

Рівні. Призначення, типи та будова рівнів. Геометричні елементи рівнів, типи ампул. Визначення ціни поділки рівня.

План

1. Типи рівнів, їх класифікація та конструкція.
2. Геометричні параметри рівнів.
3. Дослідження рівнів на экзаменаторі.

1. Типи рівнів, їх класифікація та конструкція.

Рівнями називаються пристрої для установки геодезичного приладу або окремих його вузлів (частіше за все осей) у вертикальне або горизонтальне положення.

Рівні можуть служити для вимірювання невеликих вертикальних кутів нахилу.

За принципом дії розрізняють рівні: рідинні; електронні; пружні.

За формою ампул рідинні рівні розділяють на: циліндричні і круглі.

Циліндричні рівні служать для точної, а круглі – для наближеної (але швидкої) установки вузлів приладів в задане положення. Важливий показник рівнів – характеристика точності, по якому їх можна класифікувати таким чином:

- установочні – рівні, які приводять вузли інструментів у фіксоване положення з точністю $5 \dots 10'$;
- технічні – ціна поділки рівня близько однієї хвилини;
- точні – з ціною поділки не більше $30''$;
- високоточні – з ціною поділки не більше $10''$.

Відповідно до ГОСТ 2386–73 для геодезичних інструментів виготовляють рівні з ціною поділки $10 \pm 2'$; $5 \pm 1'$; $45 \pm 5''$; $30 \pm 3''$; $20 \pm 2''$; $15 \pm 1,5''$; $10 \pm 1''$. Високоточні рівні астрономічних приладів часто мають ціну поділки $1 - 2''$.

Основними частинами рівня є: ампула, яка заповнюється рідиною; оправа для збереження ампули і для її установки на приладі.

Круглий рівень представляє собою циліндр, герметично закритий зверху скляною кришкою. Внутрішня частина круглого рівня відшліфована (рис. 1) і має сферичну поверхню. На поверхні круглого рівня вигравіювані кола. Центр середнього кола називається *нуль-пунктом* S круглого рівня. Віссю круглого рівня є нормаль до внутрішньої сферичної поверхні рівня, що проходить через нуль-пункт S .

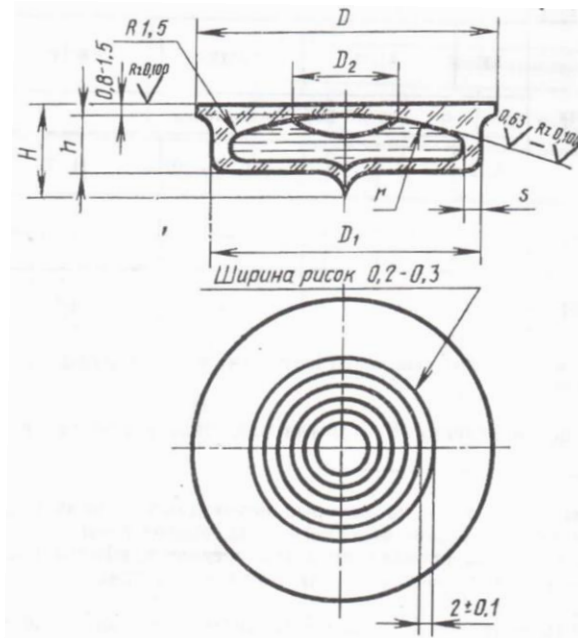


Рис. 1 Ампули круглого рівня

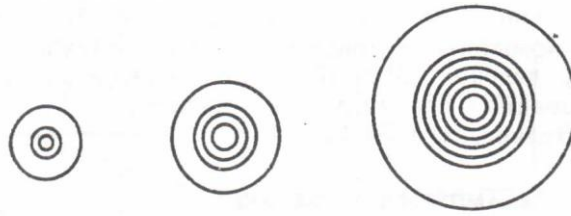


Рис. 2 Розташування кругових рисок на ампулі круглого рівня

Циліндричний рівень є скляною ампулою (рис. 3), внутрішня поверхня якої відшліфована у вигляді бочкоподібного тіла. Якість рівня визначається перш за все тим, наскільки точно відшліфована внутрішня поверхня ампули, яка в повздовжньому перетині представляє дугу кола певного радіусу R , який називається *радіусом кривизни рівня*. В різних рівнях радіус кривизни змінюється в межах $0,7 \dots 40,0$ м при зміні ціни поділки від $10'$ до $10''$.

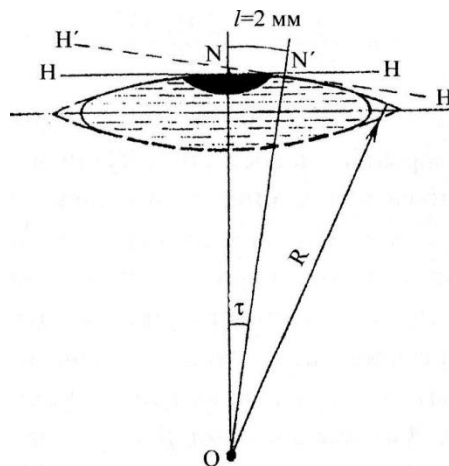


Рис. 3. Циліндричний рівень.

Ампули виготовляють з молібденового скла, яке відноситься до групи баросилікатного скла. Воно має велику твердість, меншу шорсткість шліфованої поверхні, та в меншій степені адсорбує гази. Все це знижує можливість утворення на внутрішній поверхні ампули твердих нальотів перекісних утворень.

В якості наповнювача в рівнях використовують легко рухоми рідину, яка не розкладається під дією сонячного проміння та має низьку точку замерзання. Для точних та високоточних рівнів використовують ефір етиловий наркозний або його суміш з етиловим ректифікованим спиртом (в кількості від 10 до 50%), а для рівнів низької точності ($\tau=5-10'$) використовують – спирт етиловий або суміш етилу зі спиртом.

Рівні виготовляють наступним чином. Ампула рівня заповнюється гарячою рідиною і при охолодженні об'єм рідини зменшується утворюючи бульбашку з парами рідини. Рівні виготовляють таким чином, щоб довжина бульбашки складала $0,3-0,4$ довжини ампули при температурі $t = 20^\circ\text{C}$.

При коливаннях температури пари рідини, що заповнює трубку, легко переходять з газоподібного стану в рідкий і навпаки, унаслідок чого довжина бульбашки змінюється, що веде до зниження чутливості рівня. Тому в рівнях геодезичних приладів використовуються наступні види ампул: циліндричні прості (АЦП), компенсовані (АЦК), регульовані (АЦР).

Ампули типу АЦП випускаються з ціною поділки від 10 до $90''$; діаметр таких ампул коливається в межах від $7,5$ до $14,0$ мм, а довжина – від 23 до 84 мм.

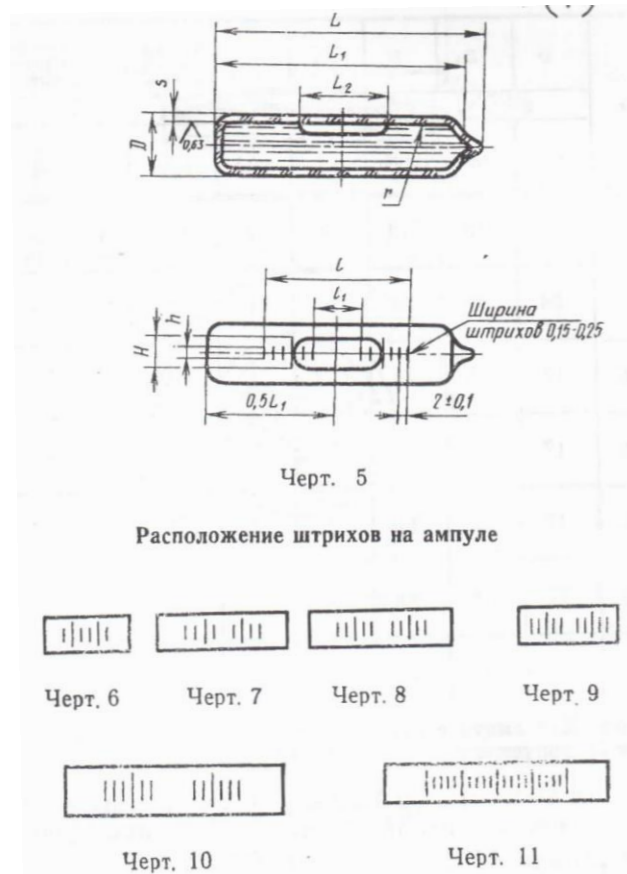


Рис. 4. Конструкція ампули циліндричної простої

Ампули АЦК випускаються з ціною поділки від 4 до 40". Діаметр ампул коливається від 11 до 14 мм, а довжина – від 72 до 124 мм. В середині ампули поміщена скляна компенсаційна паличка, діаметр якої приблизно дорівнює половині зовнішнього діаметру ампули, а довжина – дещо коротша ампули. Призначення компенсаційної палички – зменшити об'єм рідини з метою зменшення температурних змін довжини бульбашки.

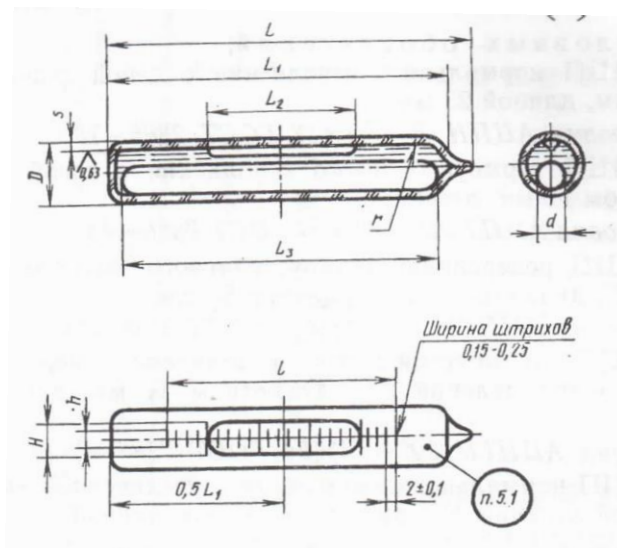




Рис. 5. Конструкція ампули циліндричної компенсованої

Циліндричні камерні ампули (АЦР) з регульованою довжиною бульбашки мають в кінці ампули неповну скляну перегородку, що утворює камеру. В камеру наповнюючи ампулу, переміщують частину бульбашки, регулюючи таким чином його довжину.

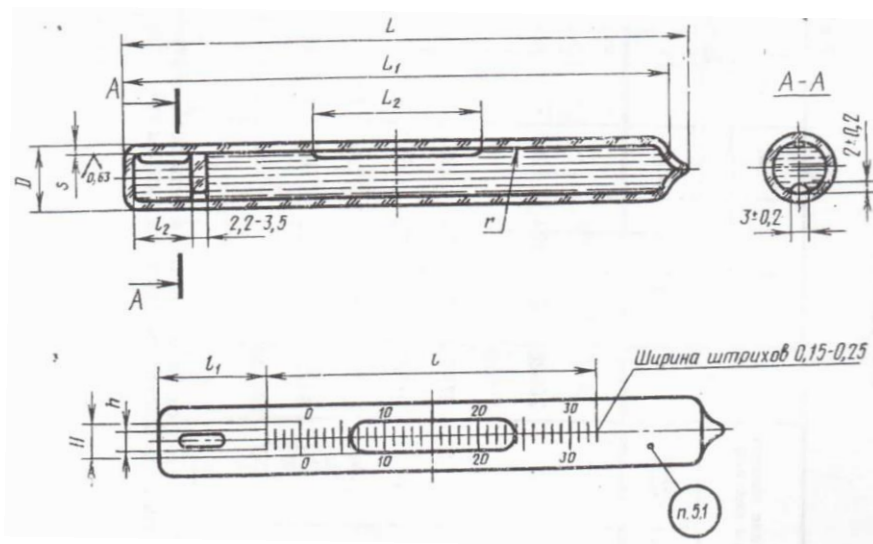


Рис. 6. Конструкція ампули циліндричної регульованої

В деяких випадках використовують реверсивні ампули, які мають дві шкали на протилежних поверхнях ампули, причому положення нуль-пункту однієї шкали і нуль-пункту другої шкали відповідають одне одному.

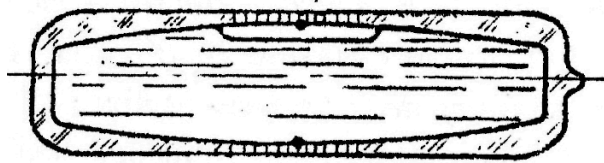


Рис. 7. Ампула реверсивного рівня

Для точної установки бульбашки рівня відносно поділок шкали рівні забезпечують оптичним пристроєм – блоком призм, який дозволяє спостерігати одночасно обидва кінці бульбашки рівня. При розташуванні кінців бульбашки симетрично щодо нуля-пункту зображення кінців здаються співпадаючими, контактуючими. Звідси назва рівнів – *контактні*.

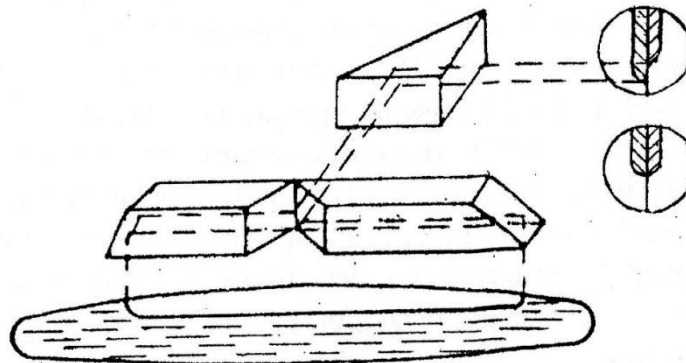


Рис. 8. Передавання зображення кінців бульбашки контактного рівня в поле зору зорової труби

Ампулу рівня встановлюють в металеву оправу. Спосіб кріплення ампули в оправі виконує важливу роль: він повинен забезпечити нерухомість і несприйнятливості ампули до деформацій оправы, обумовленою зміною температури або іншими причинами. В даний час застосовують переважно два способи кріплення:

- заливка гіпсом;
- “плаваюче” з’єднання.

В останньому випадку на ампулу з двох кінців надіті ковпачки з латуні або алюмінію, закріплені лаком або глетогліцеринним клеєм. Кожний ковпачок має три сферичні виступи під кутом 120° один до одного; два виступи знаходяться внизу і несуть масу рівня, а третій – вгорі, на пружинній пелюстці, яка щільно притискує ампулу до оправы. Сили уздовж подовжньої осі на ампулу не передаються, оскільки вона закріплена тільки одним кінцем. Виправні гвинти, якими забезпечуються рівні, зчленовані не з ампулою, а з оправою.

2. Геометричні параметри рівнів

На зовнішній поверхні циліндричної ампули наносяться штрихи, зазвичай через 2 мм. Центр середнього штриха, точка N (рис. 9), називається нуль-пунктом рівня. Дотична проведена до внутрішньої поверхні рівня в нуль-пункті (точка N) називається *віссю циліндричного рівня*. Якщо бульбашка симетрично розташовується відносно нуля-пункта, тоді вісь рівня займає горизонтальне положення. Кут, на який необхідно перемістити ампулу рівня, для того, щоб бульбашка перемістився на одну поділку називається *ціною поділки рівня* – τ' .

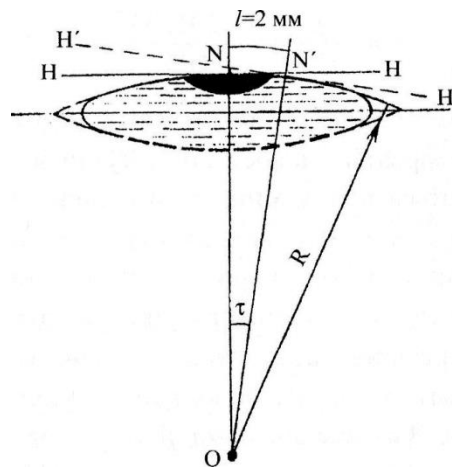


Рис. 9 Геометричні елементи циліндричного рівня

Очевидно,

$$\tau'' = \frac{l}{R} \rho'', \quad (1)$$

де $l = 2$ мм.

Так, наприклад, при ціні поділки рівня $\tau'' = 20''$ радіус кривизни ампули повинен бути

$$R = \frac{l \cdot \rho''}{\tau''} = \frac{2 \cdot 206265''}{20''} = 20,626 \text{ м.} \quad (2)$$

Отже, можна зробити висновок, що ціна поділки рівня τ'' обернено пропорційна радіусу поділки рівня R . Тому, чим точніше рівень, тим більше радіус кривизни має ампула цього рівня.

Ціна поділки рівня служить мірою його чутливості. Чутливість рівня, тобто здатність його бульбашки швидко і точно приймати найвище положення в ампулі, знаходиться в межах $0,15 - 0,04 \tau''$ і залежить від:

- довжини бульбашки;
- якості шліфовки;
- властивостей наповнювача ампули;
- температури рівня;
- діаметру ампули d (номінально $d = 1/6 - 1/9$ – частина довжини ампули), і деяких інших факторів.

Якщо бульбашка рівня перемістився на n поділок, то, очевидно, кут нахилу осі рівня i можна записати у вигляді

$$i = n \cdot \tau. \quad (3)$$

При цьому переміщення бульбашки визначають по відліках кінців бульбашки (лівого і правого) відносно шкали. Позначаючи відліки по кінцях бульбашки до його переміщення L_1 і Π_1 ; а після переміщення – L і Π , число поділок n , на яке перемістилася середина бульбашки, знайдемо по формулі

$$n = \frac{L + \Pi}{2} - \frac{L_1 + \Pi_1}{2}. \quad (4)$$

Підставивши значення n в (3), отримаємо

$$i = \frac{\tau}{2} \cdot [(L + \Pi) - (L_1 + \Pi_1)]. \quad (5)$$

Штрихи шкал точних і високоточних рівнянь оцифровують двояко:

- цифрою нуль (або якою-небудь іншою цифрою) підписують один з крайніх штрихів шкали, причому цифрові підписи останніх штрихів зростають в одну сторону;
- цифрою нуль підписують штрих, розташований в нуль-пункті, а штрихи, розташовані вліво і вправо від нього, – зростаючими цифрами. При такій системі підписів відліки положення кінців бульбашки рівня по одну сторону від нуль-пункту необхідно супроводжувати знаком “плюс”, а по іншу – “мінус”.

Циліндрові рівні можуть бути зйомними або жорстко пов'язаними з приладом.

До зйомних відносять рівні:

- накладні, що встановлюють на площині;
- накладні, що встановлюються на циліндричні осі.
- підвісні.

Зйомні рівні зазвичай використовують як вимірювальні.

До жорстко пов'язаних з приладами, зазвичай установочним, відносять рівні:

- закріплені на корпусі алідади для установки осі обертання приладу у вертикальне положення;
- вертикального круга, скріплені з алідадою цього круга для приведення алідади у фіксоване положення;
- сполучені з трубою для приведення візирної осі труби: в горизонтальне положення;
- круглі, розташовані на підставці або на алідадній частині приладу.

3. Дослідження рівнів на екзаменаторі

В основу роботи екзаменатора покладено спільну умову для всіх способів визначення ціни поділки рівня, а, власне, вимірювання за допомогою рівня відомого невеликого кута нахилу. Екзаменатор призначений для точного визначення ціни поділки рівня, а також для перевірки якості шліфування внутрішньої поверхні ампули.

Конструкція найпростішого екзаменатора (рис. 10) містить *T*-подібну підставку – штангу 3, на якій розміщено дві *V*-подібні опори 2 для встановлення в них рівня.

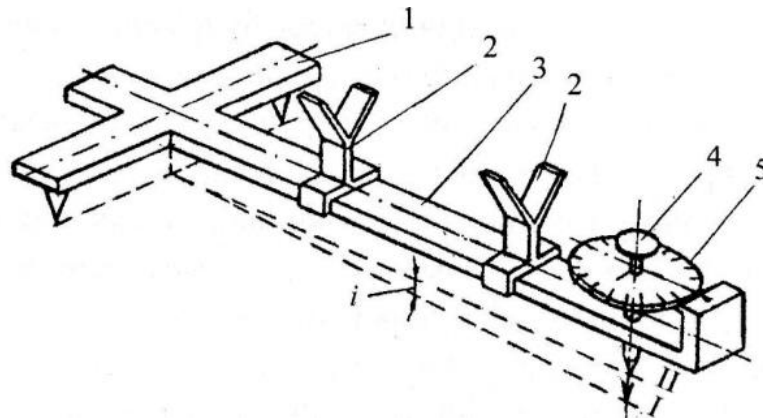


Рис. 10. Екзаменатор для дослідження рівнів:

- I* – перше положення бульбашки; *II* – друге положення бульбашки;
1 – поперечина; *2* – *V*-подібні опори; *3* – *T*-подібна підставка;
4 – мікрометричний гвинт; *5* – шкала

Нахил *T*-подібної підставки повільно і плавно змінюється мікрометричним гвинтом 4, що встановлений з краю підставки протилежно до її поперечини 1. Крок гвинта і ціну поділки його шкали 5 підбирають залежно від довжини екзаменатора (віддаль між віссю поперечини, що проходить через її опори та віссю мікрометричного гвинта) так, щоб у результаті повороту мікрометричного гвинта на одну поділку шкали нахил поздовжньої осі екзаменатора змінився на цілу кількість кутових одиниць, наприклад, на 1". Деякі екзаменатори мають спеціальний столик, який прикріплений до поздовжньої частини *T*-подібної підставки, призначений для встановлення на ньому приладу, рівень якого досліджують.

Щоб уникнути впливу зовнішніх умов на результати вимірювань, екзаменатор треба встановлювати на віброізолюваній основі у приміщенні з незмінною температурою та тиском. Треба уникати впливу тепла дихання на досліджуваний рівень.

Дослідження рівня на екзаменаторі виконують у такий спосіб. Після вкладання ампули на *V*-подібні опори або встановлення приладу врівноважують систему нахилу екзаменатора, бульбашку досліджуваного рівня виводять у нуль-пункт, а на шкалі мікрометричного гвинта

встановлюють нульовий відлік. Далі визначають кількість цілих поділок, на які треба повернути мікрометричний гвинт, щоб бульбашка перемістилася з одного краю досліджуваної шкали до іншого. Цю кількість поділяють на декілька однакових частин з кількістю поділок k , які вкладаються у ній цілу кількість разів (кроків). З одного крайнього положення бульбашки її переміщують у інше крайнє положення послідовно кроками, встановлюючи на шкалі мікрометричного гвинта заздалегідь обчислений відлік. Найкраще, коли за кожним кроком бульбашка буде зміщуватися на дві поділки шкали. Перший півприйом закінчується після одного проходження бульбашкою досліджуваної шкали. У кожному кроці треба почекати 1...3 хв, щоб бульбашка перестала рухатися. Рівень перекладають на 180° і встановлюють бульбашку у початкове крайнє положення. Під час вигвинчування мікрометричного гвинта бульбашка буде рухатися у зворотному напрямку стосовно першого півприйому. Так само у зворотному порядку будуть досліджуватися і частини шкали. Під час виконання кожного із кроків бульбашка переміститься на n поділок, а вісь рівня нахилиться на кут i , тобто

$$i = n \cdot \tau. \quad (6)$$

Переміщення бульбашки визначають, відраховуючи її кінці на шкалі ампули. Кількість поділок n , на яку перемістилася середина бульбашки, становить

$$n = \frac{L + \Pi}{2} - \frac{L_1 + \Pi_1}{2}, \quad (7)$$

де L, Π – початковий відлік лівого та правого кінців бульбашки відповідно, L_1, Π_1 – такі самі відліки, але кінцеві. Для того, щоб перемістити бульбашку на n поділок шкали рівня у кроці, потрібно витратити k поділок шкали мікрометричного гвинта. Тому

$$i = \mu \cdot k, \quad (8)$$

де μ – ціна поділки шкали мікрометричного гвинта.

З виразів (6) та (8)

$$\tau = \frac{\mu k}{n}. \quad (9)$$

Зазвичай за n приймають середнє з усіх кроків n_{cp} і виражають його у півподілках. Оцінюють точність визначення n_{cp} та ціни півподілки рівня $\tau/2$.

Крім визначення ціни поділки рівня, на основі виконаних досліджень можна робити висновок про якість виготовлення ампули рівня. Наприклад, розходження у середніх значеннях переміщення бульбашки для тих самих ділянок шкали із прямого та зворотного ходів свідчить про те, що кривина радіуса шліфування внутрішньої поверхні ампули не є сталою для всієї довжини ампули. Порівнюючи середні переміщення бульбашки у прямому та зворотному ходах, можна робити висновок про якість шліфування ампули. Чутливість рівня визначають також на экзаменаторі. Для цього фіксують відліки кінців бульбашки і відповідний їм відлік шкали мікрометричного гвинта экзаменатора. Злегка повертають гвинт і знову встановлюють його початковий відлік. Якщо відліки кінців бульбашки залишаються тими самими, чутливість рівня можна вважати достатньою.