

Нивелацията през широки препятствия

Процедурата е пригодена за определяне на превишение през препятствия с ширина до 2 km.

Инструментариум:

Използваните **електронни теодолити** (тотални станции) трябва да отговарят на следните условия:

- да имат автоматичен компенсатор на вертикалния кръг;
- да позволяват работа с включено автоматично компенсиране на наклона по двете оси на теодолита;
- да имат директна точност от 0.1" до 1.0" в зависимост от желанния клас на нивелацията и ширината на препятствието, съгласно таблица 1.

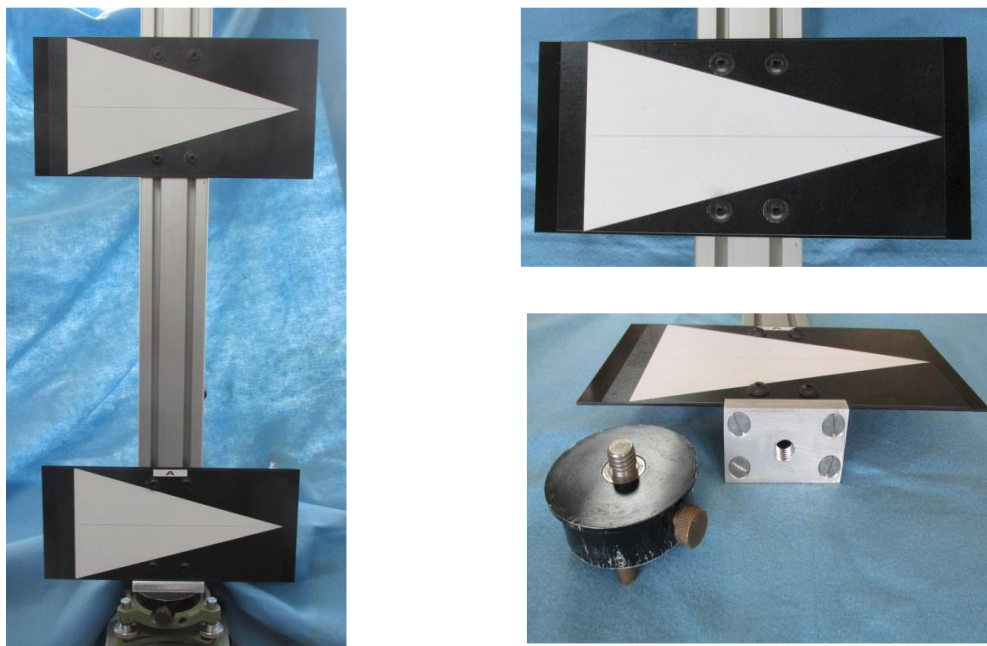
Таблица 1. Изисквания за точността на инструмента в зависимост от класа на нивелацията и ширината на препятствието

Ширина на препятствието [m]	Директна точност на инструмента за нивелация	
	I клас	II клас
100 - 300	0.5"	1.0"
300 - 600	0.5"	0.5"
600 - 1000	0.1"	0.5"
1000 - 1500	0.1"	0.5"
1500 - 2000	0.1"	0.1"

Инструментите трябва да имат валиден сертификат за еталониране, издаден от оторизиран сервис с приложени резултати от еталонирането.

Сигналната конфигурация (сигнал) (фиг. 1 ляво) се състои от вертикална рамка (колона), завършваща в долния си край с носеща плочка, и две марки.

Колоната се изработва от метал с дължина поне 0.80 m. Тя трябва да позволява както преместване (приплъзване) на марките нагоре и надолу, така и здравото им фиксиране, както и монтирането на носещата плочка. Носещата плочка (фиг. 1 дясно долу) е с дебелината и ширината от 2 cm (или по-големи), а дължината ѝ трябва да е с поне 4 cm по-голяма от дължината на напречното сечение на колоната. В средата си, плочката трябва да има стандартен отвор (5/8 – 11 инча) за адаптор, чрез който се осигурява възможност за монтирането на сигнала към триножна глава за поставянето му на тринога или стълб за принудително центриране. В единия преден край на носещата плочка се стабилизира (оставя) малка пъпка (репер), която да спомага за по-прецизно определяне на разстоянието между двете марки и за определяне на височината на сигнала спрямо наземния репер. Марките се изработват от ламаринена планка или здрава пластмаса. Всяка марка се състои от черен правоъгълник с размери 15x30 cm и бял равнобедрен триъгълник с размери 13x25 cm. Всеки връх на триъгълника трябва да е разположен на около 1 cm навътре от ръбовете на черния правоъгълник, за да може да се осигури добър контраст при визиране към марката и да се предотврати неволна повреда на визираната част. Марките се прикрепват към колоната така, че положението им да съответства на фигура 1. След монтирането на двете марки върху колоната, върховете на двата бели триъгълника трябва да са отдалечени на разстояние минимум 0.60 m и максимум 1.00 m. Фиксирането на марките към колоната трябва да е здраво и да не позволява преместването им по време на измерванията.



Фигура 1. Сигнална конфигурация за преминаване през широки водни препятствия

Всеки сигнал трябва да се идентифицира еднозначно, за да се избегне объркване кои сигнали са използвани и в кой момент от коя страна на препятствието са били поставени. За целта може да се използва уникален номер, буква или комбинации от тях, или да се добави цвят. Добре е уникалната идентификация да може да се види през зрителната тръба при измерване към съответния сигнал.

Инструкции за измерване на разстоянието между двете марки на сигнала с дигитален нивелир и баркодова лата

След монтиране на марките върху колоната и фиксирането им, взаимното разположение на мерките, т.е. разстоянието между двата върха на белите им триъгълници, се измерва с точност 0.1 mm. Това разстояние при двата сигнала може да е различно. Измерването на разстоянието се извършва непосредствено преди и след основните измервания през широкото препятствие с цел да се потвърди, че марките не са променили взаимното си положение.

Използва се къса баркодова лата. Тя се поставя върху пъпката на основата на сигнала и се фиксира във вертикално положение с помощта на съответния вид стойка или се укрепва по подходящ начин така, че по време на измерване латата да не променя положението си. Самият сигнал се монтира на тринога с несгъваеми крака или се монтира на стълб за принудително центриране и колоната му се хоризантира/отвесираща прецизно с либелата на триножната глава. Височината му трябва да е удобна за визиране и на двете марки.

При липса на къса лата, се използва стандартната 3-метрова баркодова лата. В този случай тя се поставя възможно най-близо (на разстояние не повече от 1 m) до сигнала и перпендикулярно на планираната посока на визирната линия. Поставя се върху подложка (клин) и се фиксира във вертикално положение с помощта на съответния вид стойка, за да не променя положението си по време на измерване.

Нивелирът се поставя приблизително на 5 m от латата и сигнала. Ако се използва 3-метровата лата, разстоянията между инструмента и латата и инструмента и сигнала трябва да са приблизително равни.

1. Нивелирът се поставя на такава височина, че хоризонталната нишка на нишковия кръст да минава през върха на белия триъгълник на горната марка. За целта първо се нагласяват краката на триногата, а след това за повдигането на визирната ос на инструмента се използват повдигателните винтове на основата на инструмента. Когато нишковият кръст разполови върха на триъгълника, зрителната тръба се завърта и нивелирът се насочва към латата. Прави се отчет. Процедурата се повтаря най-малко 4 пъти. Накрая отчетите по латата се осредняват – получава се осреднен отчет за горната марка.

2. Действията от т. 1 се повтарят до получаване на осреднен отчет за долната марка.

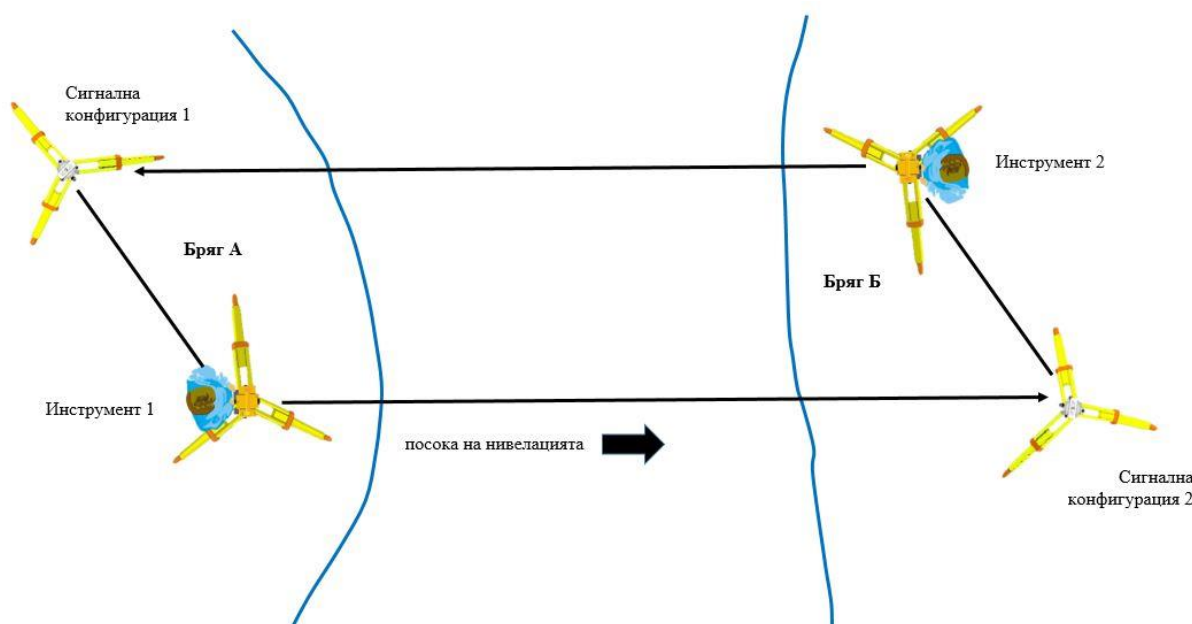
3. Определя се разстоянието между марките, като се изчислява разликата между осреднените отчети за долната и горната марка. Резултатът се записва с точност до $0.00001 \text{ m} = 0.01 \text{ mm}$.

4. Разстоянието между марките се определя втори път, след като латата (с клина) и сигнала (върху несгъваемата тринога) леко се разместват и се повтори процедурата от т. 1 до т. 3 включително. Така полученото разстояние между марките и определеното в т. 3 трябва да се съгласуват с точност 0.0001 m . Ако последното условие е изпълнено, двете разстояния се осредняват, за да се получи окончателното разстояние между марките. Ако условието не е изпълнено, се прави ново определяне (повтарят се т. 1 до 4).

Определяне на превишение през широко препятствие

Общи положения

За определянето на превишението между две точки, намиращи се на различен бряг на широкото препятствие, са необходими два електронни теодолита и два сигнала. Всеки теодолит се разполага директно срещу един от сигналите, като двойката теодолит – сигнал се намират на различен бряг спрямо широкото препятствие. Измерванията между двете двойки инструмент-сигнал трябва да бъдат балансирани на дължина (т.е. разстоянията за всяка двойка станция – сигнал да бъдат по възможност равни) и да се провеждат над подобен терен и при подобни условия на външната среда. Разположението на станциите и сигналите спрямо широкото препятствие е показано на фигура 2.



Фигура 2. Разположение на станциите и сигналите спрямо водното препятствие

Сигналите се поставят върху тринога и се разполагат:

- върху съществуващ геодезически знак, ако той е удобен за това, например на стълб за принудително центриране (в този случай не се използва тринога) или върху точка (репер), които са в близост до трасето на нивелачната линия, която е свързана с преминаването през широкото препятствие, или
- върху временно стабилизирана точка в близост до репер (на разстояние 1-2 станции с нивелир), който да е включен в нивелачната линия, която е свързана с преминаването през широкото препятствие.

Всеки сигнал трябва да е разположен така, че горната му марка да е над, а долната – под хоризонта на инструментите, разположени на двата бряга на широкото препятствие. Двата сигнала трябва да са разположени в еднакви условия на външната среда – например и двата да са изцяло огрени или и двата да са изцяло на сянка. Почвата, върху която се поставят инструментите и сигналите, трябва да е стабилна. Ако препятствието, което трябва да се премине е водно, местата за наблюдение и за поставяне на инструментите и сигнала, разположени на един и същи бряг, да бъдат приблизително в една равнина, която да отстои най-малко на 3 m от водната повърхност. Станциите се избират по-далеч от брега на водното препятствие, ако бреговете са отвесни и по-близо – ако са полегати.

Непосредствено преди измерванията за преминаване през широкото препятствие, на всеки от двата бряга се извършва двоен нивелачен ход (от съответния клас нивелация) за определяне на превишението между най-близкия репер от нивелачната линия и 1) върха на белия триъгълник на долната марка на сигнала, като се използва пъпката в предния край на носещата плочка на сигнала **или** 2) съществуващия геодезически знак/временната точка, на която е стабилизиран сигнала.

В първия случай при извършване на отчета "напред", се използва късата лата. Тя се поставя върху пъпката на носещата плочка и се подпира със стойка или се укрепва по подходящ начин така, че да остане стабилна и във вертикално положение. Нивелирът се поставя на такава височина, че хоризонталната нишка на нишковия кръст да минава през върха на белия триъгълник на долната марка. След това зрителната тръба леко се завърта и нивелирът се насочва към латата за извършване на отчета.

Във втория случай се използва 3-метровата лата, като нивелацията протича по обичайния (за съответния клас) начин.

Измервания се извършват само при благоприятно време, като за най-подходящи атмосферни условия се считат температура на въздуха 18°C – 23°C с минимални дневни изменения; облачно време; слаб до умерен вятър, като измерването да се извършва в посока срещуположна на вятъра. Не се допуска извършването на измервания при силно слънце в обедните часове, силен вятър, мъгли или силни изпарения от водната повърхност.

Наблюденията от групите на двата бряга се синхронизират. Сигналите се подават от сигналист по устройство за комуникация (преносима радиостанция, мобилен телефон и др.) и се приемат (чуват) едновременно от всички членове на работната група.

Измерванията посочени по-долу, се извършват едновременно от двамата наблюдатели, намиращи се на различен бряг на препятствието. За всеки наблюдател, последователността от измервания се състои от две серии. Всяка серия се състои от две полусерии, а всяка полусерия – от 8 измервания (всяко при двете положения на зрителната тръба) към един от сигналите. Точният брой на измерванията в полусерията зависи от ширината на препятствието. Първата

полусерия се състои от измервания между инструмент и сигнал, намиращ се на същия бряг, а втората – от измервания между инструмент и сигнал, намиращ се на другия бряг. Измерванията, както и всички необходими метаданни, се записват в съответния формуляр. Задължително се записва и информация за температурата на въздуха на височината на марките в началото и в края на всяка серия. След като се извършат измерванията в първата серия, инструментът се размества и се извършват измерванията от втората серия. След края на втората серия, двамата наблюдатели сменят местата си. Така всяко превишение през широкото препятствие се определя като осреднено от осемте серии.

Ред на работа при извършване на измервания над широкото препятствие

Преди редовните наблюдения е необходимо да се направят няколко пробни измервания и към двата сигнала, без да се записват отчетите, за да се осигури плавно движение на частите на инструмента при насочване и фокусиране.

1. Задължително е темперирането на инструмента в продължение на 10 минути преди работа. Всеки наблюдател избира мястото на инструмента си така, че:

- инструментът да може да се постави на стабилно, безопасно място;
- да е отдалечен на разстояние 10 – 20 m от сигнала, намиращ се на същия бряг;
- визурата към двата сигнала да е ясна и безпрепятствена, и
- при хоризонтална зрителна тръба визурата да попада между горната и долната марка

на всеки от сигналите, като ъгловата разлика между визирната линия и всяка от двете марки (т.е. вертикалните ъгли при измерване към марките) трябва да е между 100" и 250", като при необходимост разстоянието между марките се уточнява: двете марки да се раздалечат (но не повече от 1.0 m) или сближат (но не по-малко от 0.60 m).

Ако избраното място на инструмента отговаря на горните условия, точката се стабилизира трайно, а инструментът се центрира и хоризонтира прецизно. Уточненото разстояние между двете марки за всеки сигнал се измерва прецизно според инструкциите за това (виж *Инструкции за измерване на разстоянието между двете марки на сигнала с дигитален нивелир и баркодова лата*). Непрекъснато се осигурява защита на инструмента от пряка слънчева светлина. Измерванията от двата бряга на широкото препятствие се извършват едновременно от двамата наблюдатели.

2. Всеки оператор/записващ попълва началните метаданни съгласно таблица 2, в съответния формуляр.

Таблица 2. Необходими метаданни

Момент на събиране	Необходими метаданни
Преди измерванията	Страна на стационариране на инструмента (бряг А или бряг Б)
Преди измерванията	Номер на нивелачната линия
Преди измерванията	Дата на наблюдение
Преди измерванията	Начален час на наблюдение
Преди измерванията	Код за атмосферни условия
Преди измерванията	Имена на наблюдаващия

Преди измерванията	Начална температура (и дименсии)
Преди измерванията	Модел и серийен номер на инструмента
Преди измерванията	Номер и код на репера (бръг А и бръг Б)
Преди измерванията	Идентификатор на сигнала и разстояние между марките му (бръг А и бръг Б)
Преди измерванията	Измереното превишение между репера и долната марка на сигнала (бръг А и бръг Б)
По време на измерванията	Час на започване на всяка серия от измервания
По време на измерванията	Наблюдаван сигнал за всеки набор от измервания (горна/долна марка)
По време на измерванията	Положение на зрителната тръба (I-во или II-ро) за всеки набор измервания
По време на измерванията	Зенитни/Вертикални ъгли (и дименсии)
След измерванията	Код за атмосферни условия
След измерванията	Час на приключване на измерванията
След измерванията	Крайна температура (и дименсии)

3. Фокусират се много добре образите на нишковият кръст и образът на марката на близкия сигнал (намиращ се на същия бръг). Измерват се зенитните или вертикалните ъгли към горната и долната марка на близкия сигнал при първо, а след това при второ положение на зрителната тръба. Процедурата се повтаря 8 пъти, с което приключва един набор от 8 измервания към близкия сигнал. Прави се втори набор от същия брой измервания и в същата последователност към далечния сигнал (намиращ се на другия бръг). С това приключва една серия от наблюдения за всеки от наблюдателите. Едновременните наблюдения от двата бръга се синхронизират с точност до 1 минута за елиминиране на ефекта от рефракцията. За проверка, в края на втората серия от наблюдения трябва да се повтори визурата назад към близкия сигнал. Записват се и съответните метаданни (таблица 2).

4. Записват се крайните метаданни (таблица 2).

5. На всяка станция инструментът се размества, центрира се и се хоризонтира наново, а след това се повтарят стъпките от 1 до 4, с което се извършват измерванията от втората серия. Сигналите не се разместват.

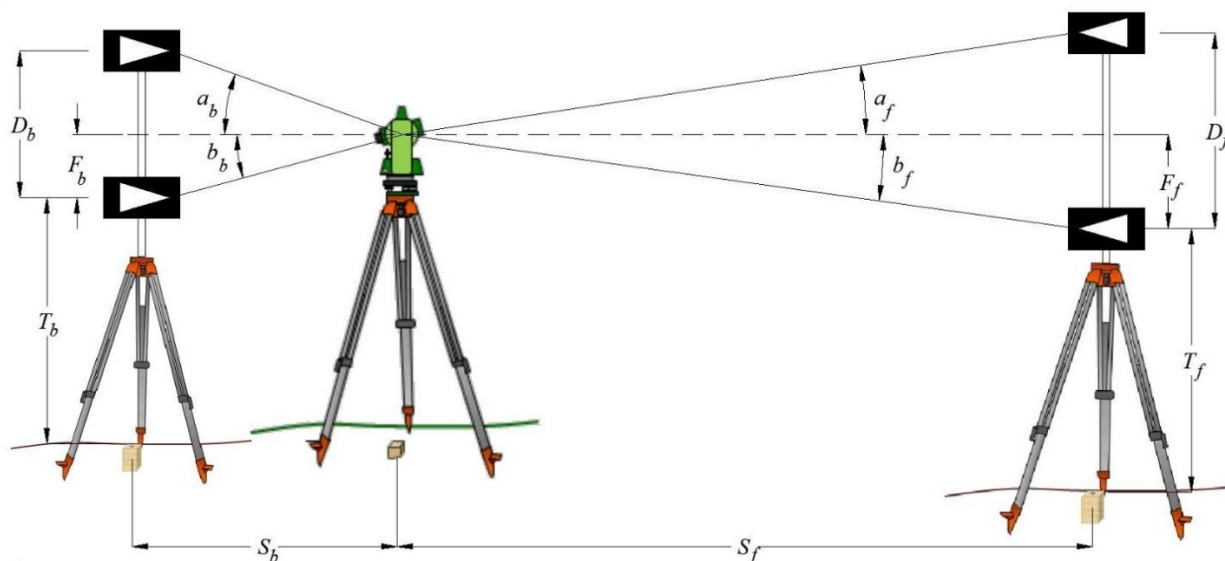
6. След завършване на втората серия измервания се проверяват либелите на сигналите. При установено променено положение, се извършва цялостно ново измерване.

След завършване на двете серии измервания, двата инструмента сменят местата си и се извършват нови две серии (повтарят се стъпки 1 до 6).

Ако в резултат на геометричната нивелация, извършена преди началото на ъгловите измервания, не е определено превишението до върха на белия триъгълник на долната марка, то се измерва. За целта нивелирът се поставя в близост до теодолита на такава височина, че хоризонталната нишка на нишковия кръст да минава през върха на белия триъгълник на долната марка. След това сигналът се маха, а на негово място се поставя 3-метровата лата за извършване на отчета.

Последователност на изчисленията:

Елементите на изчисление са представени на фигура 3.



Фигура 3. Елементи на изчисление

1. За първия набор измервания (първата полусерия) за всяка страна (бряг А и бряг Б) се изчисляват височината на визирната линия спрямо долната марка на близкия сигнал (F_b) и хоризонталното разстояние между инструмента и същия сигнал (S_b):

- 1.1. При измерени зенитни ъгли се определят съответните им вертикални ъгли на горната марка (a_b) и долната марка (b_b).
- 1.2. Разстоянието от върха на триъгълника на долната марка до хоризонталната визирна линия F_b се изчислява по формулата:

$$F_b = D_b \left(\frac{b_b}{b_b - a_b} \right)$$

- 1.3. Изчислява се хоризонталното разстояние между инструмента и сигнала S_b по формулата:

$$S_b = \frac{D_b}{b_b - a_b}$$

2. За първия набор измервания (първата полусерия) за всяка страна (бряг А и бряг Б) се изчисляват височината на визирната линия спрямо долната марка на далечния сигнал (F_f) и хоризонталното разстояние между инструмента и същия сигнал (S_f):

- 2.1. При измерени зенитни ъгли се определят съответните им вертикални ъгли на горната марка (a_f) и долната марка (b_f).
- 2.2. Разстоянието от върха на триъгълника на долната марка до хоризонталната визирна линия F_b се изчислява по формулата:

$$F_f = D_f \left(\frac{b_f}{b_f - a_f} \right)$$

- 2.3. Изчислява се хоризонталното разстояние между инструмента и сигнала S_b по формулата:

$$S_f = \frac{D_f}{b_f - a_f}$$

3. За първата серия наблюдения за всяка от двете страни (бряг А и бряг Б) се комбинират височината на общата визирна линия (F) и измерените превишения ($\Delta h_{\text{пр.}}$) между реперите (местоположенията на сигналите):

$$\Delta h_{\text{пр.}} = (T_b + F_b) - (F_f + T_f)$$

Ако в резултат на геометричната нивелация, извършена преди началото на ъгловите измервания, е определено превишението до върха на белия триъгълник на долната марка, то $T_b = T_f = 0$.

Определя се и разстоянието между двата сигнала:

$$S_{\text{пр.}} = S_b + S_f$$

4. Осредняват се превишенията и разстоянията, изчислени в стъпка 3.
5. Повтаряйки стъпките от 1 до 4 с наблюденията от втората серия, се получават осреднените превишения между реперите на двата бряга и съответните им разстояния.
6. Разликата $d_{\text{пр.}}$ на получените осреднени превишения (пренебрегвайки знака) от двете серии наблюдения (т.е. от стъпки 4 и 5) и средната квадратна грешка $M_{\text{пр}}$ на окончателното превишение, трябва да отговарят на изискванията:

1) $d_{\text{пр.}} \leq \pm 3\sqrt{S_{\text{пр.}}}$, [mm],

2) $M_{\text{пр.}} = \sqrt{\frac{\sum v_s^2}{n(n-1)}} \leq 0.6\sqrt{S_{\text{пр.}}}$, [mm],

където: v_s е разликата между средната стойност на превишението и отделното измерване в [mm], n – броят на измерванията, от които е определено превишението, а $S_{\text{пр.}}$ е ширината на препятствието в [km]. При извършени 4 серии наблюдения (две на бряг А и две на бряг Б), $n = 32$.

В противен случай се извършва преизмерване с увеличаване броя на сериите.

Карнет за определяне на превишение през широко препятствие

Нивелчана линия:					Дата:		Начален час:		
Наблюдател:					Бряг:		Код за атмосферни условия:		
Инструмент:							Начална температура:		
Височина до долната марка:					Превишение до долната марка:				
No на сигнала:					No на сигнала:				
Разстояние между марките:					Разстояние между марките:				
Измервания към близката сигнална конфигурация					Измервания към далечната сигнална конфигурация				
No изм.	Марка	Положение	Час	Изм. ъгъл [g]	No изм.	Марка	Положение	Час	Изм. ъгъл [g]
1	Долна	I			1	Долна	I		
		II					Горна	I	
	Горна	I				Горна		II	
		II							
2	Долна	I			2	Долна	I		
		II					Горна	I	
	Горна	I				Горна		II	
		II							
3	Долна	I			3	Долна	I		
		II					Горна	I	
	Горна	I				Горна		II	
		II							
4	Долна	I			4	Долна	I		
		II					Горна	I	
	Горна	I				Горна		II	
		II							
5	Долна	I			5	Долна	I		
		II					Горна	I	
	Горна	I				Горна		II	
		II							
6	Долна	I			6	Долна	I		
		II					Горна	I	
	Горна	I				Горна		II	
		II							
7	Долна	I			7	Долна	I		
		II					Горна	I	
	Горна	I				Горна		II	
		II							
8	Долна	I			8	Долна	I		
		II					Горна	I	
	Горна	I				Горна		II	
		II							
Среден зенитен ъгъл по горната марка:					Среден зенитен ъгъл по горната марка:				
Среден зенитен ъгъл по долната марка:					Среден зенитен ъгъл по долната марка:				
Вертикален ъгъл към долната марка (a_b):					Вертикален ъгъл към долната марка (a_f):				
Вертикален ъгъл към горната марка (b_b):					Вертикален ъгъл към горната марка (b_f):				
Разст. долна марка - хоризонт (F_b):					Разст. долна марка - хоризонт (F_f):				
Разст. сигнал - инструмент (S_b):					Разст. сигнал - инструмент (S_f):				
Краен час:					Бряг и номер на серия:				
Код за атмосферни условия:					Разстояние (S_m):				
Крайна температура:					Превишение (Δh_{up}):				