента на измерване е визирано към $n = 6$ посоки и са получени средни грешки на измерена посока, както следва:

$$m_r = 4,14^{cc} \quad m_{\delta r} = 5,64$$

$$m_{r'} = 3,84 \quad \mu_{\delta r'} = 3,30$$

$$\frac{\mu_{\delta r}^2}{m_{\delta r}^2} = \frac{10,89}{31,81} = 0,34$$

Степените на свобода са: $a = n - 1 = 5$ и

$$b = n - 1 + n - 1 = 10$$

При $\alpha = 5\%$

$$\tau_{5,5,10} = 4,74$$

В случая

$$\frac{\mu_{\delta r}^2}{m_{\delta r}^2} < \tau_{\alpha, a, b}$$

Следователно станцията може да се счита за стабилна.

Пример 6.2.2.

Визирано е към $n = 7$ посоки

при $\delta r = 15,60$, $m_{\delta r} = 5,64$ и

при $\alpha = 5\%$, т.е. $P = 95\%$ от таблицата се взема

$\tau_{pn} = 2,386$

$$\frac{\delta r}{m_{\delta r}} = \frac{15,60}{5,64} = 2,77$$

или

$$\frac{\delta r}{m_{\delta r}} > \tau_{pn}$$

Следователно станцията се е изменила.

6. Преместванията на тези точки се приемат за нули в уравненията на наблюденията. Съставят се и се решават нормалните уравнения, в резултат на което се получават компонентите на преместванията на останалите $n - 2$ точки от мрежата, средната грешка за единица тежест и на търсените премествания.

7. Ако приетите за база две точки са запазили действително своето първоначално положение, изчислените премествания на останалите точки, които не са променили първоначалното си положение, трябва да се получат равни на нула или да се отдалечават от нея само в границите на влиянието на случайните грешки.

8. При положение, че една или двете точки от изходната база са се преместили между двата момента на наблюдение, за стабилните точки от мрежата ще се получат премествания отлични от нула, която както и преместванията на останалите нестабилни точки, ще съдържат влиянието на завъртането, преместването и изменението на дължината на приетата страна за база.

9. Приемат се последователно за неизменни бази отделните триангулационни страни, респективно нивелачни репери или всички комбинации между триангулационните точки (по двойки) – нивелачните репери и последователно се извършва изравнение на мрежата.

10. Получените премествания и средните им грешки на отделните точки се разглеждат като статистически редове. Отбелязаното в точка 6 свойство ще се използва тук като се изследва разпределението на максималния член на статистическия ред, т.е. отклонението на максималния член от нула. За целта се проверява критерия представляващ отношение на максималния член δx_{\max} към средната му грешка $m_{\delta x}$ дали е по-голямо или равно на граничната стойност $\tau_{\alpha q}$ на разпределението на максималния член, т.е. проверява се нулевата хипотеза.

$$P(\delta x_{\max} \geq \tau_{\alpha q} m_{\delta x} / H_0) = \alpha$$

При вероятност $\alpha = 5\%$ и q равно на броя на определените премествания на дадена точка (равна на броя на приетите бази, от които са определени) се получава $\tau_{\alpha q}$ от

статистическите таблици за разпределение на максималния член дадени в книгите по статистика ([таблица 6.2.2](#)).

11. Ако хипотезата се потвърди, т.е. δx_{\max} е по-малко от $\tau_{\alpha q} m_{\delta x}$ се приеме, че в разглежданата точка и приетата база не са настъпили изменения, т.е. те са стабилни. Ако се отхвърли, това означава, че има настъпило преместване и се проверява за следващия по големина член от реда.

12. Точките, при които нулевата хипотеза се приема за двата реда δx δy заедно с точките, приети за база на съответното изравнение, могат да се считат за стабилни, а преместванията на останалите точки определени при това изравнение за действителни.

13. За изследване на преместванията на точките от изследвания обект се дефинира нулева хипотеза

$$P(\delta x_{\max} \geq \tau_{\alpha n} m_{\delta x} / H_0) = \alpha$$

което означава, че вероятността (при нормални условия на измерване и липса на преместване) да се появят премествания δx_{\max} които да са по-големи от произведението на граничната стойност $\tau_{\alpha w-1}$ или $\tau_{\alpha n}$ на разпределение със средна квадратна грешка в определяне на преместванията при дадени условия (степен на свобода $w - 1$ и ниво на значимост α) е много малка (напр. 5%). При положение, че такова отклонение се появи, това означава, че в точките и изследвания обект са настъпили деформации и нулевата хипотеза следва да се отхвърли. Стойността на $\tau_{\alpha n}$ и $\tau_{\alpha w-1}$ да се определят от статистически таблици ([таблица 6.2.2](#)) за разпределение в случая на максималния член, с който се влиза в броя на преместванията (напр. по ос X за дадена точка и нивото на значимост α равно обикновено на 5% или $p - \alpha = 95\%$).

14. Когато се изследват едновременно преместванията на всички n точки от изследвания обект, получени от изравнението на разликите на наблюденията, преместванията образуват статистически ред. Хипотезата при отхвърлянето ѝ за максималния член се проверява последователно за всички премествания (точки) от реда (изследвания обект). По този начин се установяват точките, които са останали стабилни и тези, които са се преместили.

15. Редът на работа при установяване на стабилните репери е следният:

Приемат се последователно за изходни началните коти на отделните репери и чрез изравнените превишения в дадения цикъл (W) се определят котите на останалите репери.

Образуват се последователно разликите ΔH_i между така определените коти H_i^W и котите H_i^0 определени при изходното (първоначалното) измерване.

$$\Delta H_i = H_i^0 - H_i^W$$

Проверява се нулевата хипотеза

$$P(\Delta H_i > \tau_{\alpha} m_{\delta H} / H_0) = \alpha$$

т.е. възможността (при нормални условия) да се появят разлики ΔH които да са по-големи от произведението на граничната стойност на нормалното разпределение τ_α с дадената квадратна грешка в определянето на превишенията при дадените условия (степен на свобода и ниво на значимост α (напр. 5%) е много малка.

Репери, за които разликите ΔH_i са по-малки от произведението $\tau_\alpha m_{\delta h}$ се приемат за стабилни заедно с изходните при съответното изчисление (цикъл).

Стойността на $m_{\delta h}$ се изчислява по

$$m_{\delta h} = \pm \mu_k \sqrt{20} \quad \text{или} \quad m_{\delta h} = \mu_{cm} \sqrt{2n}$$

където:

μ_k – е средната грешка на километър двойно пронивелирано разстояние, равна за нивелация I клас на 0,4 mm и за нивелация II клас – 0,8 mm

$\mu_{cm} = 0,06 - 0,15$ (средно 0,10 mm за нивелация I кл.) ср. кв. грешка на една станция при разстояние на визиране около 20 m

D – разстояние между реперите в km

n – брой на станциите до проверявания репер

$\tau_\alpha = 1,96$ при ниво на значимост $\alpha = 5\%$. за други нива α да се използват съответни статистически таблици.

Приложение 6.3

ДОПЪЛНИТЕЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРЕМЕСТВАНИЯТА

1. Скоростта V на преместванията на координатните оси за интервала от време Δt между две измервания се определя по

$$V_x = \frac{\delta x}{\Delta t}; \quad V_y = \frac{\delta y}{\Delta t}; \quad V_z = \frac{\delta z}{\Delta t}$$

съответно в равнината и пространството по

$$V_d = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{и} \quad V_l = \frac{l}{\Delta t}$$

d и l са съответно равнинния и пространствен вектор на преместване.

2. Установяването на абсолютното удължаване или скъсяване ΔD и относителното изменение $\frac{\Delta D}{D}$ на разстоянието D (по права) между два репера 1 и 2 се определя по

$$\Delta D = D'_{12} - D_{12}$$

където D'_{12} е измерване в даден момент, а D_{12} е начален момент.

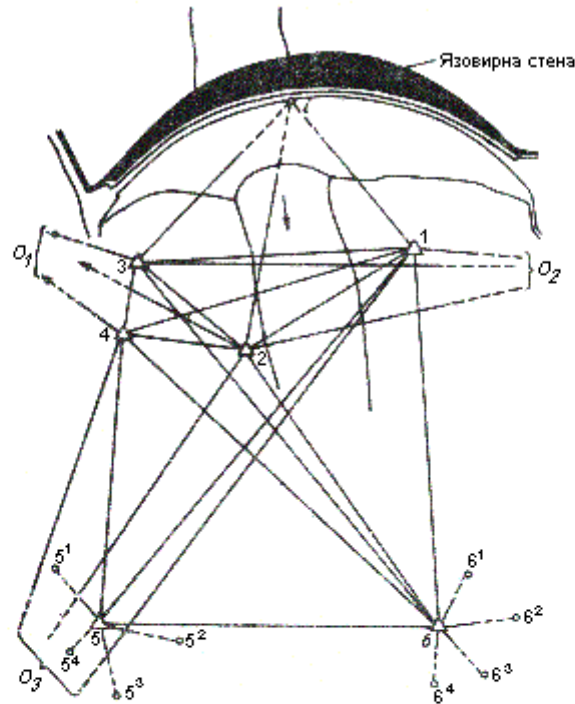
3. Установяването на изменението на средните ъгли γ (наклона) на участъка между два репера става по

$$\Delta\gamma_{12} = \arctg \frac{\delta z'_{12}}{d} - \arctg \frac{\delta z_{12}}{d}$$

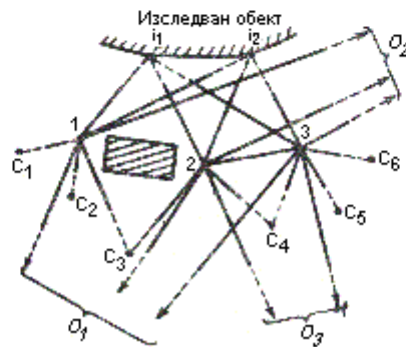
където $\delta z'_{12}$ и δz_{12} са съответно преместванията по ос Z в дадения и началния момент на наблюдение.

Приложение 7.1

СХЕМИ НА ОПОРНИ МРЕЖИ ЗА ХОРИЗОНТАЛНИ ИЗМЕРВАНИЯ

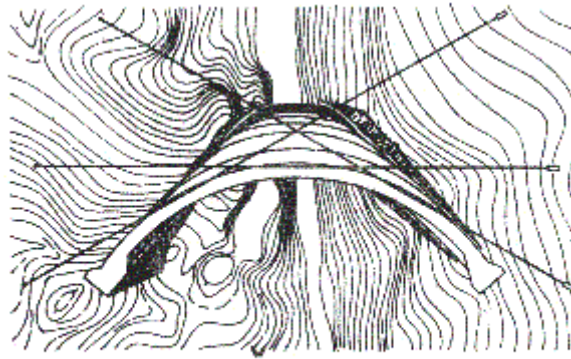


Гълна триангулацияна мрежа



Нетълна мрежа

Приложение 7.2.1



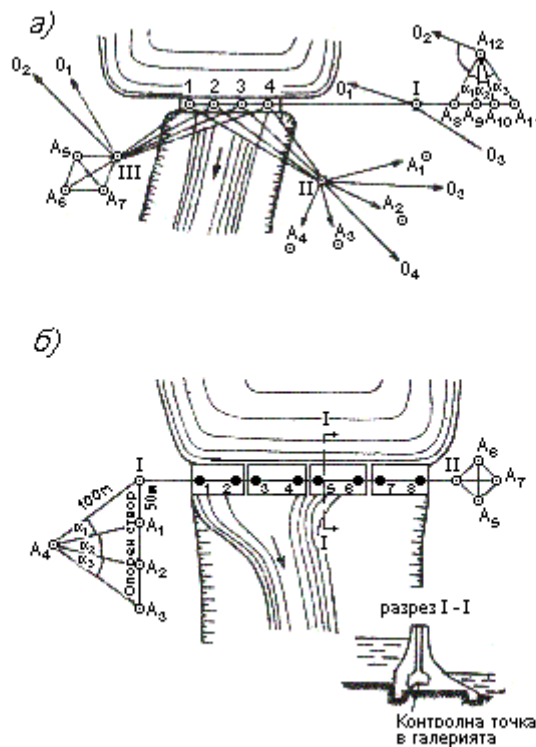
Створове при дъгови язовирни стени

Приложение 7.2.2



Створове при прави язовирни стени

Приложение 7.2.3



Схеми за разположение на изходните и контролните точки

Приложение 7.3

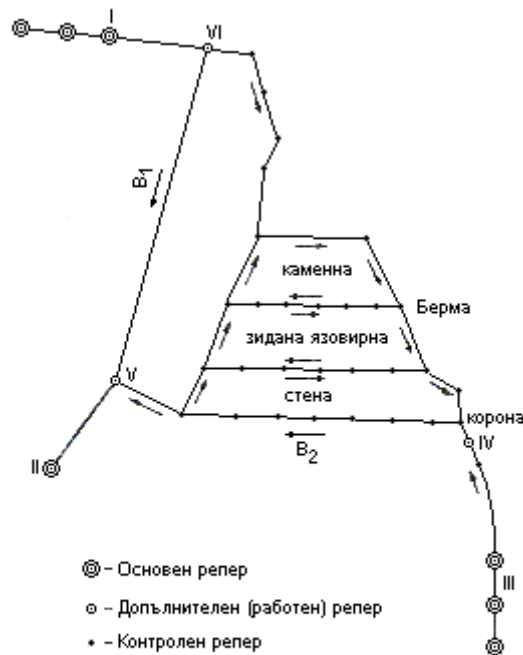


Схема на нивелачна мрежа

Приложение 7.4

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НЕЕДНАКВИТЕ СЛЯГАНИЯ И НАКЛОНЯВАНЕТО

Нееднаквите слягания (δh) на срещуположните нивелачни репери 1 и 2 от основата на обекта (фиг. 7. 4) се определят като разлики между сляганията dh на отделните репери по формулата

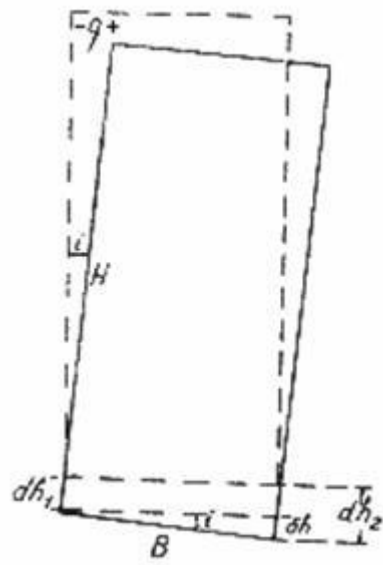
$$\delta h = dh_1 - dh_2$$

Ъгълът на наклоняването на коравия фундамент и отклонението на върха на обекта спрямо основата му се определя по формулите

$$tgi = \frac{\delta h}{B}$$

$$q = tgiH$$

където B е разстоянието (ширината или диаметърът на основата на кръглия фундамент) между срещуположните репери, H е височината, а q – наклоняването в линейна мярка.



Фиг. 7.4.

Таблица 6.2.1Стойности на 5% и значения на величината τ в зависимост от степените на свобода a , b

		а – степен на свобода на голямата дисперсия											
		1	2	3	4	6	8	10	12	16	20	30	40
в – степен на свобода на малката дисперсия	1	161	200	216	225	234	239	242	244	246	248	250	251
	2	18,5 1	19,0 0	19,2 5	19,3 3	19,3 7	19,3 9	19,4 1	19,4 3	19,4 4	19,4 6	19,4 7	19,4 7
	3	10,1 3	9,55	9,28	9,12	8,94	8,84	8,78	8,74	8,69	8,66	8,62	8,60
	4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,16	6,04	5,96	5,91	5,84	5,80	5,74	5,71
	5	6,61	5,79	5,41	5,19	4,95	4,82	4,74	4,68	4,60	4,56	4,50	4,46
	6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,28	4,15	4,06	4,00	3,92	3,87	3,81	3,77
	7	5,59	4,74	4,12	3,87	3,73	3,63	3,57	3,49	3,44	3,38	3,34	3,32
	8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,58	3,44	3,31	3,28	3,20	3,15	3,08	3,05
	10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,22	3,07	2,97	2,91	2,82	2,77	2,70	2,67
	12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,00	2,85	2,76	2,69	2,60	2,54	2,46	2,42
	14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,85	2,70	2,60	2,53	2,44	2,39	2,31	2,27
	16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,74	2,59	2,49	2,42	2,33	2,28	2,20	2,16
	18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,66	2,51	2,41	2,34	2,25	2,19	2,11	2,07
	20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,60	2,45	2,35	2,28	2,18	2,12	2,04	1,99
	22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,55	2,40	2,30	2,23	2,13	2,07	1,98	1,93
	24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,51	2,36	2,26	2,18	2,09	2,02	1,94	1,89

Таблица 6.2.2

P % гранични стойности на $\tau_{P,n}$ за отклонения на максималния член от центъра на разпределение

n	P					
	90,0	95,0	97,0	98,0	99,0	99,9
1	1,282	1,645	1,881	2,054	2,326	3,090
2	1,632	1,955	2,167	2,325	2,575	3,291
3	1,812	2,120	2,323	2,472	2,712	3,475
4	1,943	2,234	4,428	2,573	2,806	3,486
5	2,037	2,319	2,508	2,650	2,877	3,540
6	2,111	2,386	2,572	2,709	2,935	3,594
7	2,172	2,442	2,625	2,761	2,981	3,647
8	2,223	2,490	2,669	2,804	0,021	3,683
9	2,269	2,531	2,708	2,842	3,054	3,701
10	2,309	2,568	2,744	2,875	3,090	3,719
12	2,376	2,631	2,802	2,933	3,142	3,783
14	2,432	2,682	2,8368	2,981	3,187	3,822
16	2,480	2,721	2,894	3,021	3,226	3,857
18	2,522	2,765	2,930	3,054	3,260	3,857
20	2,559	2,799	2,964	3,087	3,291	3,891
25	2,635	2,871	3,031	3,153	3,353	3,984
30	2,696	2,927	8,084	3,208	3,400	4,076
35	2,748	2,976	3,131	3,249	3,443	4,076
40	2,790	3,014	3,172	3,291	3,486	4,172
50	2,863	3,084	3,235	3,353	3,540	4,172
60	2,920	3,135	3,286	3,400	3,594	4,172
70	2,968	3,183	3,328	3,443	3,617	4,265