

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Є. І. Колодєєв, О. М. Гриб

**Методи гідрометеорологічних вимірювань
(гідрологічні вимірювання).
Навчально-польова практика**

навчальний посібник

Одеса — 2009
ТЕС

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Є.І. Колодєєв, О.М. Гриб

МЕТОДИ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ
(ГІДРОЛОГІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ)

НАВЧАЛЬНА ПОЛЬОВА ПРАКТИКА

Навчальний посібник

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник
для студентів нехімічних спеціальностей
вищих навчальних закладів, які
навчаються за напрямом підготовки
«Гідрометеорологія» та «Географія»
(Лист 1.4/18-Г-1853 від 16.07.2008)

2009

УДК 528
ББК 26.12

К 60 Колодєєв Є.І., Гриб О.М.

**Методи гідрометеорологічних вимірювань (гідрологічні вимірювання).
Навчальна польова практика: Навчальний посібник. – Одеса: ТЕС, 2009. –
75 с.: іл. – ISBN 978-966-8145-96-4**

У навчальному посібнику викладені пояснення до організації та виконання гідрологічних робіт на навчальній практиці з дисципліни “Методи гідрометеорологічних вимірювань” (гідрологічні вимірювання), які передбачені робочим планом цієї дисципліни та програмою практики.

Навчальний посібник призначено для розширення, поглиблення та закріплення теоретичні знань, отриманих студентами під час аудиторних занять, та забезпечення підготовки до самостійного виконання польових і камеральних гідрометричних робіт під час практики.

Навчальний посібник призначено для студентів, які навчаються за спеціальністю “Гідрологія і гідрохімія” та проходять навчальну польову практику з гідрологічних вимірювань, а також рекомендується для всіх напрямів та форм навчання, де вивчаються методи гідрометричних вимірювань.

ISBN 978-966-8145-96-4

© Є.І. Колодєєв, О.М. Гриб
© Одеський державний
екологічний університет, 2009

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕДМОВА.....	6
1 Правила техніки безпеки і охорони праці під час проведення гідрометричних, геодезичних робіт та гідрохімічних.....	7
1.1 Вимоги безпеки перед початком роботи.....	7
1.2 Вимоги безпеки під час роботи.....	7
1.3 Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	12
1.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	12
1.5 Обладнання плавзасобів при виконанні гідрометричних робіт.....	12
2 Матеріали водного кадастру.....	13
2.1 Гідрологічна вивченість.....	13
2.2 Гідрологічні щорічники.....	13
2.3 Основні гідрологічні характеристики.....	14
2.4 Ресурси поверхневих вод.....	15
3 Перевірка геодезичних приладів, що використовуються при виконанні гідрологічних робіт.....	16
3.1 Перевірки нівеліра.....	16
3.2 Перевірки теодоліта.....	17
3.3 Підготовка та перевірка гідрометричного устаткування.....	18
4 Підготовка та виконання рекогносцировки на ділянці гідрологічних робіт.....	19
4.1 Методика виконання рекогносцировки.....	19
4.2 Переліки приладів та обладнання для виконання рекогносцировочних робіт.....	20
4.3 Складання плану окомірно-бусольної зйомки ділянки гідрологічних робіт та побудови плану окомірно-бусольної зйомки.....	20
5 Рівневі спостереження.....	22
5.1 Організація простих водомірних постів.....	22
5.1.1 Методика дослідження при проектуванні рейкового та пальового водомірних постів.....	23
5.1.2 Перелік приладів та обладнання при виконанні дослідження для проектування водомірних постів.....	23
5.1.3 Складання проекту пальово-рейкового водомірного поста.....	24
5.2 Організація самописного водомірного поста.....	24
5.3 Обробка даних водомірних спостережень.....	25
5.3.1 Обробка даних строкових рівневих спостережень.....	25
5.3.2 Обробка стрічок самописів.....	25
5.4 Контроль відміток діючого водомірного поста.....	26
5.5 Опис “Технічної справи гідрологічного поста”.....	27

6	Проміри глибин на малих річках.....	28
6.1	Планово-висотне обґрунтування промірних робіт на малій річці...	28
6.2	Методика виконання та технологія координування промірів глибин на малій річці.....	29
6.3	Перелік приладів та обладнання для виконання комплексу промірних робіт на малій річці.....	30
6.4	Обробка матеріалів промірних робіт.....	30
7	Виміри витрат води на малих річках.....	33
7.1	Методи вимірів витрат води на малій річці.....	33
7.1.1	Виміри витрат води поверхневими поплавцями.....	33
7.1.2	Виміри витрат води гідрометричним млинком основним способом.....	34
7.2	Перелік приладів та обладнання для виконання вимірів витрат води різними методами.....	35
7.3	Обробка матеріалів вимірювання витрат води на малих річках.....	35
7.3.1	Виміри витрат води поверхневими поплавцями.....	35
7.3.2	Виміри витрат води гідрометричним млинком основним способом.....	36
8	Визначення середньої швидкості руху води на вертикалі за допомогою гідрометричного млинка (детальним способом).....	38
8.1	Методика визначення середньої швидкості руху води на вертикалі за допомогою гідрометричного млинка (детальним способом).....	38
8.2	Перелік приладів та обладнання для визначення середньої швидкості руху води на вертикалі за допомогою гідрометричного млинка (детальним способом).....	39
9	Визначення уклону водної поверхні на ділянці річки.....	40
9.1	Методика визначення уклону водної поверхні на ділянці річки.....	40
9.2	Перелік приладів та обладнання для визначення уклону водної поверхні на ділянці річки.....	40
10	Планова зйомка берегової ділянки річки.....	41
10.1	Методика складання зйомочного обґрунтування берегової ділянки річки за допомогою теодоліта та зйомка ситуації місцевості.....	41
10.2	Перелік приладів та обладнання для виконання планової зйомки берегової ділянки річки.....	47
10.3	Обробка результатів вимірювань та побудова плану берегової ділянки річки.....	47
11	Визначення неприступної відстані за допомогою теодоліта.....	49
11.1	Методика визначення недоступної відстані за допомогою теодоліта.....	49

11.2 Перелік приладів та обладнання для визначення недоступної відстані.....	50
11.3 Результати визначення недоступної відстані за допомогою теодоліта.....	50
12 Спостереження за температурою та фізико-хімічними характеристиками води.....	51
12.1 Проведення візуальних спостережень поверхні води.....	51
12.2 Вимірювання температури води.....	51
12.3 Визначення прозорості та кольору води.....	51
12.4 Визначення запаху.....	52
12.5 Визначення концентрації іонів водню (рН).....	53
12.6 Визначення розчиненого кисню (O ₂).....	54
12.7 Визначення біохімічного споживання кисню (БСК ₅).....	55
12.8 Відбір проб води для хімічних аналізів.....	56
12.9 Підготовка проб води для транспортування в лабораторію.....	56
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	57
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	58
ДОДАТОК.....	59

ПЕРЕДМОВА

Навчальний посібник “Методи гідрометеорологічних вимірювань” (гідрологічні вимірювання) присвячено питанням організації та проведення польової навчальної практики гідрологічного напрямку, який є складовою частиною дисципліни, що вивчається.

Забезпечення виконання польових робіт в межах планових завдань підкріплюються необхідними методичними обґрунтуваннями, роз’ясненнями і рекомендаціями.

Навчальний посібник складено відповідно до програми робіт з методичними поясненнями і рекомендаціями, які дають можливість студентам здійснювати самостійну підготовку до їх виконання.

У посібнику наведено перелік літератури та нормативні вимоги до виконання робіт і оформлення звіту.

За своїм змістом та формою подання матеріалу навчальний посібник охоплює тематику навчального курсу, а головне – дає змогу студентам здійснювати підготовку до польових робіт від їх організації до форми підготовки звітної матеріалу.

Відповідно до цього і вважаючи перелік програмних задач, які складаються з геодезичних і гідрометричних вимірювань, зведених у одному навчальному посібнику, його поява дійсно є дуже корисним кроком в допомозі студентам до закріплення практичних навичок польової гідрометрії.

Навчальний посібник призначено для студентів, які навчаються за спеціальністю “Гідрологія і гідрохімія” і рекомендується для всіх напрямів та форм навчання, де вивчаються гідрологічні вимірювання.

В даному навчальному посібнику питання викладені з урахуванням особистого багаторічного виробничого, великого експедиційного і навчального досвіду проведення польових геодезичних та гідрометричних практик в Одеському гідрометеорологічному інституті та Одеському державному екологічному університеті.

Автори висловлюють велику подяку проф. Одеського національного морського університету Бугаєву В.Т., доц. Одеської академії будівництва і архітектури Анісімову К.І., доц. Одеського національного університету ім. Мечнікова Ігошину М.І. за корисні поради та допомогу при підготовці цього посібника.

Окремо автори висловлюють щіру подяку зав. ред. відділу Соколенко Є.Д. за особистий внесок в підготовку рукопису до видання.

1 ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ І ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОМЕТРИЧНИХ, ГЕОДЕЗИЧНИХ ТА ГІДРОХІМІЧНИХ РОБІТ

Перед початком навчальної практики студенти повинні пройти інструктаж з правил техніки безпеки (ТБ) і охорони праці (ОП), дотримуватися яких необхідно при виконанні геодезичних, гідрометричних і гіdroхімічних робіт на практиці, а також скласти залік з плавання і греблі.

Ознайомлення та вивчення правил з ТБ і ОП здійснюється за допомогою розділу 1 цього посібника та інструкцій, що вказані в переліку рекомендованої літератури [1 – 4].

1.1 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком окремих видів роботи треба пройти повторний інструктаж на робочому місці відповідно до цього виду роботи.

Для виконання польових видів робіт треба мати відповідні для цього одяг і взуття, які повинні бути легкими та зручними. Забороняється працювати без взуття і головного убору, засобів індивідуального захисту і аптечки.

При виконанні камеральних робіт з використанням спеціального електричного обладнання (наприклад, сушильна піч) необхідно перевірити наявність надійного захисного устаткування, стан електричних шнурів та вилок, вимикачів та засобів управління.

У разі виявлення порушень електричного устаткування або інших несправностей, негайно повідомити про це керівника практики або завідувача лабораторії.

1.2 Вимоги безпеки під час роботи

Під час виконання геодезичних робіт треба дотримуватися наступних правил безпеки:

- перед початком робіт бригадир повинен ретельно оглянути геодезичні прилади та інструменти;
- рейки і штативи повинні мати справні гвинти кріплення;
- переносити тички, штативи або інші прилади, що мають гострі кінці, дозволяється тільки тримаючи їх гострими кінцями вперед;
- при ходьбі по вулицях забороняється носити рейки на плечах, їх треба переносити в руках у вертикальному положенні і неодмінно складеними, із закріпленими гвинтами;

- не дозволяється залишати без нагляду геодезичні прилади на штативах або у зібраному виді в межах дорожнього полотна;
- геодезичні прилади, встановлені на штативах, необхідно міцно закріплювати, вдавлюючи гострі кінці ніжок у землю;
- не дозволяється складати рейки, вішки і штативи у кóзли, притуляти до дерев, стінок та до інших предметів;
- забороняється кидати шпильки мірних приладів, рейки та вішки, їх треба передавати з рук у руки;
- при роботі біля доріг треба дотримуватися правил дорожнього руху;
- забороняється піднімати рейки, тички та інші предмети до дротів ліній електропередач і тому подібних предметів ближче ніж на 2 м;
- забороняється працювати на крутих схилах;
- при зйомках поблизу будівель необхідно заздалегідь впевнитися в тому, що в будинку закриті всі вікна та фіранки, при сильному та поривчастому вітрі забороняється працювати поблизу будинків;
- необхідно дотримуватися заходів захисту від електротравматизму, не підходити до обірваних електричних дротів, про обрив електричних дротів необхідно сповістити відповідним організаціям, а біля обриву виставити охорону до моменту прибуття відповідних служб;
- при наближенні грози роботи слід припинити і всім перейти до закритого приміщення;
- під час грози не дозволяється стояти під деревами та притулятися до стовбурів, знаходитись біля громовідводів, високих предметів, стовпів, каменів, дерев, що стоять окремо, контактної мережі високовольтних ліній і на підвищеннях;
- кожна бригада повинна бути забезпечена бинтом і йодом;
- у разі нещасного випадку слід надати першу допомогу потерпілому, а при необхідності негайно відправити його в медпункт, про нещасний випадок складається акт на місці пригоди;
- під час роботи категорично забороняється палити.

Вимоги безпеки під час виконання гідрометричних робіт:

- при користуванні маломірними суднами не допускається їхнє перевантаження;
- вантажопідйомність човна визначається шляхом завантаження його з таким розрахунком, щоб сухий борт човна в будь-якому місці піднімався в тиху погоду не менш ніж на 20 см;
- суворо забороняється стояти в моторному човні при початку його руху з місця;
- стояти в човні, сидіти на бортах при його русі забороняється;
- перший, хто виходить із човна на берег, зобов'язаний надійно пришвартувати його і тільки після цього можна виходити із човна іншим;

- забороняється плавання і проведення робіт на човнах при швидкості вітру більше ніж 5 м/с або хвилюванні більше 3 балів;
- при виникненні в процесі виконання робіт значного вітру і хвилювання, роботу із гребних і моторних човнів варто припинити та йти до берега;
- у випадку, якщо судно одержало пробоїну, роботи повинні бути негайно припинені, а судно спрямоване до найближчого берега;
- при проведенні гідрологічних спостережень і робіт на річках і каналах треба строго виконувати наступні правила встановлення маломірного судна на якір і зйомки з нього:
 - а) не можна ставати на якір у границях суднового ходу, на перекатах, біля берегів із притискним і нерівним рухом води;
 - б) при підході до місця стоянки потрібно розгорнути судно носом проти течії річки (якщо воно рухається за течією), зменшити хід і приготувати якір до віддачі;
 - в) якірний канат повинен бути заздалегідь покладений рівними шлагами, щоб при віддачі якоря він не заплутався і не зачепив надбудову й інші частини судна та пасажирів, нижній кінець каната повинен бути надійно прикріплений до корпусу судна (носовий – до носа, кормовий – до корми);
 - г) коли рух судна припиниться, якір беруть у руки і скидають у воду трохи вперед, при віддачі якоря не повинно бути поруч сторонніх осіб, при цьому потрібно стежити, щоб якірний канат або якір не зачепив одяг, ногу або руку людини, що віддає його, та інших пасажирів;
 - д) для полегшення підйому якоря треба дати малий хід уперед, піднімаючи якір, не можна сильно нахилятися або звішуватися з борту;
 - е) хід судна можна збільшувати тільки після остаточного підйому якоря;
- при роботах зі сталевим тросом забороняється робота без рукавиць;
- при організації дієвої допомоги з берега не варто квапитися плисти до берега, а, підтримуючись на плаву, зберігати сили;
- на човен, що підійшов, підніматися з носа або корми, а не з борту, щоб уникнути перекидання;
- не відпливати від човна, який перекинувся, і зберігає плавучість, а триматися за нього, підпливаючи разом з ним до берега;
- якщо судно, що перекинулося, не зберігає плавучість або якщо нижче за течією є небезпечні місця (пороги, водоспади і т.п.), варто негайно плисти до берега;
- при роботах з невеликих човнів забороняється пересаджувати людей з одного човна в інший, пересуватися по човну і робити різкі рухи;
- розміщати людей і устаткування в човнах треба на початку роботи, коли човен біля берега;

- не дозволяється ставати на борт човна, всі роботи із човна повинні виконуватися сидячи;

- забороняється плавання і робота далеко від берегів на великих озерах і водоймищах без охорони човнів моторними суднами;

- всі виконуючі гідрологічні спостереження і роботи на судні та команда судна, повинні бути забезпечені індивідуальними рятувальними засобами: рятувальними кругами, рятувальними жилетами та поясами промислового виготовлення;

- зазначені рятувальні засоби повинні бути міцними, справними та готовими до негайного використання і відповідати вимогам нормативів;

- при виконанні промірів глибин наміткою, штангою або лотом з маломірних суден повинні виконуватися наступні запобіжні заходи:

а) штангою можна робити проміри при глибинах не більше ніж 3 м;

б) при глибинах від 3 до 4 м проміри дозволяється виконувати наміткою 5-6 м, вона повинна бути без тріщин і нерівностей, які можуть ушкодити руки, маса її не повинна перевищувати 10-12 кг;

в) промірник повинен перебувати в носовій частині судна, намітку варто закидати з верхнього (за течією) борта судна, якщо вона зачепилася за перешкоду на дні річки, її варто негайно відпустити;

г) при промірах лотом ручним забороняється ставати на борти судна і перегинатися через борт, намотувати на руку вільний кінець лотліня;

д) при виконанні промірів глибин наміткою, штангою або лотом на судні повинно бути не менше двох чоловік;

- при роботі з ехолотом слід строго дотримуватися інструкції з експлуатації приладу;

- при роботі з ехолотами повинні дотримуватися такі вимоги:

а) забортні пристрої обов'язково закріплюються за борт судна, тримати забортні пристрої у руках забороняється;

б) кришки ехолота під час роботи повинні бути закриті;

в) регулювання апарата при включеному електроживленні забороняється;

г) монтаж ехолота на катері або шлюпці повинен здійснюватися з дотриманням рівномірного розміщення його частин;

д) випромінювач (приймач) ехолоту повинен бути закріплений у горизонтальному положенні, не порушуючи безпеку і зручність роботи оператора ехолота та інших;

е) при використанні кислотних акумуляторів треба строго дотримуватися інструкції з їх експлуатації;

- при натягуванні каната (троса) на судноплавних і сплавах річках повинна бути передбачена можливість його швидкого спуску (підйому) для пропуску суден або плотів;

- канат, натягнутий на високих опорах через судноплавну річку, повинен бути позначений сигналами: удень - декількома прапорами, уночі - декількома прикріпленими до нього білими ліхтарями;

- при роботі з канатом (тросом), натягнутим невисоко над водою, повинно бути організовано безперервне спостереження за всіма суднами і плотами, що підходять до нього, і забезпечити своєчасне опускання каната (троса) для безперешкодного пропуску суден або плотів; якщо поблизу вище або нижче гідроствору є поворот і швидкості течії великі, повинна бути організована сигналізація про наближення суден;

- забороняється пересуватися по канату (тросу), стоячи в човні, і триматися за нього руками;

- забороняється підхід на човні або катері до каната, натягнутого через річку, з верхньої за течією сторони;

- забороняється пересуватися по канату (тросу) в човні, який закріплено за нього в носовій частині, при відсутності на кормі кермового;

- забороняється робота з канатом (тросом) без рукавиць;

- відбір проб води на мутність батометром-пляшкою з вантажем робиться з судна за допомогою лебідки;

- лебідка у всіх випадках повинна добре закріплятись за каркас судна;

- у підрозділах, що використовують маломірні судна, повинен вестись журнал реєстрації виходів судна на водойму, де фіксуються час виходу, час повернення, кількість працівників у рейсі, район робіт, прізвище особи, що відповідає за проведення робіт, і прізвище особи, що дозволила вихід;

- журнал повинен зберігатися на березі.

Вимоги безпеки під час виконання гідрохімічних робіт:

- перед виконанням гідрохімічних робіт треба повторити правила роботи з:

- а) кислотами та лугами;

- б) скляним посудом та обладнанням;

- в) електрохімічними приладами;

- г) лабораторним посудом;

- про всі виявлені несправності та збої в роботі устаткування необхідно повідомляти керівника.

Під час виконання робіт слід бути уважним, не відволікатися ні на які сторонні явища і речі.

1.3 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення роботи та перед поверненням на базу треба перерахувати кількість людей у плавзасобі, їх кількість повинна бути така, як і перед початком роботи.

Якщо виконувалися камеральні роботи з використанням електрообладнання, то його потрібно відімкнути від електромережі, витягнути штепсельні вилки з розеток.

1.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У разі виникнення нещасного випадку треба негайно повідомити керівника робіт і викликати "швидку медичну допомогу" за телефоном "03". Далі надати потерпілому першу медичну допомогу за посібником "Перша медична допомога". Не допускати у небезпечну зону сторонніх осіб. Якщо посібник "Перша медична допомога" відсутній, необхідно керуватися інструкцією № 67 з ТБ та ОП [4], у пункті 5 якої викладено порядок дій у таких випадках.

1.5 Обладнання плавзасобів при виконанні гідрометричних робіт

Всі самохідні судна в робочому стані повинні мати:

- а) справний корпус, який не виявляє течії як нижче, так і вище за ватерлінію;
- б) комплект необхідного для плавання устаткування: весла, кочета, якорі, багри, приладдя у достатній кількості, необхідні прилади та інструменти для ремонту двигуна;
- в) справні водовідливні засоби: на дрібних судах - ковші, відра, на великих - помпи, насоси;
- г) підручні ремонтні матеріали для тимчасового закладення пробоїн і тріщин, зокрема, пластир (прямокутний шматок брезенту, обшитий по краях мотузкою з петлями у кутах);
- д) необхідні рятувальні засоби;
- е) засоби судноплавної сигналізації;
- ж) аптечку із засобами першої допомоги.

Всі маломірні судна повинні бути забезпечені таким мінімумом рятувальних, водовідливних і протипожежних засобів: рятувальний круг (1 шт), з канатом довжиною 27 м; рятувальні жилети на кожну людину; сокира (1 шт); якор (2 шт).

Звітний матеріал: записати основні положення правил техніки безпеки і охорони праці під час проведення гідрометричних, геодезичних та гідрохімічних робіт.

2 МАТЕРІАЛИ ВОДНОГО КАДАСТРУ

Всі результати гідрологічних вимірювань після обробки на гідрологічних постах, аналізу і контролю на гідрологічній станції готують до друку у виданнях “Водного кадастру”.

До видань “Водного кадастру” належать наступні:

- 1) “Гідрологічна вивченість” (ГВ);
- 2) “Гідрологічні щорічники” (ГЩ);
- 3) “Основні гідрологічні характеристики” (ОГХ);
- 4) “Ресурси поверхневих вод” (РПВ).

2.1 Гідрологічна вивченість

Серія “Гідрологічна вивченість” містить відомості про кількість і розміри річок та озер, їхню стаціонарну та експедиційну вивченість, а також перелік головних опублікованих та архівних праць, які містять дані про водні об’єкти. Це видання складається з наступних таблиць [5].

Таблиця 1. Алфавітний список річок, озер, водосховищ та інших водних об’єктів.

Таблиця 2. Основні відомості про річки та інші водотоки.

Таблиця 2а. Кількість та довжина водотоків різної довжини.

Таблиця 3. Гідрологічні пости (станції) на річках.

Таблиця 4. Основні відомості про озера та водосховища.

Таблиця 4а. Кількість озер та водосховищ і площі їхніх дзеркал.

Таблиця 5. Гідрологічні пости (станції) на озерах.

Таблиця 6. Пункти спостереження за випаровуванням з водної поверхні.

Таблиця 7. Експедиційні дослідження річок, озер.

Таблиця 8. Опубліковані праці та польові матеріали, що містять відомості про річки, озера та водосховища.

“Гідрологічна вивченість” містить також схему розміщення гідрологічних постів (станцій) на водотоках та озерах. Перед таблицями наводиться перелік прийнятих скорочень та умовних позначень, а також пояснення щодо загального змісту таблиць, методики їх складання та свідоцтва про матеріали, які використовувалися.

2.2 Гідрологічні щорічники

У “Гідрологічному щорічнику” публікуються результати гідрологічних спостережень, які виконувалися на станціях і постах впродовж одного року. На початку ГЩ знаходяться алфавітний список річок, каналів, водосховищ та озер, відомості про які містяться у щорічнику, а також схема розташування станцій і постів [6]. Далі наводяться наступні дані.

Таблиця 1. Список та описи постів, відомості по яких містяться у щорічнику. Відомості про режими річок.

Таблиця 2. Щоденні рівні води.

Таблиця 3. Щоденні витрати води.

Таблиця 4. Виміряні витрати води.

Таблиця 5. Виміряні витрати завислих наносів.

Таблиця 6. Середні витрати завислих наносів.

Таблиця 7. Крупність завислих наносів та донних відкладів.

Таблиця 8. Питома вага донних відкладів.

Таблиця 9 та 9а. Температура води.

Таблиця 10. Товщина льоду та снігу.

Таблиця 11. Хімічний склад води.

2.3 Основні гідрологічні характеристики

Серія “Основні гідрологічні характеристики” містить уточнені матеріали спостережень за режимом річок, озер та водосховищ за період від початку дії гідрометеорологічних станцій та постів [7].

Ці матеріали представлені у вигляді зведених таблиць з поясненнями до них. Список даних, що публікуються в ОГХ, наведено нижче. Основні гідрологічні характеристики річок містять наступну інформацію.

1. Алфавітний список річок, озер та водосховищ, матеріали по яких наведено в даному випуску ОГХ.

2. Список пунктів гідрологічних спостережень.

3. Список каналів, водозбірних та забірних споруд.

4. Схеми розміщення пунктів гідрологічних спостережень в басейнах річок.

5. Основні гідрологічні характеристики водозборів річок до гідрометричних створів (Таблиця 1).

6. Характерні рівні води (Таблиця 2).

7. Середні та характерні витрати води річок (Таблиця 3).

8. Відомості про водогосподарську діяльність, що змінює річковий стік води (Таблиця 4).

9. Максимальні витрати води та шари стоку за період водопілля (Таблиця 5).

10. Температура води річок (Таблиця 6).

11. Льодові явища на річках (Таблиця 7).

12. Товщина льоду на річках (Таблиця 8).

13. Витрати та стік зважених наносів (Таблиця 9).

14. Гранулометричний склад зважених наносів та донних відкладів (Таблиця 10).

15. Хімічний склад води річок в основні фази водного режиму (Таблиця 11).

Основні гідрологічні характеристики озер та водосховищ містять наступні дані.

1. Середні місячні та на перше число місяця рівні води озер та водосховищ (Таблиця 12).

2. Характерні рівні води озер та водосховищ (Таблиця 13).

3. Температура води озер біля берега (Таблиця 14).

4. Температура води на акваторії озер (Таблиця 15).

5. Льодові явища на озерах (Таблиця 16).

6. Товщина льоду на озерах (Таблиця 17).

7. Випаровування з водної поверхні (Таблиця 18).

В деяких випусках ОГХ також публікуються виправлення та уточнення до видання РПВ.

2.4 Ресурси поверхневих вод

Ресурси поверхневих вод – це серія монографій, які представляють собою наукові узагальнення даних про режим річок, озер, боліт з методичними рекомендаціями щодо розрахунків елементів водного режиму як при наявності, так і при відсутності або недостатності спостережень [8]. У виданнях РПВ публікуються наступні.

1. Алфавітний список річок, відомості про які опубліковані в РПВ.

2. Загальна характеристика природних умов (Глава 1):

- рельєф;
- геологічна будова;
- ґрунти;
- рослинність;
- кліматичні умови.

3. Поверхневі і підземні води та їх господарське використання (Глава 2).

4. Загальна характеристика водного та рівневого режимів (Глава 3).

5. Норма та змінність річного стоку (Глава 4).

6. Річний розподіл стоку води (Глава 5).

7. Максимальний стік весняного водопілля (Глава 6).

8. Максимальний стік дощових паводків (Глава 7).

9. Мінімальний стік (Глава 8).

10. Стік наносів (Глава 9).

11. Гідрохімічна характеристика поверхневих вод (Глава 10).

12. Термічний та льодовий режими річок (Глава 11).

13. Опис окремих річок (Глава 12).

В РПВ також наведено список використаної спеціалізованої літератури, додатки до розділів та виправлення і уточнення до ОГХ.

Звітний матеріал: перелічити розділи видань водного кадастру.

3 ПЕРЕВІРКА ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ВИКОНАННІ ГІДРОЛОГІЧНИХ РОБІТ

Перед початком всіх гідрологічних робіт обов'язково підготовлюють та перевіряють необхідні геодезичні прилади (нівеліри, теодоліти, бусолі та інші), що використовуються для забезпечення гідрометричних робіт. Ці перевірки необхідно виконувати за методиками, які рекомендуються у спеціалізованій літературі [9 – 13] та коротко викладені нижче за текстом.

3.1 Перевірки нівеліра

Для всіх типів нівелірів повинна виконуватися головна умова: вісь візирної лінії повинна бути горизонтальною. Для нівелірів типу Н-3 ця умова визначається, як: вісь циліндричного рівня повинна бути паралельна візирної осі зорової труби. Для перевірки цієї умови користуються прийомом, який викладено нижче за текстом.

На відстані порядку 65 – 75 м в точках A і B забивають кілочки з цвяхами, що мають капелюшки зі сферичною поверхнею. Далі поруч з точкою A встановлюють нівелір так, щоб окуляр зорової труби відстояв від рейки не більше ніж на 3-5 см. Вимірюють висоту нівеліра i_A за чорною стороною рейки. Потім беруть відлік b по рейці встановленої в точку B . Після цього прилад встановлюють поруч з точкою B . Не змінюючи фокус зорової труби роблять відлік a по рейці, встановленій в точці A , та вимірюють висоту приладу i_B . Далі знаходять похибку визначення відліку по рейці за рахунок не горизонтальності візирного променя:

$$x = \frac{i_A + i_B}{2} - \frac{a + b}{2}. \quad (3.1)$$

Величина x не повинна перевищувати 4 мм. У випадку перевищення цієї величини похибку виправляють. Для цього за допомогою елеваційного гвинта наводять середню нитку нівеліра на правильний відлік, що дорівнює:

$$a_0 = a + x. \quad (3.2)$$

При цьому зображення кінців циліндричного рівня розійдуться. Виправними гвинтами рівня сполучають зображення кінців пухирця рівня. Після цього перевірку повторюють. Перевірку нівеліру виконують до тих пір доки x не буде менш 4 мм.

Звітний матеріал: журнал перевірок нівеліра (у вільній формі).

3.2 Перевірки теодоліта

Для теодолітів Т-30, 2Т-30 та 2Т-30П що використовуються на практиці, точність відліку становить 30". Для даного типу теодолітів проводять три основні перевірки, які викладені нижче за текстом посібнику.

1. Вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального кола повинна бути перпендикулярна до вертикальної осі обертання труби.

Для даної перевірки встановлюють пухирець рівня на середину. Потім повертають алідаду на 180°. Якщо пухирець зійшов від середини більш ніж на одну поділку, то виправними гвинтами рівня встановлюють пухирець на половину дуги його відхилення від середини. При повороті алідади на 90° і 360° відхилення не повинне перевищувати однієї поділки. Для контролю цю перевірку зазвичай повторюють 3 – 4 рази.

2. Вертикальна нитка сітки ниток повинна бути стрімкою.

Для цієї перевірки наводять вертикальну нитку на якусь непорушну точку (наприклад, точка на стіні будинку). Діючи навідним гвинтом труби, спостерігають за положенням зображення точки на нитці сітки. Якщо це зображення точки сходить із нитки сітки, то, послабивши юстировочні гвинти повертають сітку так, щоб зображення не сходило з нитки сіток.

3. Візирна вісь труби повинна бути перпендикулярна до горизонтальної осі обертання труби (визначення колімаційної похибки).

Вибравши на місцевості точку, беруть відлік M_1 за горизонтальним колом. Потім переводять трубу через зеніт, спостерігають ту ж точку, роблячи відлік M_2 . Різниця між даними відліками повинна бути близькою до нуля і не повинна перевищувати подвоєної точності інструмента $2 \cdot c$ за прийом:

$$2c = M_2 - M_1 \pm 180^\circ. \quad (3.3)$$

При перевищенні величини похибки встановлюють алідаду на відлік M_2' , при якому перетинання ниток зійде з зображення точки, яку спостерігають, на величину

$$M_2' = M_2 - c. \quad (3.4)$$

Далі, послабивши вертикальні юстировочні гвинти сітки, горизонтальними гвинтами, вигвинчуючи один і настільки ж угвинчуючи інший, повертають перетинання сітки на спостережувану точку.

Перевірку повторюють доти, поки колімаційна похибка теодоліта не буде перевищувати його подвоєну точність.

Звітний матеріал: журнал перевірок теодоліта (у вільній формі).

3.3 Підготовка та перевірка гідрометричного устаткування

Перед початком гідрологічних робіт обов'язково виконується підготовка та перевірка всього необхідного гідрометричного устаткування.

Лот-лінь – до верхнього кінця лоту (вантажу) повинен бути прив'язаний лінь (мотузка) з розміткою через один метр червоними марками, а через пів метра – білими.

Гідрометричний млинок ГР-21М повинен мати таку комплектацію:

- основний гвинт (1 шт);
- корпус млинка (1 шт);
- стабілізатор напрямку (1 шт);
- карабіни (2 шт);
- вказівник напрямку для роботи зі штанги (1 шт);
- дзвінок сигнальний (1 шт);
- електричний кабель (20 м);
- акумулятор (1 шт);
- трансформаторне масло (1 бут);
- комплект інструментів (1 шт);
- паспорт тарировки (перевірки) гідрометричного млинка.

Перед початком використання млинка його треба розібрати, прочистити всі його деталі, добре змастити трансформаторним мастилом та зібрати знову для виконання робіт.

Підготовка та перевірка цих та інших гідрометричних приладів та устаткування виконуються за методиками, що викладені у спеціалізованій літературі [14 – 20].

Звітний матеріал: звіт (у вільній формі) про готовність гідрометричного устаткування та приладів, з позначенням тих, які не відповідали необхідним вимогам та були замінені на придатні до роботи.

4 ПІДГОТОВКА ТА ВИКОНАННЯ РЕКОГНОСЦІРОВКИ НА ДІЛЯНЦІ ГІДРОЛОГІЧНИХ РОБІТ

Перед початком гідрологічних робіт обов'язково виконується рекогносцировка місцевості на ділянці, де будуть здійснюватися гідрометричні дослідження.

Рекогносцировка в гідрометрії – це попередній огляд і обстеження місцевості та водних об'єктів з метою вибору місць розташування гідрометричних та гідрохімічних пунктів спостереження для обґрунтування гідрологічних робіт.

4.1 Методика виконання рекогносцировки

При виконанні рекогносцировочних робіт на місцевості (окомірно-бусольної зйомки) вимірюються наступні величини: азимути, час ходу, відстані, середні швидкості руху води на окремих ділянках річки.

Окомірно-бусольна зйомка ділянки річки виконується з використанням плавзасобів за наступною послідовністю:

- у першій точці верхньої (за течією води) частини ділянки гідрологічних робіт фіксуються: 1) орієнтовна ширина річки (окомірно), 2) азимут (за допомогою ручної бусолі) напрямку русла річки за течією, 3) азимути характерних об'єктів, які спостерігаються з цієї точки (мости, високі труби та антени, окремі дерева, будівлі, лінії електропередач, кілометрові стовпи і т.п.), 4) час початку руху за годинником (час, коли виконувалися вимірювання у першій точці);

- далі рух плавзасобу здійснюється таким чином, щоб він відбувався за рахунок течії води та приблизно у центрі річки, при цьому, після початку руху у наступних характерних точках фіксуються: 1) орієнтовна ширина річки, 2) азимут напрямку русла річки за течією, 3) азимути попередньої точки та характерних об'єктів, які спостерігалися з попередньої точки та інших об'єктів, що будуть візуватися з наступних точок, 4) час, коли виконувалися вимірювання у цій точці;

- перелічені вище вимірювання обов'язково виконуються в місцях, де відбувається меандрування русла річки;

- остання точка окомірно-бусольної зйомки знаходиться в кінці нижньої частини ділянки гідрологічних робіт;

- при виконанні окомірно-бусольної зйомки будується її схема, на якій записують значення величин, що вимірювалися у точках.

Звітний матеріал: схема окомірно-бусольної зйомки з даними вимірювань у точках, результати визначення довжини та середньої ширини річки, середньої швидкості руху води на окремих ділянках річки (між кілометровими стовпами, або між стовпами ліній електропередач).

4.2 Перелік приладів і обладнання для виконання рекогносцировочних робіт та побудови плану окомірно-бусольної зйомки

У зв'язку з тим, що головним елементом рекогносцировочних робіт є окомірно-бусольна зйомка, яка відноситься до напівінструментальних видів робіт, та аналізуючи методику виконання рекогносцировки, основними приладами, що використовуються при цій зйомці є:

- 1) бусоль ручна БШ (бусоль Шмалькальдера);
- 2) годинник або секундомір;
- 3) планшет з запасом аркушів паперу та олівець з стругачкою;
- 4) аркуш паперу формату А-3 (297 мм на 410 мм);
- 5) кольорові олівці.

Звітний матеріал: перелік приладів і обладнання для виконання рекогносцировочних робіт та побудови плану окомірно-бусольної зйомки.

4.3 Складання плану окомірно-бусольної зйомки ділянки гідрологічних робіт

Перед складанням плану окомірно-бусольної зйомки обчислюють відстані між точками польових вимірювань за наступною послідовністю:

1. Визначається середня швидкість руху між двома точками ($\bar{V}$, м/с) для яких відома відстань поміж ними:

$$\bar{V} = \frac{L}{t}, \quad (4.1)$$

де L – відстань між двома точками (м), для яких відома відстань поміж ними (між двома кілометровими стовпами – 1 км = 1000 м, чи між двома опорами ліній електричних передач – 75 м або 50 м, якщо вони розташовані паралельно руслу річки, і таке інше); t – час руху плавзасобу (с) між двома вказаними точками (від одного кілометрового стовпа до наступного, або від однієї опори до наступної).

2. Допускаючи, що обчислена середня швидкість є приблизно однаковою для всієї ділянки річки, що досліджується, розраховуємо відстані між всіма точками, де виконувалися вимірювання:

$$\begin{aligned} L_{1-2} &= \bar{V} \cdot t_{1-2}, \\ L_{2-3} &= \bar{V} \cdot t_{2-3}, \\ &\vdots \\ L_{(n-1)-n} &= \bar{V} \cdot t_{(n-1)-n}, \end{aligned} \quad (4.2)$$

де L_{1-2} , L_{2-3} , $L_{(n-1)-n}$ – відстані (м) між, відповідно, першою та другою, другою та третьою, (n-1)-ою та n-ою точками; t_{1-2} , t_{2-3} , $t_{(n-1)-n}$ – час руху плавзасобу (с) між, відповідно, першою та другою, другою та третьою, (n-1)-ою та n-ою точками.

3. Для контролю визначення відстаней обчислюється загальна довжина річки ($L_{\text{заг}}$, м), на ділянці що досліджується, за формулами (4.3) та (4.4) результати розрахунку за якими повинні співпасти:

$$L_{\text{заг}} = L_{1-2} + L_{2-3} + \dots + L_{(n-1)-n}, \quad (4.3)$$

$$L_{\text{заг}} = \bar{V} \cdot t_{\text{заг}}, \quad (4.4)$$

де $t_{\text{заг}}$ – час руху (с) між першою (1) та останньою (n) точками.

Якщо отримані значення не дорівнюють друг другу, треба виконати перевірочні розрахунки та знову порівняти отримані відстані.

План окомірно-бусольної зйомки будується на аркуші паперу формату А-3 за наступною послідовністю:

- 1) визначається лінійний масштаб плану;
- 2) за даними про азимути, визначеними в точках вимірювань, та відстані між цими точками будується та корегується лінія руху плавзасобу в руслі річки (з позначенням стрілочкою напрямку на північ);
- 3) за даними про орієнтовну ширину річки в точках вимірювань наносять лінії урізів лівого та правого берегів річки або їх розмиті границі (якщо спостерігалось заростання берегів очеретом) і стрілочкою позначають напрям та швидкість течії води з використанням умовних позначень для відповідного масштабу плану [21];
- 4) за даними про азимути характерних об'єктів, визначених з різних точок, наносять ці об'єкти на план та позначають у відповідності з [21];
- 5) підписують назви водних об'єктів, населених пунктів і сам план окомірно-бусольної зйомки з позначенням лінійного масштабу відповідно до [21];
- 6) використовуючи кольорові олівці розмальовують фрагменти плану відповідно до [21].

Звітний матеріал: результати обчислень середньої швидкості руху та відстаней, план окомірно-бусольної зйомки ділянки гідрологічних робіт.

5 РІВНЕВІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Рівневі спостереження являють собою виміри рівня води у водоймі в визначеному місці у конкретний час. Це місце повинне відповідати чинним вимогам і обладнується спеціальними пристроями або спорудами та має назву – водомірний пост (водпост).

Серед різних типів водомірних постів найбільш розповсюдженими є прості водпости, до яких відносяться рейкові, пальові та рейково-пальові.

Вибір типу постів визначається амплітудою коливання рівнів води в водоймі, профілем берегового схилу, особливостями гідрологічного режиму (паводковий, льодовий та інше), наявністю гідротехнічних споруд.

Рівневі спостереження на водомірних постах виконують відносно умовної площини, так званого “нуля графіку поста”, висотна відмітка якої є постійною для всього періоду існування поста.

Нуль графіка поста призначають нижче самого низького історичного рівня води в даному створі не менш ніж на 0,5 м. При малих глибинах русла відмітка нуля графіка поста може дорівнювати мінімальній позначці дна в створі поста або бути трохи нижче неї. Висотне положення нуля графіка поста визначається нівелюванням від репера водомірного поста.

Окрім нуля графіка поста вживається поняття “нуль спостережень”, яке відповідає висотній площині, від якої виконується відлік рівня води в час спостереження. На рейковому водпосту - це площина нуля рейки, а на пальовому – площина поверхні палі, на якій проводять спостереження.

При експлуатації водомірних постів вводиться поняття “приводки” паль або рейок – перевищення нулів спостережень (паль або рейок) над нулем графіка поста. Приводки паль (рейок) призначаються в сантиметрах.

“Нуль графіка поста”, “нулі спостережень” і “приводки” водомірних пристроїв – є елементи системи відліків і відміток на водомірному посту.

5.1 Організація простих водомірних постів

Водомірні пости, незалежно від їхнього типу, комплектуються водомірними пристроями (відповідно типу і виду) та реперами.

Водомірні пристрої безпосередньо використовуються для вимірювання рівня води, а реperi – для контролю висотної системи рівневих спостережень (нуля графіка поста та нулів спостережень).

Палі розташовують на береговому схилі перпендикулярно до напрямку русла річки від максимальних відміток берегу до мінімальних.

Палі звичайно розміщують так, щоб перевищення поверхонь голівок суміжних паль були не більш 0,8 м, а над поверхнею схилу вони не були вище чим на 10-20 см. Перша та остання палі повинні бути, відповідно, вище і нижче максимального та мінімального історичних рівнів на 25-50 см.

5.1.1 Методика дослідження при проектуванні рейкового та пальового водомірних постів

При організації рівневих спостережень (відкритті простих водомірних постів) вирішують наступні питання:

1) здійснюють вибір ділянки для поста і роблять нівелювання берегового схилу та проміри глибин в руслі річки в обраному створі;

2) проектують пальовий (рейковий) водомірний пост за даними про історичні екстремальні рівні води (максимальний та мінімальний) та з урахуванням профілю берегового схилу;

3) обладнують водпост та здійснюють прив'язку репера поста до пунктів державної геодезичної мережі (у метрах БС) і роблять нівелювання усіх постових пристроїв.

Звітний матеріал: методика дослідження при проектуванні рейкового та пальового водомірних постів.

5.1.2 Перелік приладів та обладнання при виконанні дослідження для проектування водомірних постів

При дослідженнях для проектування водомірних постів використовують наступні прилади та обладнання:

- 1) нівелір (Н-3, Н-10);
- 2) рейка нівелірна (РН-3);
- 3) тринога (штатив);
- 4) мірна стрічка (стрічка землемірна);
- 5) бусоль (БШ);
- 6) металевий башмак (кілки).

Після складання проекту водомірного посту вони обладнуються, в залежності від типу посту, наступним устаткуванням та приладами:

- 1) стандартна переносна водомірна рейка;
- 2) стандартні металеві гвинтові палі;
- 3) самопис рівня води;
- 4) репер контрольний;
- 5) термометр водний.

Звітний матеріал: перелік приладів та устаткування для проектування та обладнання водомірних постів.

5.1.3 Складання проекту пальово-рейкового водомірного поста

При проектуванні потрібно зробити: 1) обробити дані нівелювання; 2) дані промірів перевести в єдину систему висот (відміток) з даними нівелювання; 3) побудувати профіль берегового схилу; 4) виконати проектування пальово-рейкового водомірного поста, тобто визначити координати постових пристроїв – відстань від постійного початку і позначку “нуля спостережень”.

Побудований профіль берегового схилу доповнюють горизонтальними лініями максимального та мінімального рівня води, призначають відмітку “нуля графіка поста”, по якій визначається положення рівнів води в умовній системі.

Незалежно від того, що репери водомірних постів прив'язують до абсолютної системи відміток (БС), сама система рівнів на посту залишається умовною, тому що величина рівня в кінцевому рахунку визначається як перевищення над площиною “нуля графіка поста”.

Першу палю проектують на відмітці, що перевищує максимальний історичний рівень. Інші палі розташовують приблизно рівномірно по висоті з перевищеннями між суміжними палями від 0,50 до 0,80 м. Відстані між палями в створі водпоста визначаються умовами берегового схилу.

Дані проектування рівневого поста необхідні для винесення їх в натуру та безпосереднього будівництва поста в обраному створі, профіль якого складає основу проекту.

Звітний матеріал: 1) журнал технічного нівелювання берегового схилу; 2) журнал промірів глибин в руслі річки в створі водпоста; 3) відмітки рівнів високих вод (РВВ), низьких вод (РНВ) та робочого рівня води (РРВ); 4) абрис нівелювального ходу та промірів глибин; 5) проект пальово-рейкового водпоста.

5.2 Організація самописного водомірного поста

Самописні водомірні пости – це пости оснащення яких дозволяє безперервно реєструвати коливання рівнів води. Вони мають таку назву тому, що обладнані самописами рівнів води (СРВ).

СРВ необхідні при значному добовому ході рівня води в річках, різких його коливаннях при проходженні дощових паводків, згінно-нагінних явищах, а також при змінах водного режиму під впливом режиму роботи гідротехнічних споруд.

Найбільш розповсюдженими в Україні є СРВ “Валдай” (добової дії), ГР–38 (тривалої дії – 8-32 діб) та ГР–116 (універсальний).

Звітний матеріал: описання та схема СРВ “Валдай” і типу його встановлення на базі.

5.3 Обробка даних водомірних спостережень

Матеріали водомірних спостережень після обробки на водпосту, аналізу і контролю на станції, підготовлюють до друку в таблиці “Щоденні рівні води” в виданні “Гідрологічний щорічник”.

Для кожного поста також друкується значення відмітки “нуля графіка поста”, що знімає проблему умовності величини рівня води. Додавши до величини приведенного рівня значення відмітки “нуля графіка поста” у метрах БС, можна визначити значення рівнів води в діючій абсолютній системі висот, що необхідно для сфери дослідницької та проектної діяльності.

5.3.1 Обробка даних строкових рівневих спостережень

У процесі експлуатації водпоста виконуються рівневі спостереження і здійснюється стандартна обробка водомірної книжки КГ-1М.

Приведений рівень води над “0” графіка водпоста розраховують як суму: до значення відліку рівня води, знятого з рейки, треба додати значення приводки цієї рейки (палі).

Після обробки водомірної книжки за місяць отримують:

- 1) середнє значення рівня за добу над “0” графіка водпоста,
- 2) середньомісячне значення рівня,
- 3) найбільший і найменший рівень за місяць (із строкових спостережень) та їх дати.

При двохстрокових спостереженнях середній добовий рівень одержують як середнє арифметичне із строкових значень рівня на 8-му та 20-ту години. Строковий рівень у 8-ій годині при однострокових спостереженнях приймається як добовий. При багатострокових спостереженнях через рівні проміжки часу розрахунковий рівень одержують як середній із всіх вимірів. В тому випадку, якщо проміжки часу між спостереженнями різні, середньодобовий рівень одержують як середньозважену величину по проміжках часу між строками спостережень.

Звітний матеріал: оброблена за 10 діб книжка КГ-1М.

5.3.2 Обробка стрічок самописів

Надійність визначення середньодобового рівня води, в випадках складного водного режиму, може бути забезпечена безперервним записом змін рівня на стрічці СРВ.

Обробку стрічки СРВ можна виконувати двома способами:

- 1) через рівні проміжки часу;
- 2) по характерних точках.

Перший спосіб використовується при відносно плавному та однозначному ході рівня. Середній добовий рівень розраховується як середнє арифметичне із рівнів, які зняти з стрічки СРВ через рівні проміжки часу.

Другий спосіб застосовується при складних умовах водного режиму і заснований на фіксації переломних точок запису ходу рівня, між якими зміни рівня практично постійні (відрізок на стрічці – відносно пряма лінія).

Середній добовий рівень визначається за формулою (5.1):

$$H_{\text{сер.доб.}} = \frac{\frac{H_1 + H_2}{2} \cdot T_{1-2} + \frac{H_2 + H_3}{2} \cdot T_{2-3} + \dots + \frac{H_{n-1} + H_n}{2} \cdot T_{(n-1)-n}}{24}, \quad (5.1)$$

де $H_1, H_2, \dots, H_n$ – висота рівня в характерних (переломних) точках;
 $T_{1-2}, T_{2-3}, \dots, T_{(n-1)-n}$ – проміжки часу між сусідніми характерними точками.

Враховуючи конкретні особливості добового ходу рівня буває доцільним комбінування цих двох способів.

При всіх випадках обробки стрічки СРВ додатково виділяють точки добового максимуму та мінімуму.

Звітний матеріал: оброблена за 3 доби стрічка СРВ типу “Валдай”.

5.4 Контроль відміток діючого гідрологічного поста

Контроль відміток діючого гідрологічного посту – це визначення висотних відміток діючих водомірних пристроїв (паль, рейок) для аналізу наявності чи відсутності змін їх значень.

Визначення відміток діючих на водпосту водомірних пристроїв виконується за допомогою нівелювання четвертого класу точності.

При виконанні контролю відміток діючих водомірних постів використовують наступні прилади та обладнання:

- 1) нівелір (Н-3);
- 2) рейка нівелірна (РН-3);
- 3) тринога (штатив);
- 4) стрічка землемірна;
- 5) бусоль (БШ);
- 6) металевий башмак (кілки).

При наявності змін висотних відміток паль або рейок робиться запис у “Технічній справі гідрологічного посту” з позначенням нових значень цих відміток.

Звітний матеріал: журнал та абрис нівелювання водомірних пристроїв; перелік приладів та обладнання, що використовувалися; профіль та відмітки діючого пальово-рейкового водпоста.

5.5 Опис “Технічної справи гідрологічного поста”

На титульному аркуші “Технічної справи гідрологічного посту” (ГМ-4) міститься така інформація:

- назва поста (село, місто і таке інше);
- назва гідрологічної станції;
- назва водного об’єкта;
- басейн річки, до якого цей водний об’єкт відноситься;
- площа водозбору;
- відстань від гирла річки;
- координати поста (широта, довгота, дата організації спостережень, поштова адреса поста).

Технічна справа гідрологічного поста включає такі розділи:

- 1) відомості про спостерігачів поста;
- 2) відомості про інспекції поста;
- 3) схема положення гідрологічного поста;
- 4) опис ділянки поста, долини та русла;
- 5) репери поста та їх місцезнаходження;
- 6) відомості про зміни відмітки “нуля графіка” поста;
- 7) спостереження за рівнями води;
- 8) відомості про зміни висотних відміток водомірних пристроїв (паль, рейок);
- 9) Виміри температури води та повітря;
- 10) виміри товщини льоду та опис льодових явищ;
- 11) виміри витрат води;
- 12) виміри витрат наносів та відбір проб води для визначення мутності води;
- 13) відбір проб на хімічний аналіз;
- 14) інформаційна робота;
- 15) додаткові спостереження та робота.

Звітний матеріал: описання “Технічної справи гідрологічного поста”.

6 ПРОМІРИ ГЛИБИН НА МАЛИХ РІЧКАХ

Проміри глибин – це вид гідрологічних вимірів, який дозволяє отримати інформацію про відстань від поверхні води до дна, тобто глибину даної водойми.

При виконанні промірів глибин виконуються наступні роботи:

- 1) розбивається магістраль і промірні створи;
- 2) визначається положення промірних точок на плані;
- 3) фіксуються рівні води на початку та по завершенню промірних робіт (на основному або/та тимчасовому водомірному посту);
- 4) вимірюються глибини у створі;
- 5) одночасно визначається характер ґрунту дна водойми.

Проміри глибин можуть виконуватися двома методами: дискретним методом (глибини вимірюються в окремих точках) та методом безперервної зйомки глибин, які реалізуються, в залежності від використаних приладів, механічними, гідростатичними та акустичними способами.

6.1 Планово-висотне обґрунтування промірних робіт на малій річці

При проведенні гідрометричних робіт уздовж берега прокладається магістральний хід, що являє собою пряму або ламану лінію. Точки такого ходу також можуть бути прив'язані до Державної геодезичної мережі – планове обґрунтування примірних робіт. Магістральний хід розбивається на відрізки, як правило, рівної довжини. На кінцях відрізків теодолітом або бусоллю призначаються створи, які закріплюються на місцевості двома кілочками: один забивається в рівень з поверхнею землі, а другий забивається поруч – сторожок, голівка якого приблизно на десять сантиметрів вище поверхні землі - сторожок. На кілочках підписуються відповідні номери створів, потім кілочки обкопуються лопатою. Далі всі лінійні виміри на березі та акваторії відлічуються від магістралі та створів.

Коли береги водного об'єкта недоступні, наприклад, через зарості, магістраль і створи можуть бути проведені по поверхні води за допомогою плавучого ланцюга. Ланцюг – це лань, на якому через рівні відстані закріплені буї. Ланцюг натягається по поверхні води, його кінці закріплюються тичками або, при великих глибинах, - якорями. Напрямок лінії плавучого ланцюга визначається бусоллю.

Висотне обґрунтування необхідне для проведення робіт у єдиній Державній системі висот (Балтійська система). Крім того, висотне обґрунтування необхідно при виконанні ряду гідрометричних робіт (для організації водомірних постів, для визначення шорсткості поверхні дна і таке інше).

Для збереження висотних позначок у районі проведення робіт закладається один або два репери – основний і контрольний. Висотні позначки цих реперів визначаються нівелюванням до реперів Державної висотної мережі.

6.2 Методика виконання та технологія координування промірів глибин на малій річці

Координування промірів глибин, при використанні дискретного методу – це визначення місця положення промірних вертикалей відносно обраного базису, тобто безпосередній вимір відстаней від постійного початку промірного створу до точок на яких виконується проміри глибин у водоймі.

Найпростіше координування промірних точок виконується за допомогою мірної стрічки або рулетки, розміченого канату або тросу.

Координування промірів також виконується за допомогою геодезичних методів з використанням теодоліта, бусолі та інших.

Координування теодолітом виконується наступним чином. На першій станції забивається в землю кілочок і обкопується. Теодоліт встановлюється точно над кілочком. Після цього виконують орієнтування на північ по магнітному меридіану. Для цього до теодоліта прикріплюють бусоль. Сполучають нулі лімба і алідади, і затискають гвинт алідади. Відпускають затискний гвинт лімба. У такому положенні при обертанні теодоліта відлік по горизонтальному колу не змінюються. Далі, обертаючи теодоліт, домагаються точного сполучення північного кінця стрілки бусолі з нулем. Закріплюють гвинт лімба. Перевіряють нулі відліків горизонтального кола і бусолі. Відпускають затискний гвинт алідади. Після цих дій теодолітом будуть відлічуватися кути від північного напрямку магнітного меридіана (магнітні азимути).

Напрямок магістрального ходу орієнтують так, щоб він був приблизно паралельним берегу.

Оператор теодоліта направляє робітника з тичкою по магістральному ходу. Визначається таке положення тички на землі, при якому її видно в зоровій трубі на перетині сітки ниток. Через рівні відстані забиваються кілочки для створних знаків. Відстані вимірюються мірною стрічкою. Створи призначаються по нормалі до переважної течії потоку візуально. Для визначення напрямку створів теодоліт встановлюють на магістраль над створним кілочком. Прилад орієнтується на задню стоянку. Відлічується по горизонтальному колу кут між магістраллю та створом і визначається положення другого створного знака. Відстань між першим і другим створними знаками визначається візуально та може бути 5-7 м.

Такий спосіб розбивки магістралі і створів триває доти, поки магістраль можна прокласти на березі. Коли береги представлені заростями очерету, магістральний хід прокладається по воді за допомогою плавучого ланцюга. Напрямок магістралі визначається за допомогою бусолі. Напрямок створів - візуально.

Замальовують схему магістралі та створів (абрис) і записують їх азимути та відстані між ними.

Звітні матеріали: абрис та схема магістралі та створних знаків з вказівкою кутів і відстаней.

6.3 Перелік приладів та обладнання для виконання комплексу промірних робіт на малій річці

До приладів для вимірів глибин механічним способом в окремих точках відносяться – жердина гідрометрична, гідрометрична штанга, ручний лот, переносні рейки (водомірні та нівелірні), механічний лот.

Виконання промірів глибин дискретним методом з використанням акустичних способів реалізується за допомогою ехолотів з точковими показниками глибин.

Для виконання промірів на малій річці використовують:

1. Бусоль ручна (БШ), стрічка землемірна (СЗ), тички, кілки – для розбивки магістралі та створів.

2. Розмічений ланцюг чи лань, або стрічка мірна – для координування положення промірних вертикалей.

3. Штанга гідрометрична чи рейка нівелірна (при глибинах до 3 м), або переносна водомірна рейка (при глибинах менш 1 м), лот ручний – для виконання вимірів глибин на вертикалях.

Звітні матеріали: перелік приладів та обладнання для виконання промірів глибин на малій річці.

6.4 Обробка матеріалів промірних робіт

При обробці матеріалів промірних робіт по вимірним даним виконується графічна побудова профілів поперечного перерізу по створах водойми з обчисленням морфометричних характеристик русла в кожному створі та будується план ділянки річки в ізобатах.

Ця форма подання інформації щодо глибин водойми є найбільш зручною для аналізу та подальшого використання даних промірів.

Побудова профілю водного перерізу водойми виконується в визначених вертикальному та горизонтальному масштабах на міліметровому папері формату А-4 (210×297 мм).

По вертикальній осі відкладається глибина до дна (зверху вниз), а по горизонтальній осі – відстані від постійного початку.

На профілі лінією відмічається положення робочого рівня та його відмітка (в умовних метрах або метрах БС), а під графіком у вигляді таблиці, у відповідних місцях рядків, записуються:

- номери промірних вертикалей;
- відстані від постійного початку (в метрах);
- глибини на промірних вертикалях (в метрах);
- відмітки дна на промірних вертикалях (в умовних метрах чи ін.);
- характер ґрунту дна.

Зліва від профілю викреслюється таблиця морфометричних характеристик в промірному створі водойми.

Морфометричними характеристиками є :

- робочий рівень води, см;
- площа водного перерізу, м^2 ;
- ширина річки, м;
- середня глибина, м;
- змочений периметр, м;
- гідравлічний радіус, м;
- найбільша глибина, м.

Робочий рівень ($H_{\text{роб}}$) – це середній рівень води за час промірних робіт. Він визначається як середньоарифметичне значення між рівнями на початку та в кінці промірних робіт у створі.

Площа водного перерізу (F) визначається аналітично. Між вимірними вертикалями водний переріз має форму трапеції, а коло берегів – прямокутних трикутників, якщо глибина на урізі води дорівнює нулю. Загальна площа водного перерізу визначається як сума часткових площ.

На гідрометричних створах визначають площу живого перерізу ($F_{\text{жив}}$) та мертвого простору ($F_{\text{мерт}}$). Живий переріз – частина водного перерізу, де спостерігається течія води, мертвий простір – де течія відсутня.

Ширина річки (B) – це відстань між урізними точками двох берегів.

Змочений периметр (P) - довжина лінії дна річки на профілі між урізами води.

Гідравлічний радіус (R) – частка від ділення площі водного перерізу на значення змоченого периметра. При відкритому руслі значення гідравлічного радіуса наближається до величини середньої глибини.

Середня глибина ($h_{\text{сер}}$) – частка від ділення площі водного перерізу на ширину річки.

Найбільша (максимальна) глибина ($h_{\text{макс}}$) – визначається за даними книжки КГ-2 або ехограми.

В зв'язку з тим, що рівень води в річці при виконанні вимірних робіт може змінюватись, то це приводить до невідповідності морфометричних характеристик русла за довжиною річки. У зв'язку з цим, для отримання відповідних результатів всі польові дані необхідно привести до одного миттєвого рівня, який називають умовним або зрізочним ($H_{зр}$).

Як правило, зрізочний рівень приймають по найбільш низькому рівню, який спостерігався при виконанні робіт.

Приведення даних вимірних робіт до умовного рівня виконується різними засобами, в залежності від довжини ділянки та наявних матеріалів. На ділянках річок порівняно невеликої довжини, в точках, де раніше визначались відмітки робочого рівня, одночасно забивають урізні кілки, після чого нівелюванням визначають відмітки їх поверхні або відмітки миттєвого рівня води на всій дослідній ділянці. Зрізка (H, m) визначається по різниці відміток робочого рівня води ($H_{роб}, m$) та миттєвого умовного рівня (h, m), тобто, $H_{зр} = H_{роб} - h$.

Після приведення даних вимірів глибин до зрізочного рівня, виконується побудова плану річки в горизонталях чи ізобатах.

План річки в горизонталях чи ізобатах будується на аркуші паперу формату А-3.

З початку на план наносять урізні точки при даному зрізочному рівні – ізобати з нульовою глибиною.

Виписавши на плані відмітки дна (для плану в горизонталях) або глибини (для плану в ізобатах) по всіх вимірних профілях (створах) проводять відповідно горизонталі або ізобати.

Їх переріз вибирають відповідно з масштабом зйомки. Наприклад, при масштабі 1:1000 та 1:2000 ізолінії проводять через 0,25 або 0,5 м, при масштабі 1:5000 – через 0,5 м, а при масштабі 1:10000 – через 1,0 м. На плані також показують лінію найбільших глибин, плавно сполучаючи точки з максимальними глибинами кожного поперечника.

Звітні матеріали: оброблені книжки КГ-2, поперечні перерізи річки з обчисленими морфометричними характеристиками, план річки в горизонталях чи ізобатах.

7 ВИМІРИ ВИТРАТ ВОДИ НА МАЛИХ РІЧКАХ

Вимірювання витрат води – це визначення об'єму води, який протікає через поперечний переріз потоку за одну секунду ($\text{м}^3/\text{с}$ або $\text{л}/\text{с}$).

Для виміру витрат вибирають прямолінійну ділянку русла та призначають основний гідрометричний створ.

7.1 Методи вимірів витрат води на малій річці

Вимірювання витрат води на малих річках виконують з застосуванням двох методів: 1) безпосереднє вимірювання; та 2) посереднє визначення витрат води.

Використання того чи іншого методу пов'язано з застосуванням різних приладів та засобів при реалізації задачі по визначенню витрати води.

Безпосередні (прямі) вимірювання – це визначення витрат води за допомогою мірної посудини, яка підставляється під струмінь води, при цьому фіксується час наповнення використаної ємності. Середня витрата знаходиться шляхом поділу об'єму посудини на час її заповнення.

Цей метод застосовується на існуючих водомірних постах. При гідрологічних дослідженнях найчастіше використовують непрямі (посередні) методи визначення витрат води.

Посередні (непрямі) визначення витрат води – це вимірювання окремих елементів водного потоку, з використанням яких, шляхом подальших розрахунків, одержують величину витрати.

Вимірювання витрат води за допомогою непрямих методів найчастіше засновано на реалізації методу “швидкість – площа”, в якому витрата води отримується з використанням попередньо вимірянних глибин потоку (для визначення площ) та швидкостей течії на гідростворі.

7.1.1 Виміри витрат води поверхневими поплавцями

Поверхневі поплавці – використовуються для вимірів швидкостей та напрямку течії води на поверхні. Вони виробляються у вигляді кружків з сухої деревини або у вигляді хрестовин з дощок. Щоб вони були добре помітними, їх обладнують прапорцями, а для стійкості знизу підвішують грузило. Поверхневі поплавці не слід застосовувати у вітряну погоду, при швидкості вітру більше 6 м/с.

Виміри витрат води поверхневими поплавцями виконуються за наступною послідовністю. Вище і нижче основного середнього створу (СС) на однакових відстанях розбивають два створи, верхній (ВС) та нижній (НС) створи, з таким розрахунком, щоб тривалість ходу поплавців

між верхнім і нижнім створами була не менше 20 с. Відстані між створами вимірюють стрічкою. Створи закріплюють тичками. На кожному створі натягають розмічений через трос (канат, ланцюг).

В 5-10 м вище верхнього створу розбивають пусковий створ (ПС), він служить для запуску поплавців.

В гідрометрії поплавці використовуються для вимірювання швидкості течії з припущенням, що швидкість течії дорівнюється швидкості руху поплавця. Виміряна цими поплавцями швидкість є середньою по траєкторії руху поплавця і її приймають за місцеву швидкість в точці перетину ліній створу та траєкторії поплавця. Дійсна місцева швидкість може відрізнятись від швидкості виміряної поверхневим поплавцем.

Вимір швидкостей течії поплавцями роблять за наступними етапами:

- на пусковому створі закидають послідовно 15-25 поплавців;
- при проходженні кожного поплавця через створи спостерігачі дають сигнали, тривалість ходу поплавців визначають по секундоміру;
- на основному створі в момент перетинання його поплавцем відзначають відстань від постійного початку до поплавця в створі.

Для визначення витрат води на основному створі через 2 м проводять проміри глибин.

7.1.2 Виміри витрат води гідрометричним млинком основним способом

По робочій глибині ($h_{\text{роб}}$) розраховують глибини занурення млинка в точках на вертикалях. Кількість точок на вертикалі залежить від прийнятого способу, який може бути детальним (багатоточковим) та основним чи скороченим, а також діаметра лопатевого гвинта млинка (d).

На малих річках з невеликими глибинами найчастіше використовується основний спосіб. При цьому швидкість вимірюють:

1) при вільному руслі – в точках $0,2 \cdot h$ та $0,8 \cdot h$ (при $h \geq 10 \cdot d$) і в точці $0,6 \cdot h$ (при $h < 10 \cdot d$);

2) при льодоставі чи водяній рослинності – в точках $0,15 \cdot h$, $0,5 \cdot h$ та $0,85 \cdot h$ (при $h \geq 10 \cdot d$) і в точці $0,5 \cdot h$ (при $h < 10 \cdot d$).

При основному способі виміру витрати обмежуються записом загального числа сигналів і загальної тривалості виміру (не менш 100 с), інколи, за певних умов і достатній вивченості водного об'єкта, тривалість виміру зменшують до 60 секунд.

Звітні матеріали: описати методи вимірювання витрат води поверхневими поплавцями та гідрометричним млинком (основним способом) на малій річці.

7.2 Перелік приладів та обладнання для виконання вимірів витрат води різними методами

Для виконання вимірів витрат води використовують наступні прилади та обладнання:

- 1) бусоль ручна (БШ), стрічка землемірна (СЗ), тички, кілки – для розбивки магістралі та створів;
- 2) розмічений ланцюг (линь, стрічка мірна) – для координування положення промірних вертикалей;
- 3) лот ручний (штанга гідрометрична, рейка нівелірна, переносна водомірна рейка) – для виконання вимірів глибин на вертикалях;
- 4) поверхневі поплавці, гідрометричні млинки (ГР-21М), секундомір або годинник з секундною стрілкою – для вимірів швидкості течії;
- 5) книжки КГ-3, КГ-7, олівець.

Звітні матеріали: перелік приладів та обладнання для виконання вимірів витрат води на малій річці.

7.3 Обробка матеріалів вимірювання витрат води на малих річках

Обчислення витрат води виконується аналітичними, графічними або графоаналітичними методами та зводиться до визначення об'єму води, який проходить через поперечний переріз потоку за одну секунду.

Вибір технології обчислення залежить від того, які методи, засоби та прилади були використані при практичному вимірі витрат води в потоці.

7.3.1 Виміри витрат води поверхневими поплавцями

Для кожного поплавця обчислюють швидкість руху (v_i):

$$v_i = L / t_i, \quad (7.1)$$

де t_i - тривалість ходу i -го поплавця (с); L - відстань між верхнім і нижнім створами (м).

Для обчислення витрати на клітковину в «Книжці для запису виміру витрати води поплавцями» (КГ-7) наносять точки перетину поплавців на основному створі. Поміж нанесених точок проводять плавну криву лінію – епюру. На епюрі через рівні відстані призначають швидкісні вертикалі, суміщаючи їх із промірними.

За даними промірів глибин обчислюють площі живого перерізу між швидкісними вертикалями.

Далі обчислюють фіктивну витрату води за формулою:

$$Q_{\phi} = k \cdot w_0 \cdot v_1 + w_1 \cdot (v_1 + v_2) / 2 + \dots + w_{n-1} \cdot (v_{n-1} + v_n) / 2 + k \cdot w_n \cdot v_n, \quad (7.2)$$

де v_1, v_2, v_{n-1}, v_n – поверхневі швидкості на швидкісних вертикалях (м/с);
 w_0, w_1, w_{n-1}, w_n – площі перетину між швидкісними вертикалями;
 k – коефіцієнт, що враховує тертя води на урізі (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Значення коефіцієнта k

Характеристика берега	Значення k
1. При відсутності мертвого простору:	
- пологий берег з нульовою глибиною на урізі води	0,70
- природний стрімчастий берег або нерівна стінка	0,80
- гладка бетонна стінка	0,90
2. При наявності мертвого простору	0,50

Дійсну витрату води обчислюють за формулою:

$$Q = Q_{\phi} \cdot K, \quad (7.3)$$

де K — перехідний коефіцієнт від фіктивної витрати до дійсної, найчастіше дорівнює 0,86.

Звітний матеріал: оброблена польова книжка КГ-7.

7.3.2 Виміри витрат води гідрометричним млинком основним способом

Перед вимірами витрат води необхідно встановити придатність до роботи млинка. Для цієї мети застосовують спосіб вибігу: на лопатевий гвинт млинка намотується нитка, довжиною 1 м з вантажем 100 грам. Потім дають можливість вантажу вільно розкрутити лопатевий гвинт. Фіксують час до повної зупинки гвинта. Час вибігу повинен бути 20 секунд і більше. Результати перевірки записуються в польову книжку КГ-3. Необхідно перевірити справність контактної і реєструючої механізмів, проводів. Перевірити стан гідрометричної лебідки, лічильника глибини та змазати їх машинним маслом. Лебідку прив'язують до лонжеронів човна дротом.

При вимірі витрат води виконуються наступні роботи: опис стану річки, погоди; спостереження за рівнем води; проміри глибин; виміри швидкостей течії у двох точках на кожній швидкісній вертикалі.

При вимірі швидкостей млинком типу ГР-21М, що посилає сигнал через 20 обертів лопатевого гвинта, перший сигнал зазвичай пропускають. Секундомір запускають у момент закінчення другого сигналу. Чекають третього сигналу і записують у книжку КГ-3 час закінчення сигналу. Далі чекають наступного сигналу і записують час його закінчення. Вимір швидкості триває доти поки час витримки млинка в точці буде більше 100 секунд і число сигналів буде не менш чотирьох. Кількість обертів млинка і показання секундоміра записують у книжку КГ-3.

Для обчислення витрати води в книжці КГ-3 необхідно розрахувати три таблиці.

Перша – площі поперечного переріза між промірними і швидкісними вертикалями. Спочатку розраховуються площі f_j між сусідніми промірними вертикалями за правилом трапецій. Далі обчислюють площі ω_i між сусідніми швидкісними вертикалями підсумовуючи відповідні f_j .

Друга таблиця – обчислення швидкостей. Спочатку для кожної точки вимірів розраховується число обертів у секунду гвинта млинка діленням числа обертів на час виміру. По тарувальній кривій визначається швидкість течії в точках $u_{0,2}$ і $u_{0,8}$. Потім визначається середня швидкість на вертикалі за формулою:

$$v_j = 0,5 (u_{0,2} + u_{0,8}). \quad (7.4)$$

У третій таблиці – обчислюють витрату води. Для цього за отриманим значенням середніх швидкостей на вертикалях обчислюють середні швидкості між сусідніми вертикалями:

$$v_{\text{ср},i} = (v_1 + v_2)/2. \quad (7.5)$$

Для крайніх ділянок водного перерізу (між урізом води і швидкісними вертикалями) середню швидкість приймають рівної швидкості на першій (або останній) вертикалі, помноженої на коефіцієнт k , значення якого встановлюють за табл. 7.1.

Далі обчислюють часткові витрати для площ між швидкісними вертикалями:

$$q_i = \omega_i v_{\text{ср},i}. \quad (7.6)$$

Повна витрата дорівнює сумі часткових витрат (q_i):

$$Q = q_1 + q_2 + \dots + q_{n-1} + q_n. \quad (7.7)$$

Звітний матеріал: оброблена польова книжка КГ-3.

8 ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ ВОДИ НА ВЕРТИКАЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ ГІДРОМЕТРИЧНОГО МЛИНКА (ДЕТАЛЬНИМ СПОСОБОМ)

Спочатку знаходять середні швидкості руху води у точках на вертикалі (окрім тих випадків, коли швидкості вимірюють млинком “ВШТ”, або іншим, з автоматичною системою підрахунку швидкості). При вимірюванні швидкості руху води млинками ГР-21М або ГР-55 підраховується число сигналів (s_i) і час виміру швидкості в кожній точці на вертикалі (t_i), для подальшого розрахунку суми обертів гвинта (N_i) виходячи з того, що для цих млиноків число обертів між сигналами (Z_i) дорівнює 20:

$$N_i = Z_i \cdot s_i. \quad (8.1)$$

Для млинка ГР-99, та інших, з лічильником числа обертів лопатевого гвинта (N_i) цю операцію робити не потрібно.

Далі розраховується кількість обертів за одну секунду (n_i , об/с), тобто швидкість обертів:

$$n_i = \frac{N_i}{t_i}. \quad (8.2)$$

Потім, з використанням таблиці тарування (градування) млинка, визначається швидкість руху води в окремій точці на вертикалі (V_i , м/с).

8.1 Методика визначення середньої швидкості руху води на вертикалі за допомогою гідрометричного млинка (детальним способом)

Отримав місцеві швидкості у розрахункових точках обчислюють середню швидкість на вертикалі ($V_{\text{сеп.}j}$, м/с) графічним або аналітичним способами. Найчастіше використовують аналітичний, в залежності від числа точок на вертикалі.

1. При вільному руслі розрахунки здійснюються за формулами:

$$V_{\text{сеп.}5} = 0,050 \cdot V_{\text{пов}} + 0,347 \cdot (V_{0,2} + V_{0,6}) + 0,173 \cdot V_{0,8} + 0,083 \cdot V_{\text{дно}}, \quad (8.3)$$

$$V_{\text{сеп.}5} = 0,1 \cdot (V_{\text{пов}} + 3 \cdot V_{0,2} + 3 \cdot V_{0,6} + 2 \cdot V_{0,8} + V_{\text{дно}}), \quad (8.4)$$

$$V_{\text{сеп.}10} = 0,1 \cdot (V_{\text{пов}} + V_{0,2} + V_{0,3} + V_{0,4} + V_{0,5} + V_{0,6} + V_{0,7} + V_{0,8} + V_{0,9} + V_{\text{дно}}), \quad (8.5)$$

$$V_{\text{сеп.}2} = (V_{0,2} + V_{0,8}) / 2, \quad (8.6)$$

$$V_{\text{сеп.}1} = V_{0,6}, \quad (8.7)$$

$$V_{\text{сеп.}1} = K \cdot V_{0,2}. \quad (8.8)$$

Індекси біля швидкостей в приведених формулах відповідають глибинам в точках вимірювання. Коефіцієнт K в формулі (8.8) можливо установити шляхом зіставлення швидкості виміряної в точці $0,2 \cdot h$ та швидкості, розрахованій за формулою (8.4). При відсутності спостережень в п'яти точках, приймається $K \approx 0,9$. Формула (8.4) застосовується при правильному розподілі швидкості по вертикалі, тобто монотонному її спаданні від поверхні до дна.

2. При наявності льодового покриву та рослинності використовують формули:

$$V_{\text{сер.6}} = 0,1 \cdot (V_{\text{пов}} + 2 \cdot V_{0,2} + 2 \cdot V_{0,4} + 2 \cdot V_{0,6} + 2 \cdot V_{0,8} + V_{\text{дно}}); \quad (8.9)$$

$$V_{\text{сер.3}} = (V_{0,15} + V_{0,5} + V_{0,8}) / 3; \quad (8.10)$$

$$V_{\text{сер.2}} = (V_{0,2} + V_{0,8}) / 2; \quad (8.11)$$

$$V_{\text{сер.1}} = K \cdot V_{0,5}. \quad (8.12)$$

Середня швидкість руху води у поперечному перерізі потоку ($V_{\text{сер.}}$, м/с) розраховується як середнє вагове по частковим витратам у створі.

8.2 Перелік приладів та обладнання для визначення середньої швидкості руху води на вертикалі за допомогою гідрометричного млинка (детальним способом)

Для визначення середньої швидкості руху води на вертикалі за допомогою гідрометричного млинка (детальним способом) застосовуються наступні прилади та обладнання:

- 1) млинок гідрометричний (ГР-21М, ГР-55, ВШТ);
- 2) секундомір або годинник з секундною стрілкою;
- 3) гідрометрична штанга або лот механічний (гідрометрична лебідка – «Нева», «Луга»);
- 4) книжка КГ-3 та олівець.

Звітний матеріал: оброблена польова книжка КГ-3 з даними вимірювань на вертикалі.

9 ВИЗНАЧЕННЯ УКЛОНУ ВОДНОЇ ПОВЕРХНІ НА ДІЛЯНЦІ РІЧКИ

Уклон водної поверхні є важливою гідравлічною характеристикою, яка часто використовується при розрахунках витрат води.

9.1 Методика визначення уклону водної поверхні на ділянці річки

Визначення уклону водної поверхні на ділянці річки виконується третім класом нівелювання у наступній послідовності:

- 1) через 150-200 м фіксується миттєвий рівень води в трьох створах річки за допомогою, забитих в рівень з поверхнею води, урізних кілків;
- 2) нівелюються поверхні цих урізних кілків (в прямому та зворотному напрямках);
- 3) визначаються відмітки миттєвого рівня води (урізних кілків);
- 4) визначається уклон водної поверхні ($I_{i,n}$, ‰) між урізними кілками та на всій ділянці річки за формулами:

$$\begin{aligned} I_{1,2} &= \frac{\Delta H_{1,2}}{L_{1,2}} \cdot 1000, \\ I_{2,3} &= \frac{\Delta H_{2,3}}{L_{2,3}} \cdot 1000, \\ &\vdots \\ I_{1,n} &= \frac{\Delta H_{1,n}}{L_{1,n}} \cdot 1000, \end{aligned} \quad (9.1)$$

де $\Delta H_{1,2}$, $\Delta H_{2,3}$, $\Delta H_{1,n}$ – падіння рівня води (м), відповідно, між кілком №1 і №2, №2 і №3 та на всій ділянці; $L_{1,2}$, $L_{2,3}$, $L_{1,n}$ – відстань (м), відповідно, між кілком №1 і №2, №2 і №3 та всієї ділянки.

9.2 Перелік приладів та обладнання для визначення уклону водної поверхні на ділянці річки

При визначенні уклону водної поверхні на ділянці річки методом наведеним вище використовуються наступні прилади та обладнання:

- 1) нівелір (Н-3), штатив та рейка нівелірна (РН-3);
- 2) стрічка землемірна (СЗ);
- 3) бусоль ручна (БШ);
- 4) металевий башмак або кілки (10-15 шт);
- 5) журнал нівелювання КГ-64 або КГ-65, олівець.

Звітний матеріал: КГ-64 (65), абрис пікетажного ходу з урізними кілками, суміщені профілі поверхні води та берегу (на міліметрівці А-4).

10 ПЛАНОВА ЗЙОМКА БЕРЕГОВОЇ ДІЛЯНКИ РІЧКИ

Зйомкою місцевості називається сукупність кутових і лінійних вимірювань, які виконуються для створення плану, карти або профілю.

Планову зйомку (контурну або горизонтальну) виконують для отримання плану без зображення рельєфу.

10.1 Методика складання зйомочного обґрунтування берегової ділянки річки за допомогою теодоліта та зйомка ситуації місцевості

Планова зйомка, яка виконується за допомогою теодоліту має назву теодолітна зйомка. Вона складається з вимірювань на місцевості, що дають можливість побудувати план ділянки з точним зображенням на ньому ситуації місцевості, але без рельєфу.

Найчастіше теодолітну зйомку берегової ділянки річки та створення зйомочного обґрунтування ситуації місцевості виконують у вигляді розімкненого одиночного теодолітного ходу.

Прокладання теодолітного ходу включає рекогносцировку місцевості, закріплення точок, вимірювання горизонтальних кутів і довжин ліній ходу, а також камеральну обробку матеріалів.

В ході рекогносцировки обстежують ділянку місцевості, що підлягає зйомці, і намічають точки теодолітного ходу. При їх виборі прагнуть того, щоб навколо них були горизонтальні майданчики з твердим ґрунтом, забезпечувалися взаємна видимість між суміжними точками і добрі умови для вимірювання довжин ліній ходу, а також видимість з точок для зйомки ситуації місцевості. Точки закріплюють кілками з сторожками. Після цього виконують кутові та лінійні вимірювання. Результати вимірювань записують у журналі теодолітної зйомки.

Теодолітні ходи підрозділяються на два розряди: перший – з відносною похибкою не більше 0,0005, і ходи 2-го розряду – з відносною похибкою не більше 0,001. Довжини сторін теодолітного ходу не повинні перевищувати 350 м і бути менше 20 м.

Горизонтальні кути вимірюють одним прийомом. Розбіжність в значенні кутів виміряних у напівприйомах на станції не повинна перевищувати подвійної точності відлікового пристрою (2' - для теодолітів Т-30, 2Т-30, та 1' - для теодоліта ТТ-5). Довжини сторін вимірюють в прямому і зворотному напрямках і контролюють по відносній похибці прийнятого розряду точності (0,0005 або 0,001).

На початковій та кінцевій точках (станціях) розімкненого теодолітного ходу для суміщення кутових вимірювань по декількох станціях виконують орієнтування теодоліта по магнітному меридіану (магнітній стрілці), тобто виконують прив'язку розімкненого теодолітного

ходу до напрямку на північ (вимірюють магнітні азимути початкової та кінцевої сторін з першої та кінцевої станцій відповідно).

Орієнтування теодоліта по магнітному меридіану виконують у наступній послідовності: 1) витягують з футляра теодоліта накладну бусоль, 2) закріплюють її на вертикальному крузі теодоліта; 3) встановіть, при положенні вертикального круга зліва від труби (КЛ), відлік на горизонтальному крузі, який буде дорівнювати $0^{\circ}00'$ (табл. 10.1); 4) при такому поєднанні алідади з лімбом потрібно розвернути трубу на північ і зорієнтувати інструмент по магнітному меридіану, тобто при закріпленій алідаді і відкріпленому лімбі здійснюють обертання інструмента навколо вертикальної осі до тих пір, поки північний кінець магнітної стрілки бусолі не опиниться поблизу її нульової поділки; 5) закріпивши лімб та використовуючи його навідний гвинт, здійснюють поєднання північного кінця стрілки бусолі з її нульовою поділкою.

Далі на першій та кінцевій станціях розімкненого теодолітного ходу вимірюють дирекційні кути (азимути) початкової ($\alpha_{\text{п}} = \alpha_{1-2} = 204^{\circ}32'$) та кінцевої ($\alpha_{\text{к}} = \alpha_{5-4} = 40^{\circ}55'$) сторін ходу відповідно (табл. 10.1).

Вимірювання горизонтальних кутів на станції виконується в наступній послідовності:

- 1) приводять теодоліт на станції у робочий стан;
- 2) проводять вимірювання кутів (заносять відліки у журнал, виконують обчислення і контроль вимірювань на станції).

Приклад запису вимірів і обчислення дирекційних та горизонтальних кутів теодолітної зйомки способом прийомів наведено в табл. 10.2, де на прикладі станції 2 описано етапи вимірювань та обчислень у точці відповідно до порядкових номерів, які наведено в дужках.

У першому напівприйомі виконують наступні дії:

- 1) теодоліт встановлюють на станції 2 – вершина кута;
- 2) закріплюють лімб при КП;
- 3) відкріплюють алідаду та візують відліковий пристрій теодоліта на задню точку 1 (перша точка, на яку візують теодоліт у напівприйомі);
- 4) закріпивши алідаду, знімають відлік, $1_{\text{КП}} = 89^{\circ}04'$, з горизонтального круга (з лімба);
- 5) відкріплюють алідаду і візують теодоліт на передню точку 3 (друга точка, на яку візують теодоліт у цьому ж напівприйомі);
- 6) закріпивши алідаду, знімають відлік, $3_{\text{КП}} = 259^{\circ}47'$, з лімба;
- 7) величина правого за ходом годинникової стрілки кута у першому напівприйомі, $\angle 123_{\text{КП}}$, буде дорівнювати:

$$\angle 123_{\text{КП}} = 1_{\text{КП}} - 2_{\text{КП}} = 89^{\circ}04' + 360^{\circ} - 259^{\circ}47' = 189^{\circ}17'.$$

Якщо при розрахунку кута доводиться віднімати з меншого відліку більший, то до зменшеного відліку додають 360° .

Таблиця 10.1 – Журнал визначення правих за ходом годинникової стрілки горизонтальних кутів способом прийомів теодолітом типу Т-30

Станції	Позначення кута	Напівприйоми	Точки візування		Відліки з лімба	Значення кута у Напівприйомах	Похибка вимірювання кута	Середнє значення вимірюваних кутів $\beta_{i \text{ вим.}}$ або азимутів сторін $A_j \text{ вим.}$
							$\Delta\beta_{\text{вим}} \leq \Delta\beta_{\text{гр}}$	
1	∠Півн.12	КП	3	—	—	—	—	204°32' (A _{1-2 вим.})
			П	—	—			
		КЛ	3	Півн.	0°00'	204°32'		
			П	2	204°32'			
. . .								
2(1)	∠123	КП(2)	3	1(3)	89°04'(4)	189°17'(7)	2'=2'(14)	189°16'(15) (β _{2 вим.})
			П	3(5)	259°47'(6)			
		КЛ(8)	3	1(9)	268°59'(10)	189°15'(13)		
			П	3(11)	79°44'(12)			
2	∠12Ур.2	КП	3	1	175°35'	275°48'	1'<2'	275°48,5'
			П	Ур.2	259°47'			
		КЛ	3	1	355°33'	275°49'		
			П	Ур.2	79°44'			
. . .								
3	∠234	КП	3	2	109°26'	170°56'	2'=2'	170°55' (β _{3 вим.})
			П	4	298°30'			
		КЛ	3	2	289°29'	170°54'		
			П	4	118°35'			
. . .								
4	∠345	КП	3	3	189°25'	179°50'	2'=2'	179°49' (β _{4 вим.})
			П	5	9°35'			
		КЛ	3	3	9°25'	179°48'		
			П	5	189°37'			
. . .								
5	∠Півн.54	КП	3	—	—	—	—	40°55' (A _{5-4 вим.})
			П	—	—			
		КЛ	3	5	0°00'	40°55'		
			П	Півн.	40°55'			

Для контролю і зменшення впливу інструментальних похибок той же самий кут ще раз вимірюють у другому напівприйомі за алгоритмом:

8) не змінюючи місця положення теодоліта на станції, змістивши лімба на $5^\circ \div 10^\circ$, закріплюють його при КЛ;

9) відкріпивши алідаду, знову візують теодоліт на задню точку 1;

10) закріпивши алідаду, знімають відлік ($1_{\text{КЛ}} = 268^\circ 59'$) з лімба;

11) відкріплюють алідаду і візують теодоліт при тому ж КЛ на передню точку 3;

12) закріпивши алідаду, знімають відлік ($3_{\text{КЛ}} = 79^\circ 44'$) з лімба;

13) величина правого за ходом годинникової стрілки кута у другому напівприйомі ($\angle 123_{\text{КЛ}}$) буде дорівнювати:

$$\angle 123_{\text{КЛ}} = 1_{\text{КЛ}} - 3_{\text{КЛ}} = 268^\circ 59' - 79^\circ 44' = 189^\circ 15'.$$

Далі виконується контроль якості вимірювання кута, тобто

14) розбіжність результатів вимірювання одного і того ж кута в двох напівприйомах ($\Delta\beta_{\text{вим}} = |\angle 123_{\text{КП}} - \angle 123_{\text{КЛ}}|$) не повинна перевищувати подвійну точність ($\Delta\beta_{\text{гр}} = 2 \cdot t$) відлікового пристрою, тобто $\Delta\beta_{\text{вим}} \leq \Delta\beta_{\text{гр}}$. Для теодолітів типу Т-30 точність відлікового пристрою $t = 1'$, отже гранична похибка для повного прийому складе: $\Delta\beta_{\text{гр}} = 2 \cdot 1' = 2'$. В наведеному прикладі розбіжність результатів вимірювання кута дорівнює: $\Delta\beta_{\text{вим}} = |189^\circ 17' - 189^\circ 15'| = 2'$, тобто є в межах граничної похибки. Якщо розбіжність більше граничної похибки, то вимірювання виконують заново.

Якщо похибка вимірювання менше або дорівнює граничній, то:

15) за результатами вимірювань в напівприйомах, з точністю до десятих часток мінут, знаходять середнє значення горизонтального кута:

$$\beta_{\text{вим}} = \frac{\beta_{\text{КП}} + \beta_{\text{КЛ}}}{2} = \frac{189^\circ 17' + 189^\circ 15'}{2} = 189^\circ 16'.$$

При виконанні теодолітної зйомки також вимірюють довжини сторін горизонтальних кутів (в два хода), які їх складають (табл. 10.2).

Таблиця 10.2 – Журнал вимірювання довжин сторін горизонтальних кутів теодолітної зйомки

Позначення сторін, j	Значення довжин сторін, D, м		
	Прямий хід	Зворотній хід	Середнє
1-2	67,00	67,00	67,00
...			
2-3	71,00	71,00	71,00
2-Ур.2	27,0	27,0	27,0
...			
3-4	117,00	117,00	117,00
...			
4-5	96,00	96,00	96,00
...			

Зйомку ситуації місцевості виконують різними способами, основними з яких є: прямокутні координати, полярні координати, кутові засічки, лінійні засічки, створів.

Спосіб прямокутних координат застосовують при горизонтальній зйомці контурів, що лежать поблизу теодолітних ходів. З точок *A* і *B* контуру (рис. 10.1, *а*), опускають на сторону теодолітного ходу 1-2 перпендикуляри. Відлік по стрічці (24,50) від твердої точки 1 до основи перпендикуляра, опущеного з точки *A*, є її абсцисою (X_A), а довжина перпендикуляра (3,05) – ординатою (Y_A); вимірюють їх рулеткою. Всі дані вимірювань записують на абрисі (рис. 10.2).

Спосіб полярних координат застосовують для зйомки відкритих контурів і характерних точок місцевості. Приймавши точку 1 за полюс, а сторону 1-2 за полярну вісь (рис. 10.1, *б*) можна знімати полярний кут $81^{\circ}20'$ і відстань 51,20 м. Точку *C* будують на плані за допомогою транспортира і циркуля-вимірника.

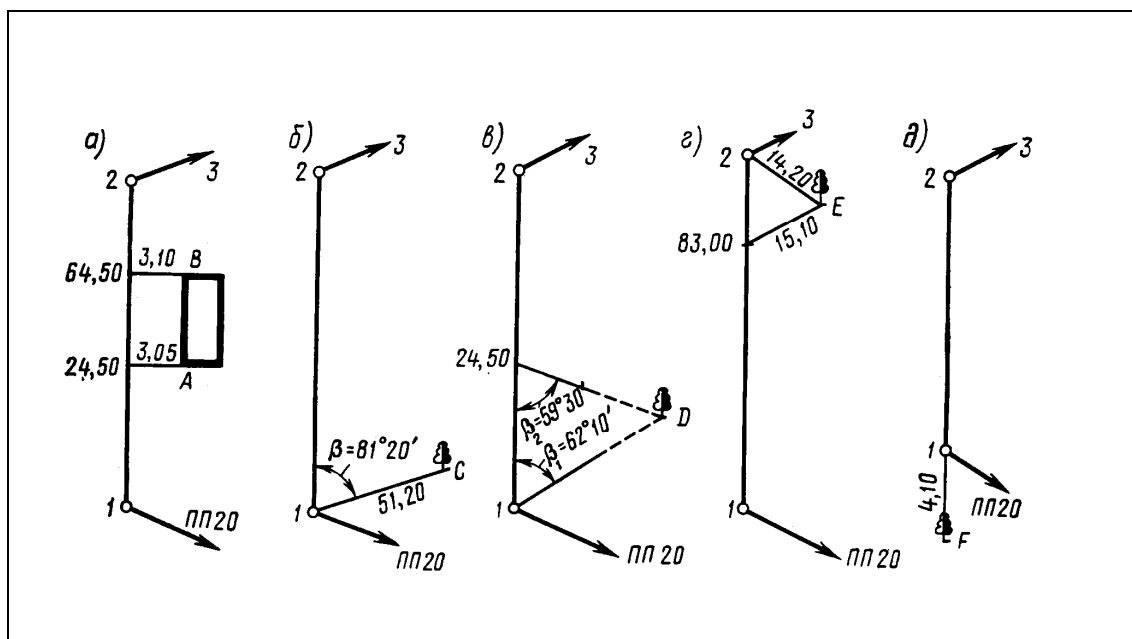


Рис. 10.1 – Способи зйомки ситуації місцевості

Спосіб кутових засічок застосовують в основному при зйомці важкодоступних точок місцевості. Приймаючи сторону 1-2 (рис. 10.1, *в*) за базис, на точці 1 вимірюють кут β_1 , а на точці 24,50 – β_2 . За допомогою транспортира отримаємо положення точки *D* на плані.

Спосіб лінійних засічок застосовують в тому разі коли точки, що знімаються, розташовані близько до пунктів планового обґрунтування. Для цього достатньо виміряти на місцевості відстані 2-*E*(14,20) і 83,00 – *E*(15,70), щоб отримати розташування точки *E* на плані (рис. 10.1, *з*).

Спосіб створів застосовують для визначення планового положення точок стрічкою або рулеткою. Для визначення положення точки Е, що знаходиться в створі лінії 1-2 достатньо виміряти її відстань від точки 1 ходу (рис. 10.1, д).

Спосіб обходу застосовують при зйомці контурів лісу, угідь, забудови і т.і. Суть її полягає в тому, що по межах такого контуру прокладають теодолітний хід, який і визначає положення контуру, що знімається.

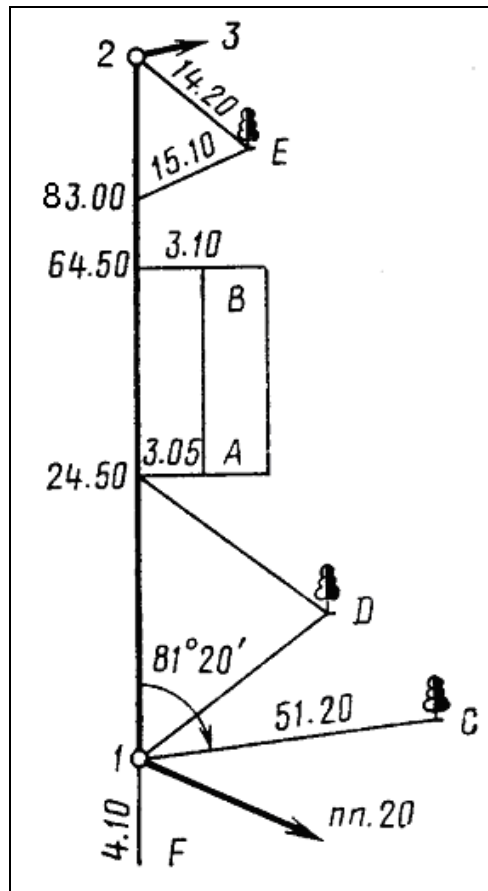


Рис. 10.2 – Фрагмент абрису теодолітної зйомки

В процесі виконання теодолітної зйомки ситуації місцевості будується абрис. Абрис є схематичним кресленням, складений від руки в довільному масштабі, на якому показують опорні пункти і лінії, з яких здійснювалася зйомка, взаємне розташування місцевих предметів і контурів та результати вимірювань, отримані при зйомці. На абрисі роблять необхідні надписи та пояснення умовних скорочень. Абрис є документом, за допомогою якого складається план. Тому він повинен бути складений акуратно і чітко.

Процес нанесення ситуації на план зворотний процесу зйомки. План оформляється умовними знаками даного масштабу.

10.2 Перелік приладів та обладнання для виконання планової зйомки берегової ділянки річки

Для виконання планової зйомки берегової ділянки річки використовують наступні прилади та обладнання:

- 1) теодоліт (2Т-30);
- 2) накладна бусоль теодоліта;
- 3) штатив;
- 4) кілки та тички;
- 5) стрічка мірна та рейка нівелірна;
- 6) журнал для записів;
- 7) планшет з аркушами та олівець.

10.3 Обробка результатів вимірювань та побудова плану берегової ділянки річки

Після вимірювання всіх кутів теодолітного ходу (табл. 10.1) обчислюють кутову нев'язку ($f_{обч}$), яка дорівнює різниці суми виміряних кутів теодолітного ходу ($\sum \beta_{вим}$) і його теоретичної суми ($\sum \beta_{теор}$):

$$f_{обч} = \sum_{i=1}^n \beta_{вим} - \sum_{i=1}^n \beta_{теор}. \quad (10.1)$$

Сума виміряних кутів розімкненого теодолітного ходу, прив'язка якого виконана до напрямку на північ, дорівнює:

$$\sum_{i=1}^n \beta_{вим} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_{n-1} + \beta_n, \quad (10.2)$$

де $\beta_1_{вим} = A_{1-2_{вим}}$ та $\beta_n_{вим} = 360^\circ - A_{n-(n-1)_{вим}}$; n – номер кінцевої станції (кількість виміряних кутів).

Теоретична сума правих за ходом годинникової стрілки розімкненого теодолітного ходу, прив'язка якого виконана до напрямку на північ, визначається за формулою:

$$\sum_{i=1}^n \beta_{теор} = A_{1-2} - A_{n-(n-1)} + 180^\circ \cdot n, \quad (10.3)$$

де n – номер кінцевої станції (кількість виміряних кутів).

Якщо отримана нев'язка виходить за межі граничнодопустимої $f_{обч} \geq f_{гр}$, то виконують перевірку даних вимірювань кутів (табл. 10.1) та

при наявності помилок перемиряють потрібні кути і заново обчислюють кутову нев'язку. Гранична нев'язка дорівнює:

$$f_{гр} = 1' \sqrt{n}, \quad (10.4)$$

де n – число виміряних кутів (кількість станцій).

Якщо отримана нев'язка не виходить за межі допустимої $f_{обч} \leq f_{гр}$, то її розподіляють порівну в усі кути теодолітного ходу та починають побудову плану берегової ділянки річки за даними табл. 10.1 і 10.2 та даними про ситуацію місцевості зафіксованими при схематичному кресленні абрису теодолітної зйомки (рис. 10.2).

Кутові поправки $v_{\beta_i} = -\frac{f_{\beta}}{n}$ (де n – число виміряних кутів) мають зворотний знак по відношенню до отриманої нев'язки, а їх сума по абсолютному значенню повинна дорівнювати нев'язці.

11 ВИЗНАЧЕННЯ НЕПРИСТУПНОЇ ВІДСТАНІ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕОДОЛІТА

Якщо безпосереднє вимірювання довжини якоїсь лінії на місцевості не можливе за тими чи іншими причинами (наприклад, відсутні плавзасоби та обладнання для виміру ширини річки), то у цьому випадку використовуються непрямі способи визначення відстані.

11.1 Методика визначення недоступної відстані за допомогою теодоліта

В гідрометрії неприступною відстанню є ширина річки або озера. Для визначення ширини річки за заданим напрямком створу або при теодолітній зйомці ділянки річки, треба виміряти базис b та прилеглі до нього кути α та β (рис. 11.1).

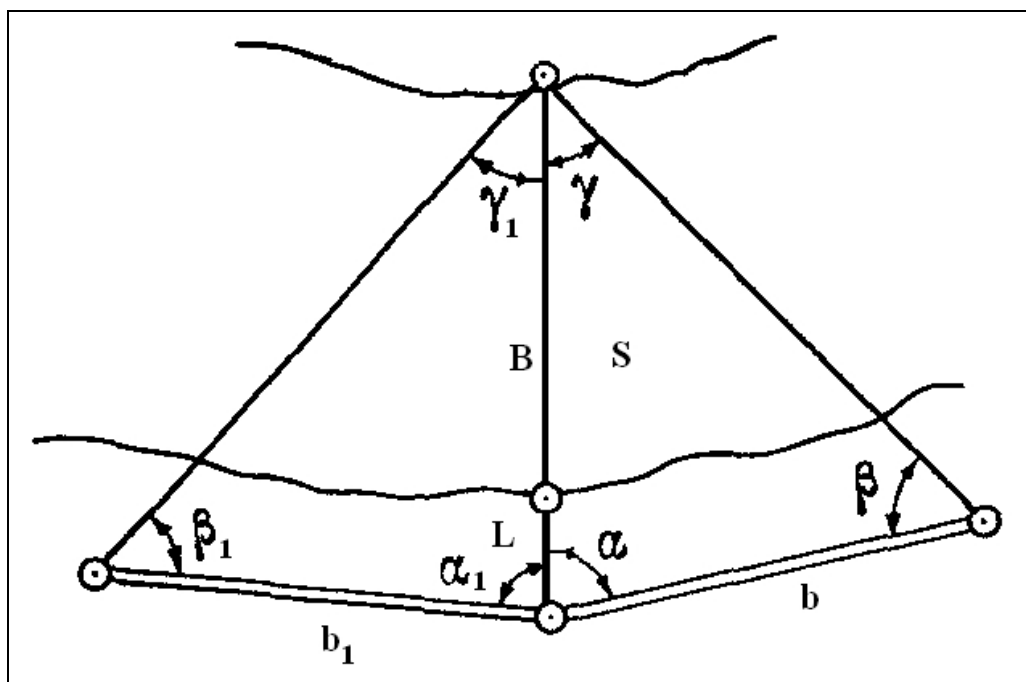


Рис. 11.1 – Визначення неприступної відстані (ширини річки)

Неприступна відстань (S , м) визначається за теоремою синусів:

$$S = b \frac{\sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)} . \quad (11.1)$$

Для зниження похибки потрібно щоб базис b був не менш $0,6 \cdot S$.

Для контролю виміру кутів в трикутнику (рис. 11.1) та обчислень неприступної відстані, вимірюють ще один базис b_1 , кути α_1 і β_1 та обчислюють S_1 за формулою (11.1).

Якщо

$$S - S_1 = 0,001 \cdot S_0, \quad (11.2)$$

то (де)

$$S_0 = 0,5 \cdot (S + S_1). \quad (11.3)$$

Ширина річки (B , м) дорівнює:

$$B = S_0 - L, \quad (11.4)$$

де L – відстань від базису до уріза води, м.

11.2 Перелік приладів та обладнання для визначення неприступної відстані

Для визначення неприступної відстані та ширини річки геодезичним способом використовують наступні прилади та обладнання:

- 1) теодоліт – для виміру кутів;
- 2) штатив для теодоліта – для встановлення теодоліта;
- 3) стрічка мірна або рейка нівелірна – для визначення відстаней;
- 4) кілки, тички та сокира – для фіксування точок базису;
- 5) планшет з аркушами, олівець та стругачка – для ведення записів;
- 6) мікрокалькулятор – для визначення синусів та інших обчислень.

11.3 Результати визначення неприступної відстані за допомогою теодоліта

Звітними матеріалами визначення неприступної відстані є:

- 1) пояснювальна записка з методикою визначення неприступної відстані (ширини річки);
- 2) перелік приладів та обладнання для визначення неприступної відстані та ширини річки геодезичним способом;
- 3) абрис (схема) визначення ширини річки геодезичним способом;
- 4) безпосередні данні визначення неприступної відстані на конкретному водному об'єкті.

12 СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЮ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВОДИ

При спостереженнях за температурою та фізико-хімічними властивостями води проводять наступні роботи:

- проводять візуальні спостереження поверхні водойми;
- визначають температуру;
- визначають запах, прозорість води, кольоровість, рН, розчинений кисень;
- відбирають проби води для хімічного аналізу;
- визначають гідрологічні параметри (рівень води, швидкість течії, глибину);
- виміряють температуру повітря, швидкість і напрямок вітру, наявність опадів.

12.1 Проведення візуальних спостережень поверхні водойми

Візуальні спостереження поверхні водойми включають:

- візуальне визначення забруднення водойми (покриття поверхні водоймища, озера, водотоку нафтовою або масляною плівкою, загибель риби, рослин, гнильний запах);
- виявлення, по можливості, джерела забруднення (установлення місця скидання стічних вод і таке інше) та зону поширення забруднення по довжині річки або площі водойми.

12.2 Вимірювання температури води

Температуру води в поверхневому шарі визначають водним термометром, який опускається у водний об'єкт у місці відбору проби на глибину 0,3-0,5 м. Після 5-8 хвилин термометр виймають і роблять відлік з точністю до 0,1 °С.

Звітні матеріали: результати записують у польову книжку КГ-9 або при строкових водомірних спостереженнях у КГ-1М.

12.3 Визначення прозорості та кольору води

Прозорість (см) в польових умовах визначається по границі зникнення білого диска Секкі (з тіньової сторони борта плавзасобу).

Прозорість не менш 30 см повинні мати води, що подаються для питного водопостачання без посвітління. Річкові води, крім гірських, можуть мати прозорість 25 см. Зменшення прозорості природних вод свідчить про їхнє забруднення.

Кольоровість – це природна властивість води, обумовлена наявністю гумінових речовин, які надають їй фарбування від жовтуватого до коричневих кольорів. Гумінові речовини утворюються при руйнуванні органічних сполук у ґрунті, вимиваються з нього і надходять у відкриті водойми. Тому кольоровість властива воді відкритих водойм і різко збільшується в паводковий період. Кольоровість води визначається в градусах. Вода, що має кольоровість 20 °, вважається безбарвною. Вода, що не піддається перед подачею споживачеві знебарвленню, повинна мати кольоровість не вище 20 °.

В польових умовах кольоровість визначають візуально за допомогою білого диска Секкі та спеціальної шкали кольоровості. Для цього диск Секкі опускають у воду на половину глибини прозорості досліджуваної води і, переглядаючи фарбування контрольних розчинів зверху вниз, знаходять циліндр, фарбування рідини в якому збігається з фарбуванням досліджуваної води на фоні білого диску (з тіньової сторони борта плавзасобу).

Звітні матеріали: результати записують у польову книжку КГ-9.

12.4 Визначення запаху

Визначення запаху роблять відразу після відбору безпосередньо у водного об'єкта. Спостерігач не повинен курити або приймати гостру їжу перед проведенням визначення. Визначення варто проводити при кімнатній температурі (біля 20 °С). Для цього 250 мл проби води поміщають у конічну колбу, закривають колбу пробкою і струшують обертовим рухом у закритому стані. Відкривають пробку і органолептичне визначають характер (табл. 12.1) та інтенсивність (табл. 12.2) запаху.

Таблиця 12.1 – Класифікація (характер) запаху

Характер запаху	Можливі джерела походження запаху
Хімічний	Промислові стічні води або хімічна обробка
Хлорний	Вільний хлор
Вуглеводний	Стоки нафтоочисних заводів
Лікарський	Фенол і йодоформ
Сірчистий	Сірководень
Гнильний	Застояні стічні води

Таблиця 12.2 – Визначення інтенсивності запаху води

Інтенсивність, в балах	Характеристика	Поява запаху
0	Ніякого запаху	Відсутність відчутного запаху
1	Дуже слабкий	Запах непомітний споживачем, але помітний фахівцем
2	Слабкий	Запах, легко помітний споживачем, якщо звернути увагу на нього
3	Помітний	Запах, помітний і здатний бути причиною того, що вода стає непридатною для пиття
4	Виразний	Запах, що обертає на себе увагу і змушуючи втриматися від пиття
5	Дуже сильний	Запах настільки сильний, що робить воду непридатною для пиття

Звітні матеріали: дані про інтенсивність та характер запаху записують словесно (наприклад, другий, хлорний) нижче запису про прозорість в польовій книжці КГ-9.

12.5 Визначення концентрації іонів водню (рН)

Визначення рН виробляється безпосередньо у водного об'єкта відразу ж після відбору проби. Вимір рН виконують колориметричним або електрометричним методом.

Колориметрична шкала, складається з 19 запаяних пробірок з розчинами і двох порожніх, з гумовими пробками, призначених для відібраної проби води. Досліджувану воду наливають в одну із пробірок за допомогою сифона - чистої гумової трубки, з затискачем Морю і скляним наконечником. Пробірку обполіскують два рази досліджуваною водою, а потім наповнюють до мітки. Прикладені до шкали індикатори діють тільки в певній частині шкали; бромтимоловий синій - рН від 6,00 до 7,60; крезоловий червоний - рН від 7,60 до 8,20; тимоловий синій - рН від 8,2 до 9,2.

Застосування того або іншого індикатора буде залежати від очікуваної величини рН відібраної проби. Якщо визначення здійснюється вперше, рекомендується починати з індикатора крезолового червоного. Індикатор набирають мікропіпеткою до верхньої риси і доливають у пробірку з досліджуваною пробою в обсязі 0,5 мл. Пробірку закривають пробкою, і її вміст обережно перемішують дворазовим перевертанням. При цьому досліджувана вода приймає певне фарбування, що буде залежати від концентрації іонів водню у

відібраній пробі. Отримане фарбування проби порівнюють з: фарбуванням розчину шкали в пробірках з відповідним індикатором. Порівняння фарбувань необхідно робити на білому тлі із двома суміжними пробірками шкали.

У випадку точного збігу тону фарбування за результат приймають величину рН зазначену на етикетці пробірки шкали. Якщо фарбування досліджуваної води відповідає проміжному тону між двома пробірками шкали, за результат беруть середнє між ними значення рН. Якщо отримане фарбування проби води не підходить по фарбуванню в межах дії даного індикатора, наприклад, крезолового червоного, визначення варто повторювати з іншим індикатором. Для цього другу перевірку зі шкали заповнюють тією ж пробєю води і чистою мікропіпеткою доливають обраний індикатор. Отримане фарбування порівнюють із відповідними розчинами шкали. Вибір другого індикатора роблять у такий спосіб:

- якщо фарбування відібраної проби води з індикатором крезоловий червоний інтенсивно жовте і не рівняється з першою пробіркою шкали діапазону крезолового червоного, застосовують індикатор бромтімоловий синій;

- якщо фарбування відібраної проби води червоне і більш яскраве, чим в останній пробірці шкали діапазону крезолового червоного, застосовують індикатор тимоловий синій.

Звітні матеріали: результати записують у польову книжку КГ-9.

12.6 Визначення розчиненого кисню (O_2)

Кількість кисню, розчиненого у воді, залежить від температури води та парціального тиску. При парціальному тиску кисню в атмосферному повітрі, рівному 0,21 ат, в умовах контакту води з повітрям, при атмосферному тиску 760 мм рт. ст., граничний (рівноважний) зміст кисню залежить від температури води (t , °C) і визначається за рівнянням (12.1):

$$C(O_2)_{гр} = 14,22 \cdot e^{-0,0219 \cdot t} . \quad (12.1)$$

Концентрація кисню $C(O_2)_{гр}$ може бути виражена в мг/л, мг/дм³ або см³/л. Перехід між цими розмірностями виражається співвідношенням: 1 мг/л = 1 мг/дм³ = 1,429 см³/дм³.

Зниження концентрації кисню в порівнянні з величинами, розрахованими за рівнянням (12.1) свідчить про забруднення води. У річках, води яких використовуються для господарсько-питного водопостачання, вміст розчиненого кисню не повинен бути менше ніж 4 мг/дм³. При концентрації кисню нижче 1-1,5 мг/дм³ гине риба.

В польових умовах концентрацію розчиненого у воді кисню вимірюють за допомогою переносних електронних приладів АЖА-001 або ЕКОТЕСТ-2000, підготовка та калібрування яких виконується у лабораторних умовах фахівцями з хімії та електроніки.

Звітні матеріали: результати визначення концентрації кисню записують у польовій книжці КГ-9.

12.7 Визначення біохімічного споживання кисню (БСК₅)

Знання про біохімічне споживання кисню дають відносні дані про вміст у воді легкоокислювальної органічної речовини: чим вище її концентрація, тим більше споживання кисню.

Для визначення БСК₅ у природних водах рекомендується скляночний метод, коли кількість кисню для окислювання органічної речовини в пробі визначається по різниці вмісту розчиненого кисню у двох пробах. В одній з них визначається вміст кисню негайно ж, а в іншій – після п'ятидобової інкубації при 20° С у темряві.

Досліджувану пробу 250-300 мл доводять до температури 20 °С (шляхом нагрівання або охолодження) і сильно струшують у скляній колбі місткістю 500 мл протягом однієї хвилини для насичення повітрям. Потім воду наливають у дві склянки із притертими пробками (кожна на 100-160 мл) так, щоб вода переливалася через край.

В однієї зі склянок кисень визначають відразу ж, іншу склянку з досліджуваною водою витримують у темряві в термостаті (температура 20 °С) у ємності з водою (вода повинна покривати склянку повністю) 5 діб. Після закінчення цього строку в ній визначають розчинений кисень, що залишився (метод - див. визначення кисню).

Біохімічне споживання кисню на п'яту добу (БСК₅, мгО₂/дм³) буде дорівнювати:

$$\text{БСК}_5 = C(\text{O}_2)_1 - C(\text{O}_2)_2, \quad (12.2)$$

де $C(\text{O}_2)_1$ – концентрація розчиненого у воді кисню, при температурі 20 °С, в перший день; $C(\text{O}_2)_2$ – концентрація розчиненого у воді кисню, при температурі 20 °С, через 5 діб.

Звітні матеріали: результати визначення БСК₅ записуються на звороті польової книжки КГ-9.

12.8 Відбір проб води для хімічних аналізів

Проби води на хімічний аналіз відбирають з глибини 0,2-0,5 м від поверхні води емальованим відром місткістю 10 л. Із відра наповнюють водою посудини для визначення величини рН, змісту розчиненого у воді кисню, двоокису вуглецю, фіксують розчинений у воді кисень, а також наповнюють водою пляшки для визначення БСК і подальшого аналізу в лабораторії. Проби для визначення нафтопродуктів, фенолів, СПАР, важких металів, пестицидів відбирають в окремі пляшки.

Обсяг проби води на хімічний аналіз із кожного створу становить 7-8 л. Для транспортування проб води використовують, поліетиленовий і скляний посуд. З метою збереження пляшок при транспортуванні необхідно не доливати воду до пробки на 1-2 см.

12.9 Підготовка проб води для транспортування в лабораторію

Відразу після визначення фізичних властивостей та аналізу нестійких компонентів варто підготувати проби на хімічний аналіз для відправлення в стаціонарну лабораторію.

Для запобігання зміни хімічного складу води проби на хімічний аналіз консервуються хлороформом – 3-4 л (2 мл на 1 л води), кислотою – 1 л (1 мл 25%-ної H_2SO_4 на 1 л води), лугом – 1 л (5мл 30%-ним $NaOH$ на 1 л води). Загальний обсяг проби становить 7-8 л, з них 2 л без консервації.

Для визначення в пробі води фенолів (1 л з лугом), нафтопродуктів (1 л із хлороформом), пестицидів (1 л не консервована) використовується скляний посуд, а для інших аналізів – поліетиленовий посуд.

Кожна пляшка повинна мати талон-етикетку (рис. 12.1).

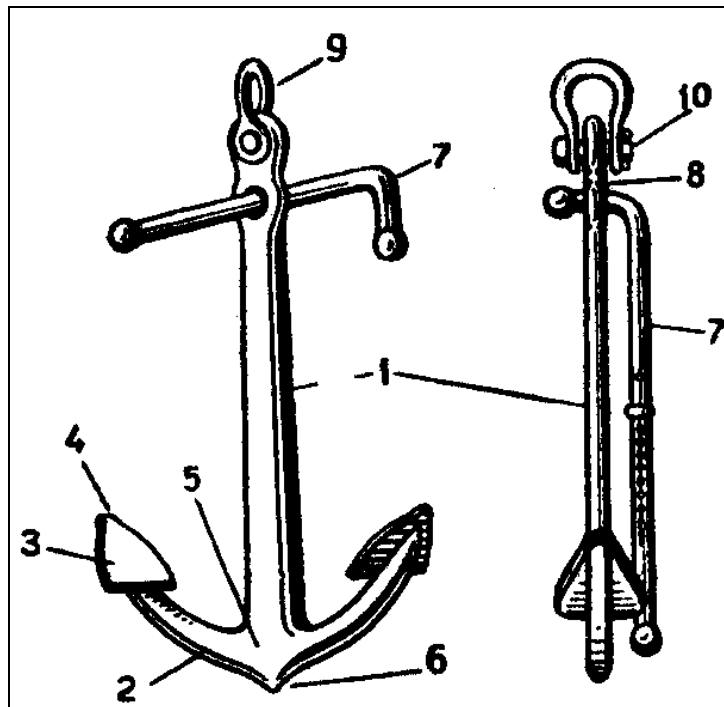
Водний об'єкт _____	Пункт _____
Дата відбору проби _____	
Місце відбору проби _____	
Глибина відбору проби _____	
Консервація проби _____	
Пробу взяв _____ (прізвище, ім'я, по батькові)	

Рис. 12.1 – Талон-етикетка консервації пляшки води

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

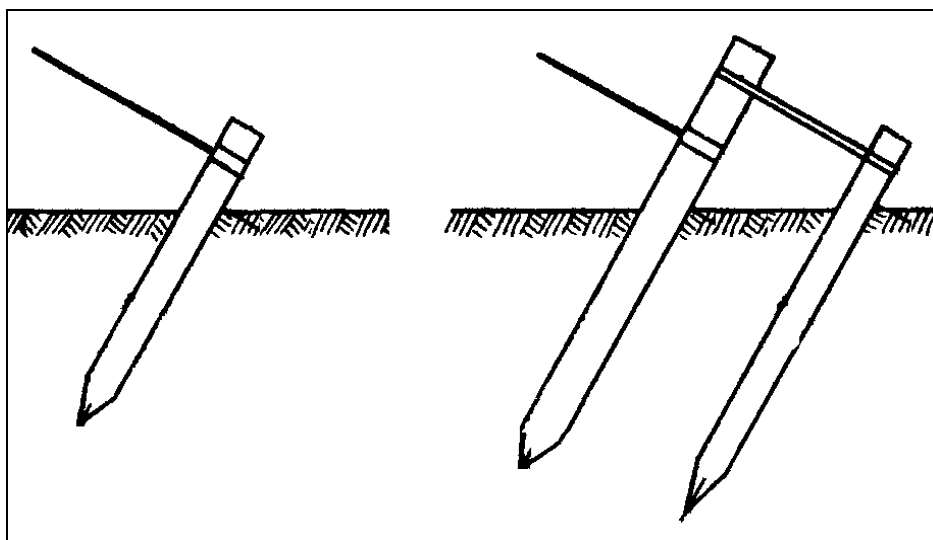
1. Правила по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидромета. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.
2. Кудряшов Г.М. Правила по технике безопасности при производстве гидрометеорологических работ. – Л.: Гидрометеиздат, 1970.
3. Шмидт С.В. Техника безопасности при гидрологических работах. – Л.: Гидрометеиздат, 1961.
4. Інструкція № 67 з ОП і ТБ для студентів ОДЕКУ. – Одеса, ОДЕКУ, 2006.
5. Гидрологическая изученность.
6. Гидрологический ежегодник.
7. Основные гидрологические характеристики.
8. Ресурсы поверхностных вод.
9. Колодєєв Є.І. Основи геодезії. Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: Вид-во “Економіка”, 2005. – 107 с.
10. Модринский Н.И. Геодезия. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 464 с.
11. Неумывакин Ю.К., Смирнов А.С. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985. – 200 с.
12. Фёдоров Ю.А. Геодезия с основами инженерной графики. – С.-П.: Гидрометеиздат, 1995. – 447 с.
13. Кудрицкий Д.И. Геодезия. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 416 с.
14. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6, ч.1. – Л.: Гидрометеиздат, 1978.
15. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6, ч. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1975.
16. Карасев И.Ф., Васильев А.В., Субботина Е.С. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1991.
17. Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1977.
18. Колодєєв Є.І., Чернов М.І. Основи річкової гідрометрії. Навчальний посібник. – Одеса, ТЕС, 2002.
19. Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.
20. Колодєєв Є.І., Чернов М.І., Швебс О.Г. Лабораторний практикум з гідрометрії. Навчальний посібник. – Одеса, ТЕС, 2004.
21. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М.: Недра, 1989. – 286 с.

ДОДАТКИ

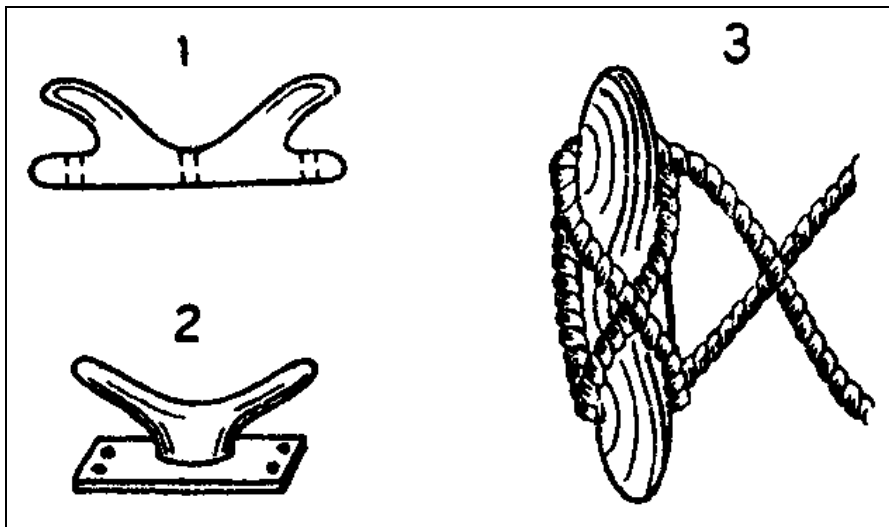


Додаток 1 – Адміралтейський якір:

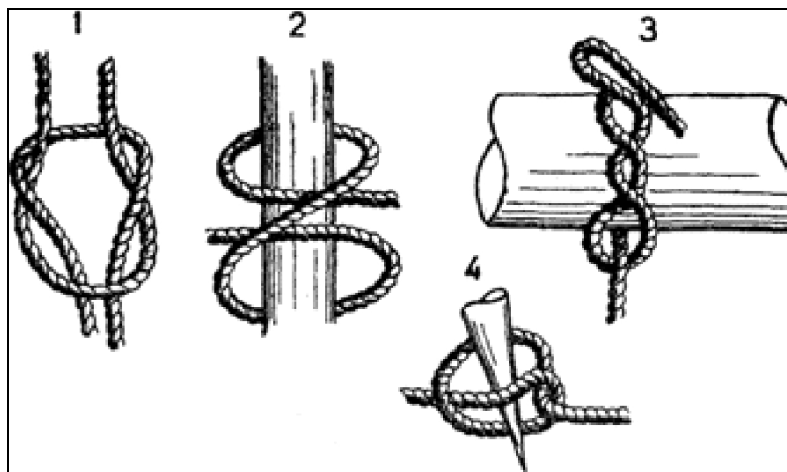
1 - веретено, 2 - ріг, 3 - лапа, 4 - носок, 5 - тренд, 6 - п'ятка, 7 - шток,
8 - шийка, 9 - скоба, 10 - болт



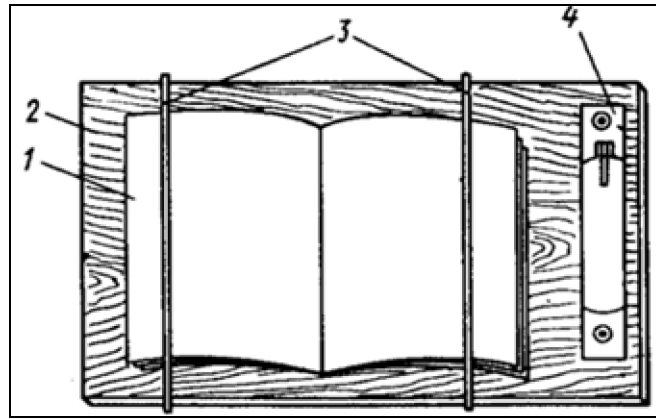
Додаток 2 – Пальові якорі (анкери)



Додаток 3 – Закріплення станового тросу:
1 - вудка, 2 - мушка, 3 - вудка з накладеною вісімкою

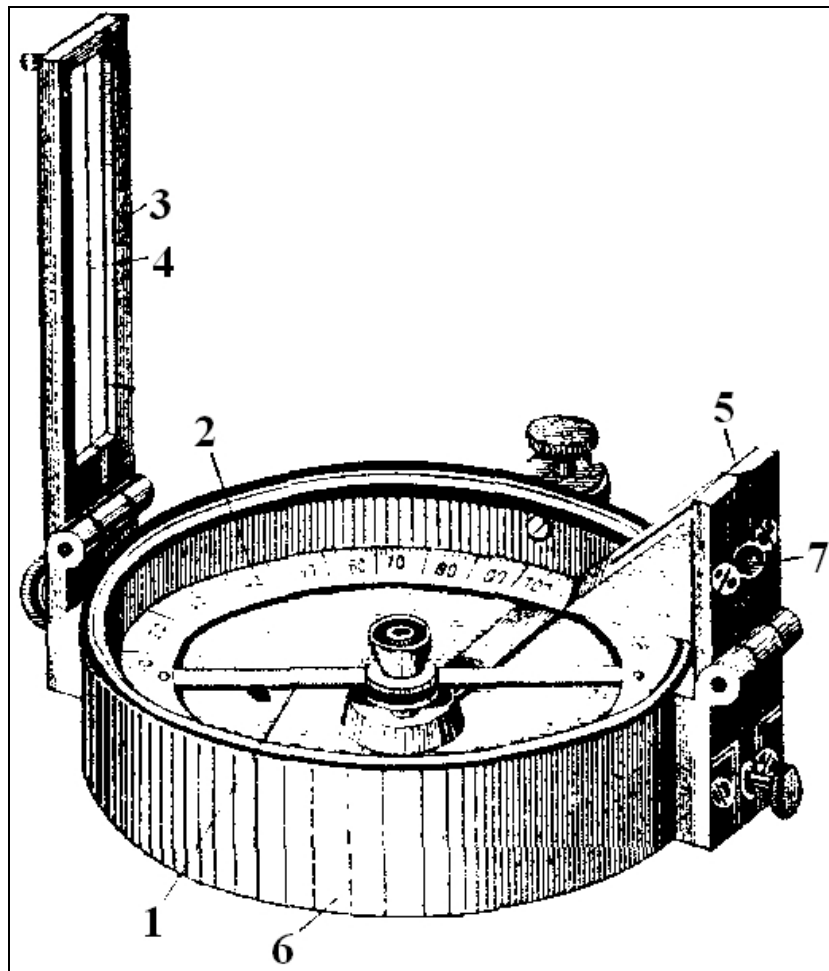


Додаток 4 – Види вузлів:
1 - прямий вузол, 2 - вибленочний вузол, 3 - удавка, 4 - пальовий



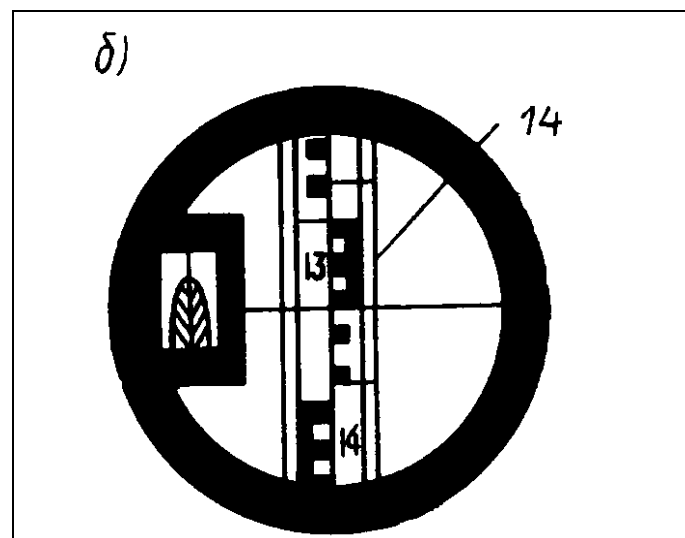
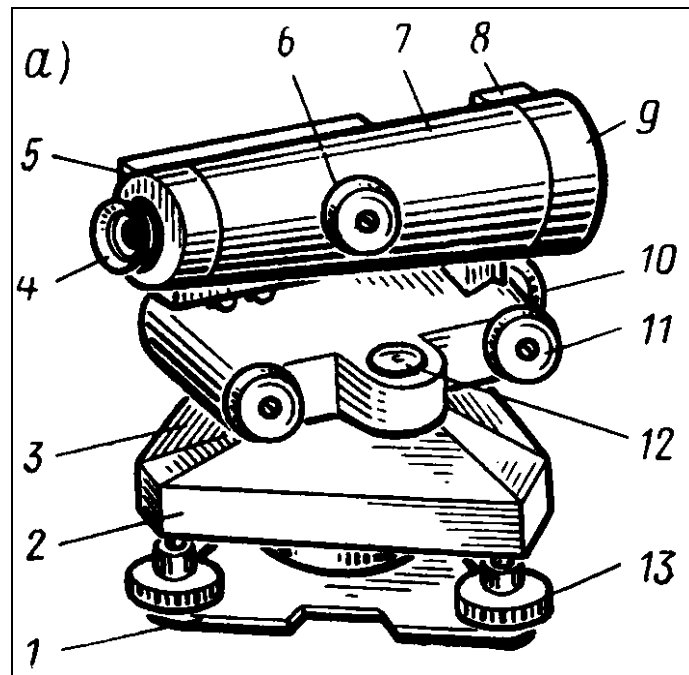
Додаток 5 – Планшет:

1 - польовий журнал, 2 - лист фанери, 3 - гумка, 4 - футляр з олівцем



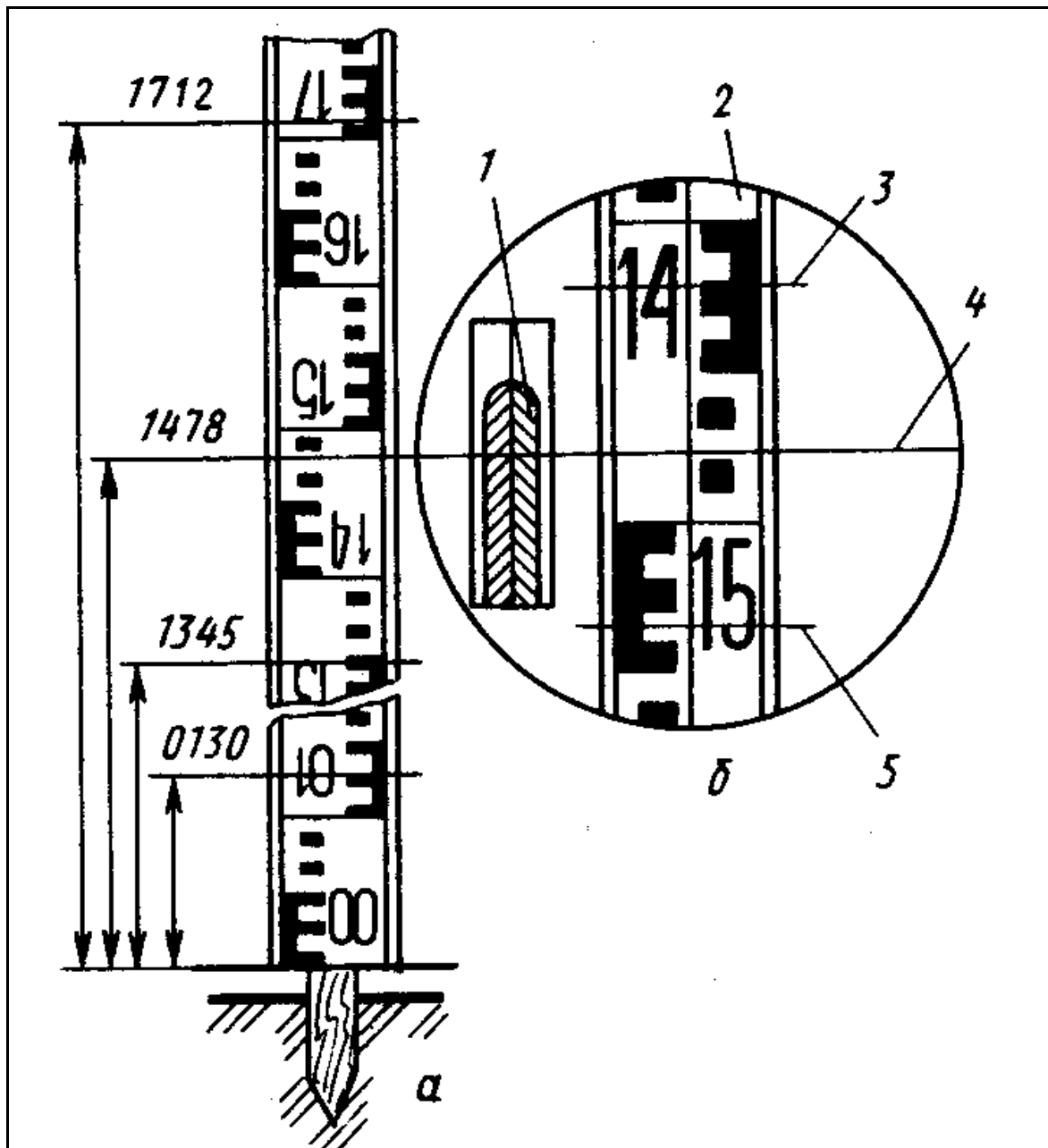
Додаток 6 – Ручна бусоль БШ (бусоль Шмалькальдера)

1 - магнітна стрілка, 2 - лімб, 3 - предметний діоптр, 4 - візирна нитка,
5 - діоптр для ока, 6 - кільце для захисту, 7 - призматична лупа



Додаток 7 – Нівелір Н-3 (а - загальний вигляд, б - поле зору труби):

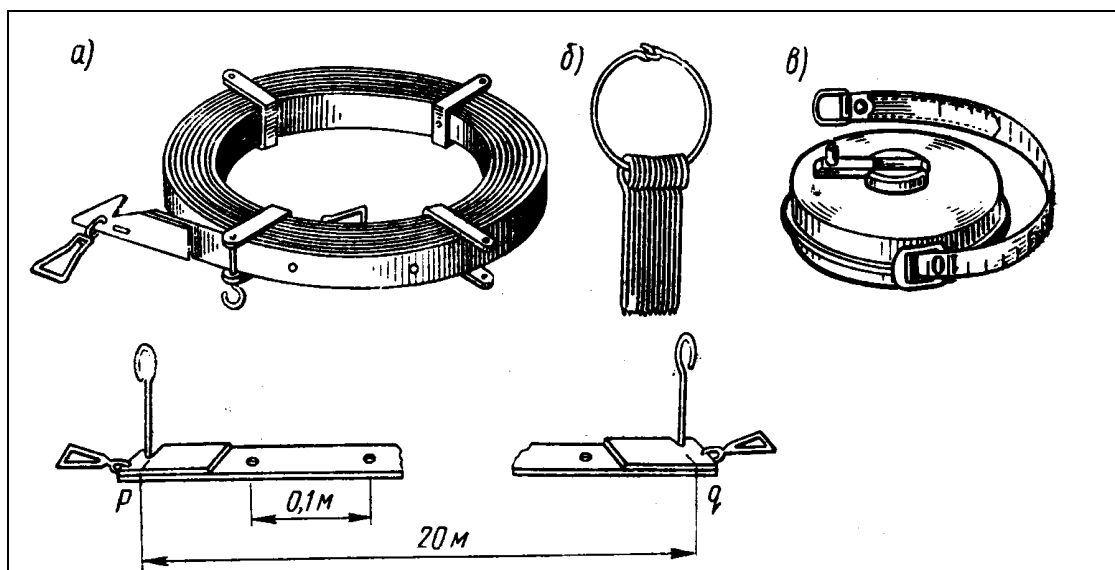
1 - пластина, 2 - підставка, 3 - елеваційний гвинт, 4 - окуляр, 5 - циліндричний рівень, 6 - фокусувальний гвинт (кремальєра), 7 - зорова труба, 8 - приціл, 9 - об'єктив, 10 - закріплювальний гвинт, 11 - навідний гвинт, 12 - сферичний рівень, 13 - підймальний гвинт, 14 - нівелірна рейка в полі зору труби



Додаток 8 – Відліки по рейці при візуванні на точку:

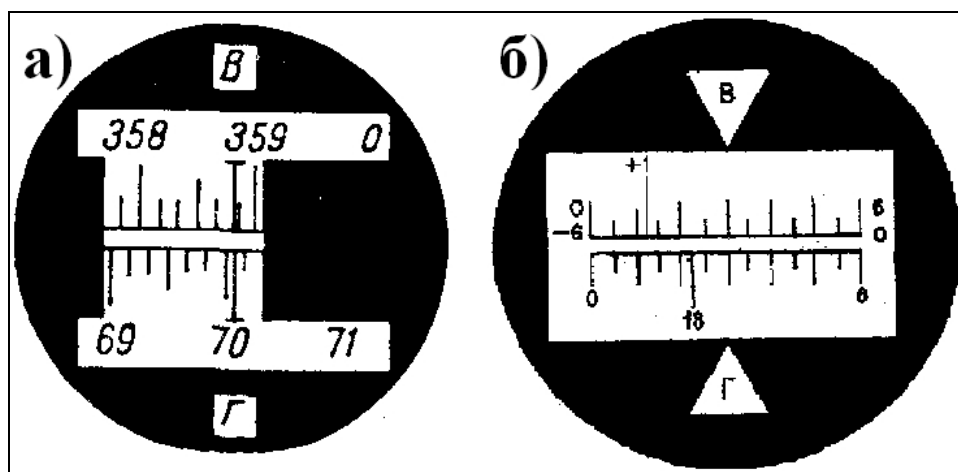
а – нівелірна рейка, встановлена на пікеті; **б** – поле зору труби нівеліра;

1 – зображення бульбашки циліндричного рівня, приведеного в контакт (на середину ампули); 2 – зображення рейки; 3, 5 – далекомірні нитки сітки; 4 – середня горизонтальна нитка сітки ниток (відлік по ній: 1478)



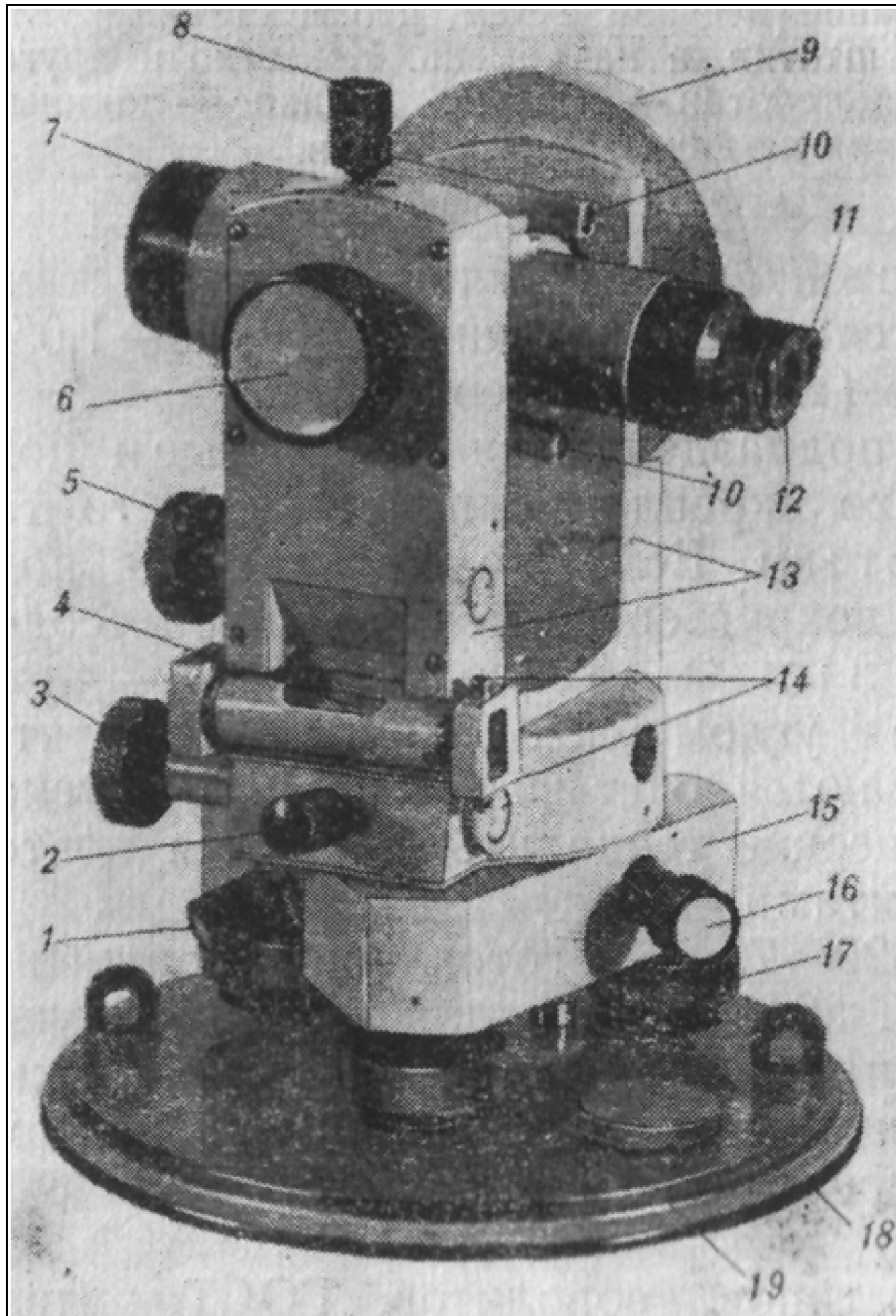
Додаток 9 – Прилади для лінійних вимірювань:

а) сталева двадцятиметрова штрихова стрічка, б) шпильки, в) рулетка



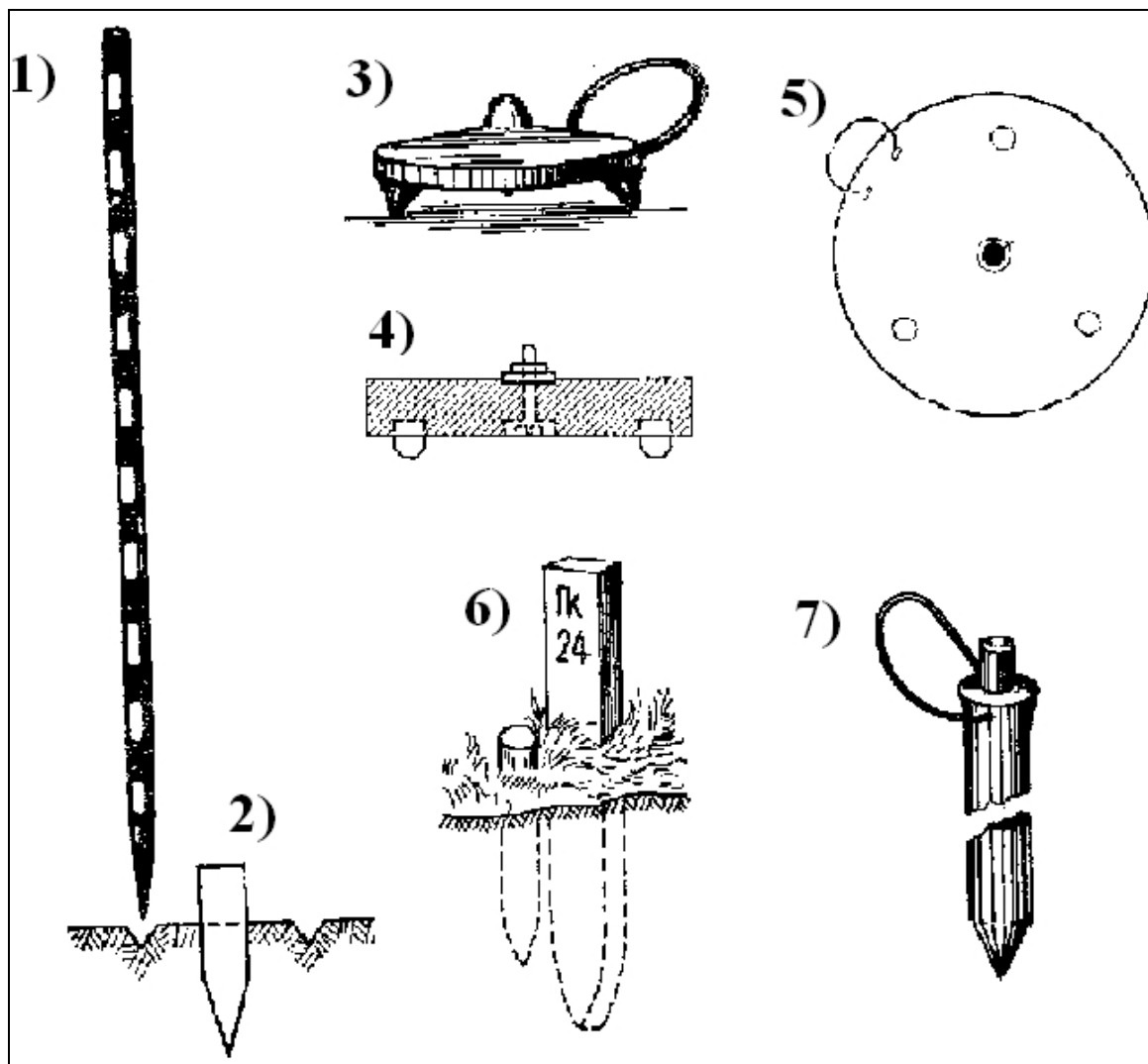
Додаток 10 – Поле зору оптичних мікроскопів теодолітів:

а) Т-30 (відлік на горизонтальному колі $70^{\circ}04'$, на вертикальному $358^{\circ}48'$);
 б) 2Т-30П (відлік на горизонтальному колі $18^{\circ}22'$, на вертикальному $+1^{\circ}12'$)



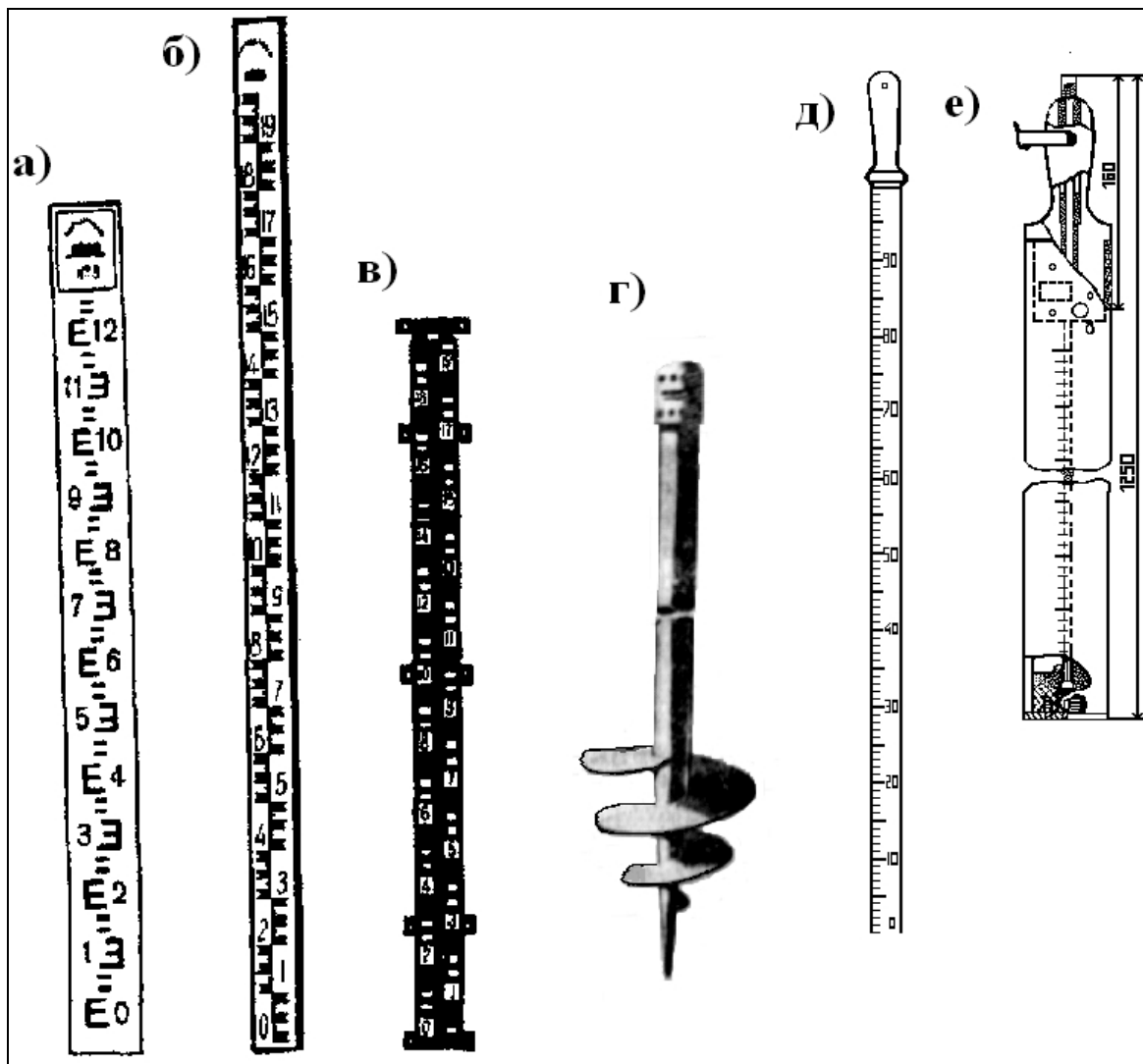
Додаток 11 – Теодоліт Т-30:

1 - закріпний гвинт лімба, 2 - закріпний гвинт алідади, 3 - навідний гвинт алідади, 4 - циліндричний рівень, 5 - навідний гвинт труби, 6 - кремальєра, 7 - об'єктив труби, 8 - закріпний гвинт труби, 9 - вертикальний круг, 10 - візири, 11 - окуляр відлікового мікроскопу, 12 - окуляр труби, 13 - колонки труби, 14 - юстировочні гвинти рівня, 15 - підставка, 16- навідний гвинт лімба, 17 - підйомний гвинт, 18 - прижимна пластина, 19 - основа приладу (дно футляру)



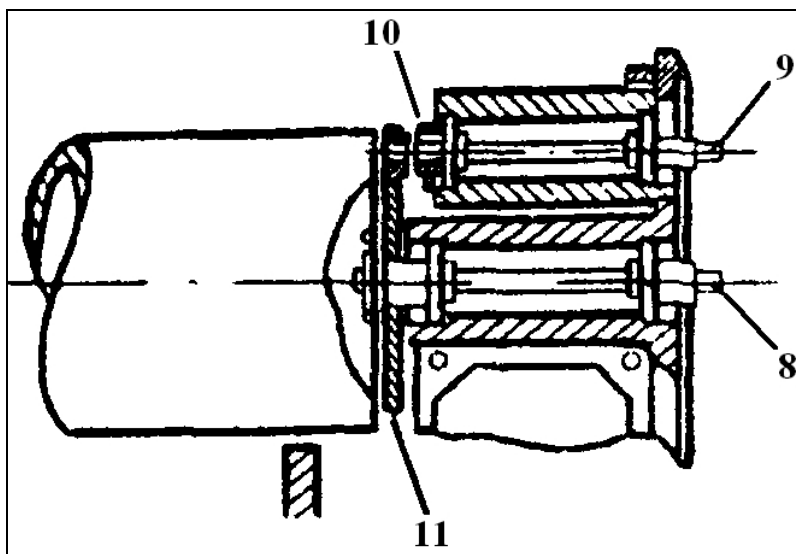
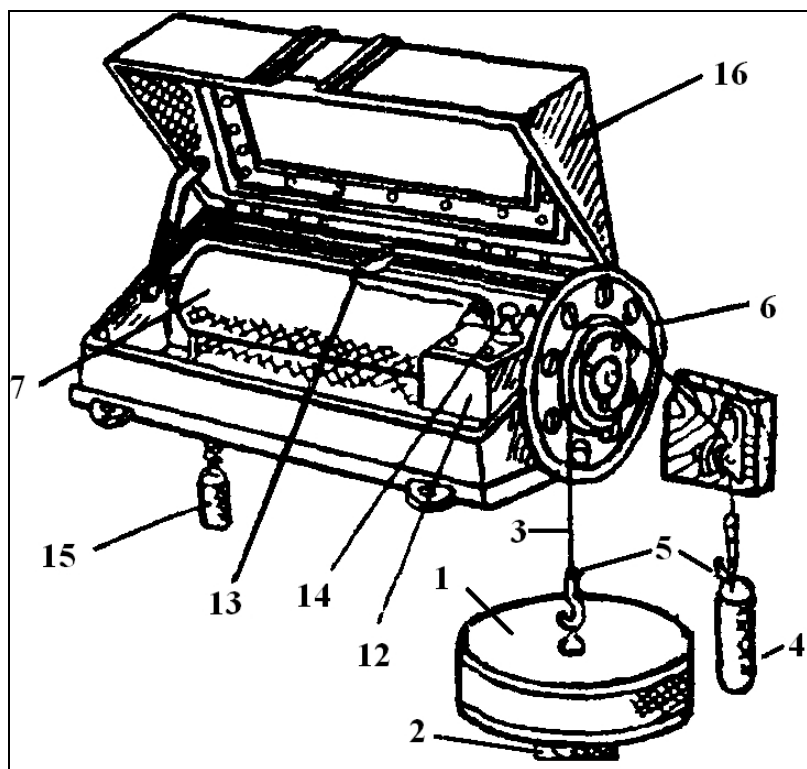
Додаток 12 – Устаткування для фіксації пунктів геодезичних ходів:

- 1) тичка, 2) кілок, 3) металевий башмак, 4) дерев'яний башмак, 5) вид башмаків зверху, 6) кілок та сторожок біля нього, 7) костиль



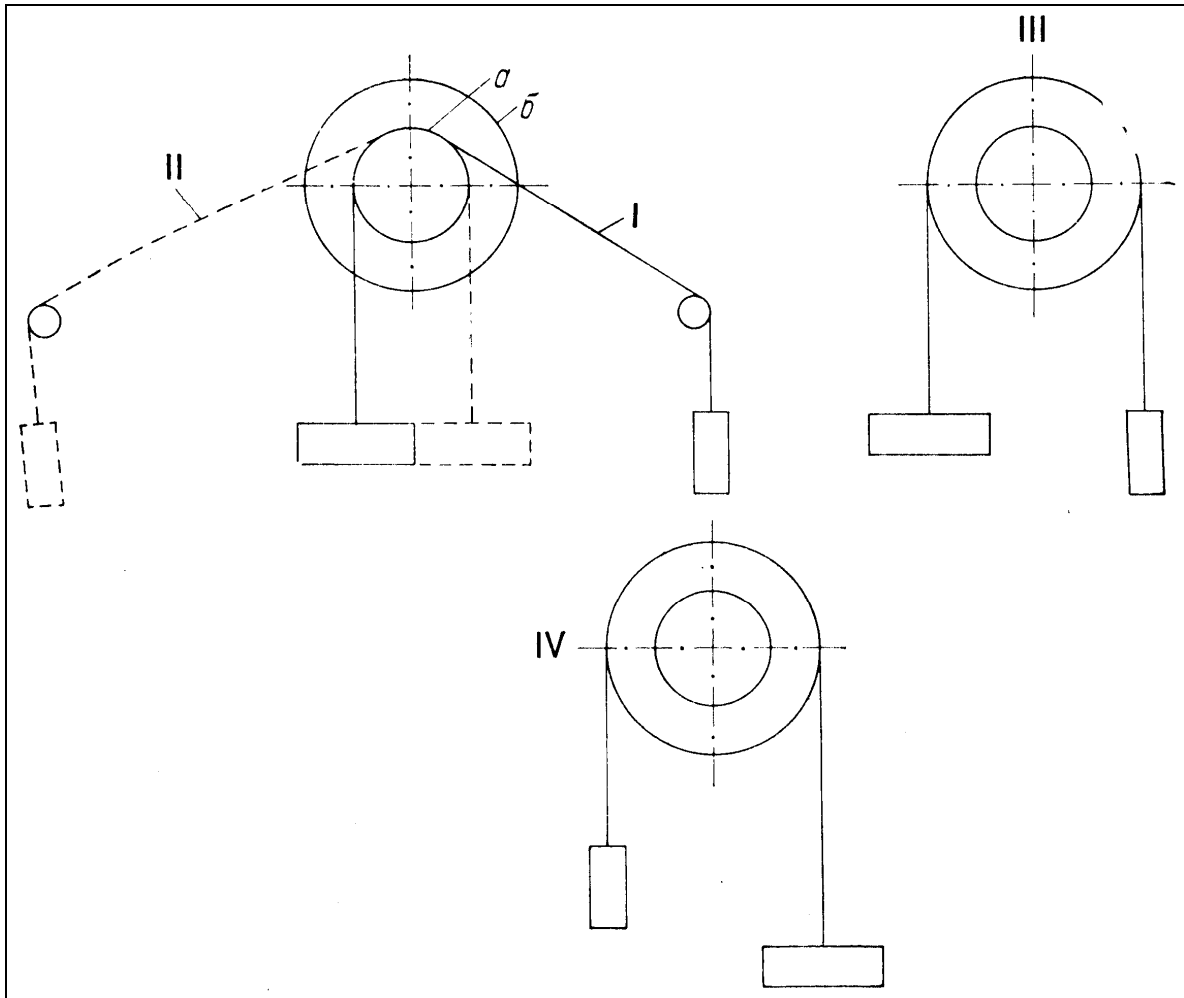
Додаток 13 – Типи водомірних рейок та паль:

а) дерев'яна, б) металева емальована, в) чавунна, г) стандартна металева пал'я ПИ-20, д) переносна рейка ГР-104, е) рейка із заспокоювачем ГР-23



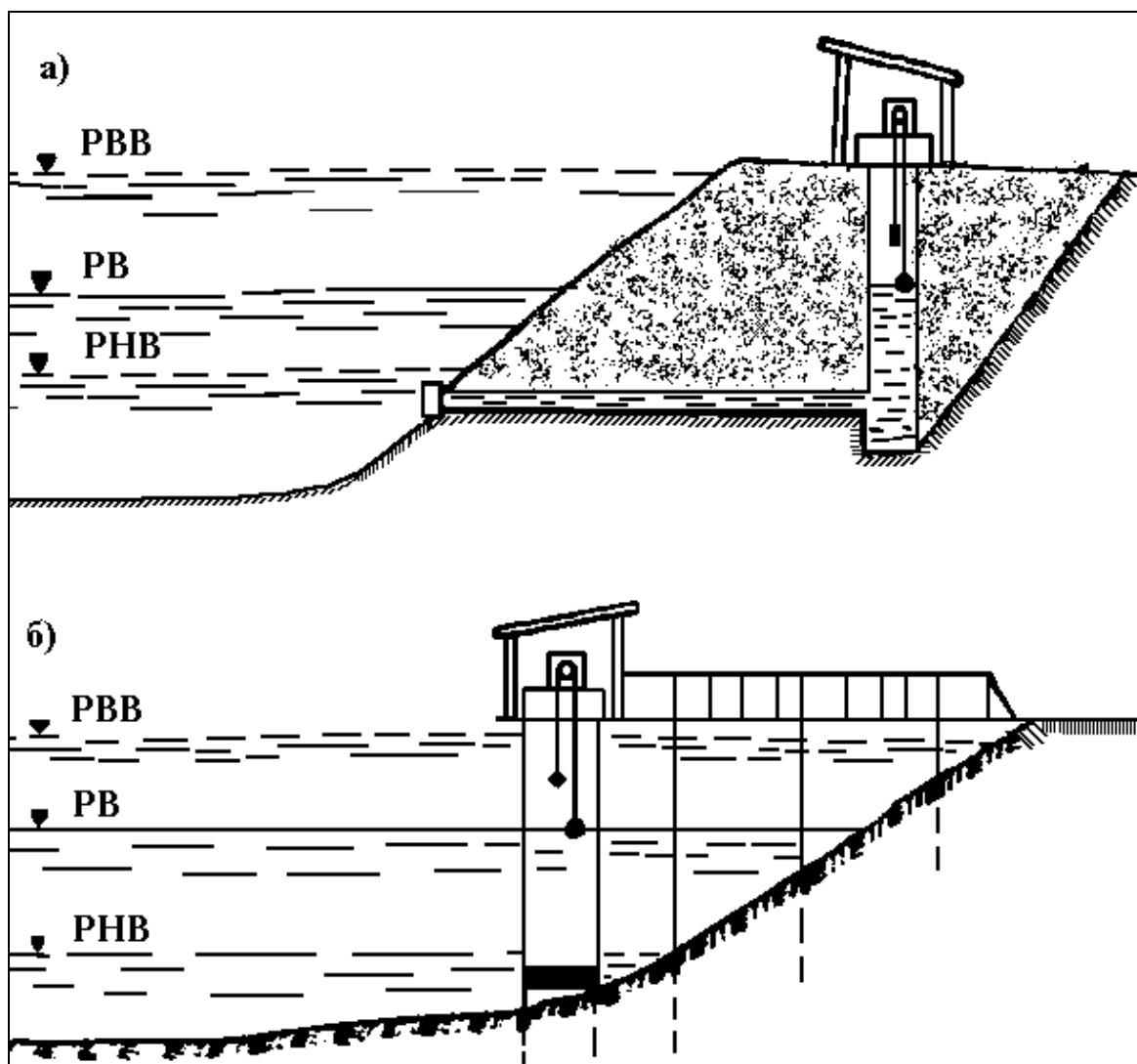
Додаток 14 – Самопис рівня води “Валдай”:

1 - поплавець, 2 - вага, 3 - трос, 4 - противага, 5 - затискачі, 6 - поплавцеве колесо, 7 - барабан, 8 - основна вісь, 9 - додаткова вісь, 10 - трібка, 11 - шестірня, 12 - годинниковий механізм, 13 - каретка з пером, 14 - завідна головка, 15 - гиря годинникового механізму, 16 - захисна кришка



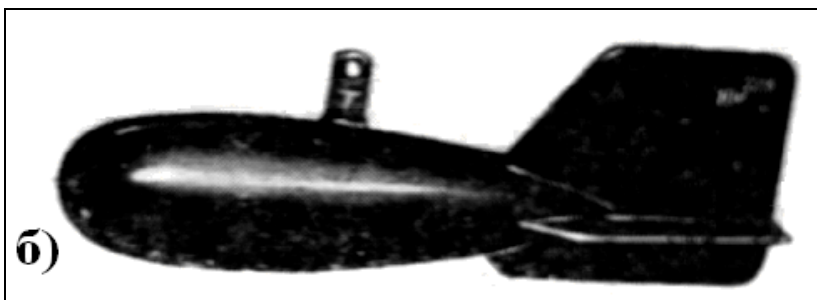
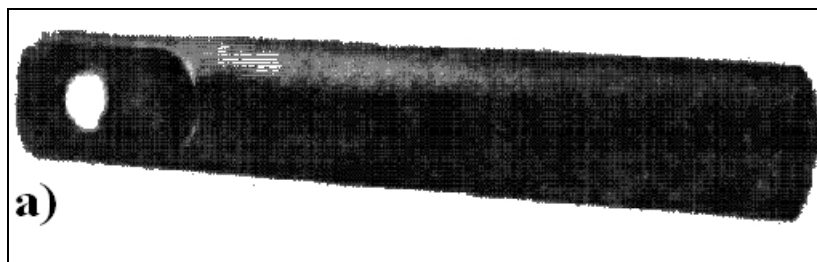
Додаток 15 – Положення поплавця СРВ “Валдай” по відношенню до поплавцевого колеса при різних масштабах запису:

I - масштаб запису 1:1, II - масштаб запису 1:5, III - масштаб запису 1:2, IV - масштаб запису 1:10; а - малий шків, б - великий шків



Додаток 16 – Схеми встановлення самописів рівня води (СРВ):

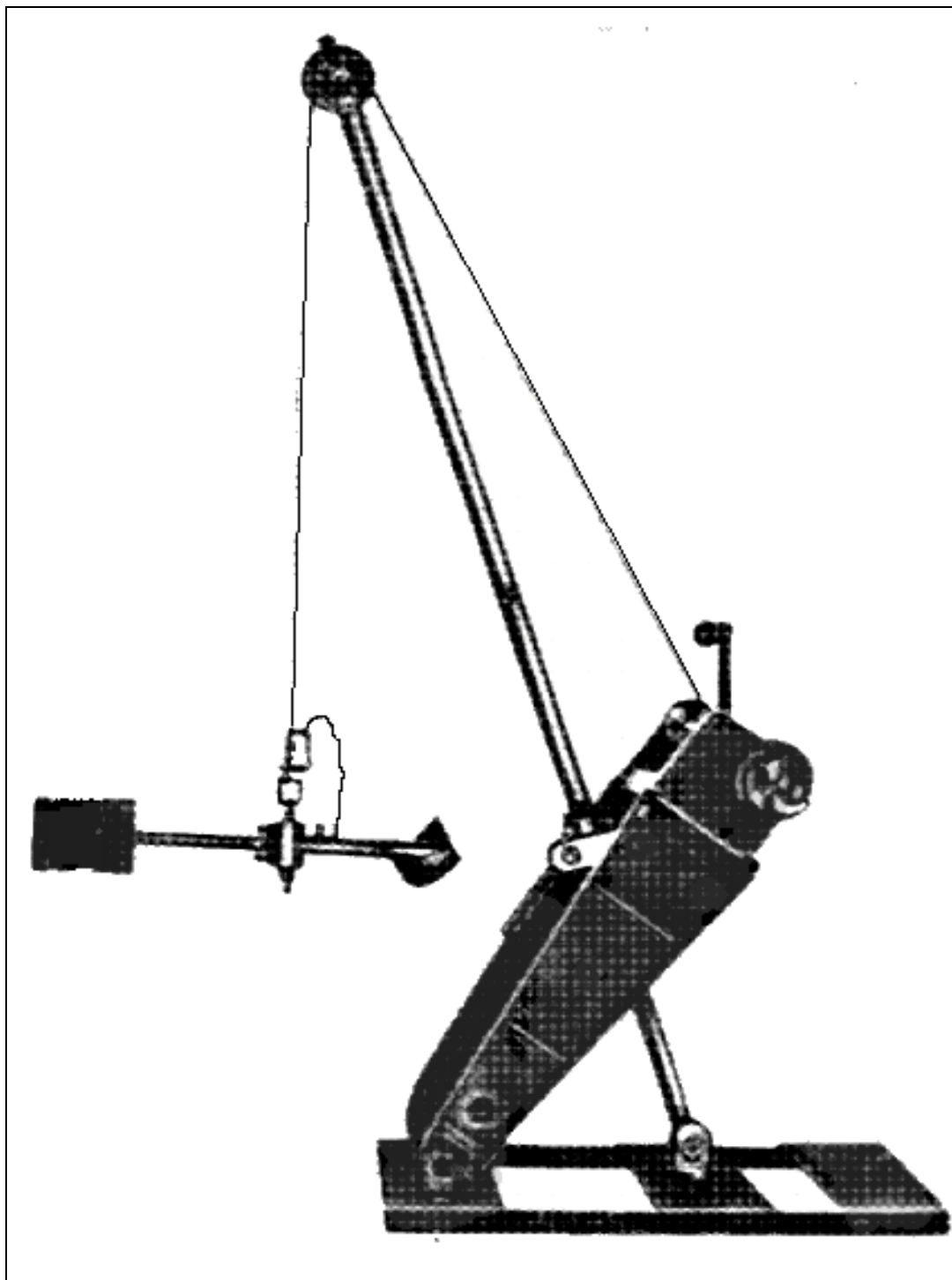
а) береговий тип, **б)** острівний тип



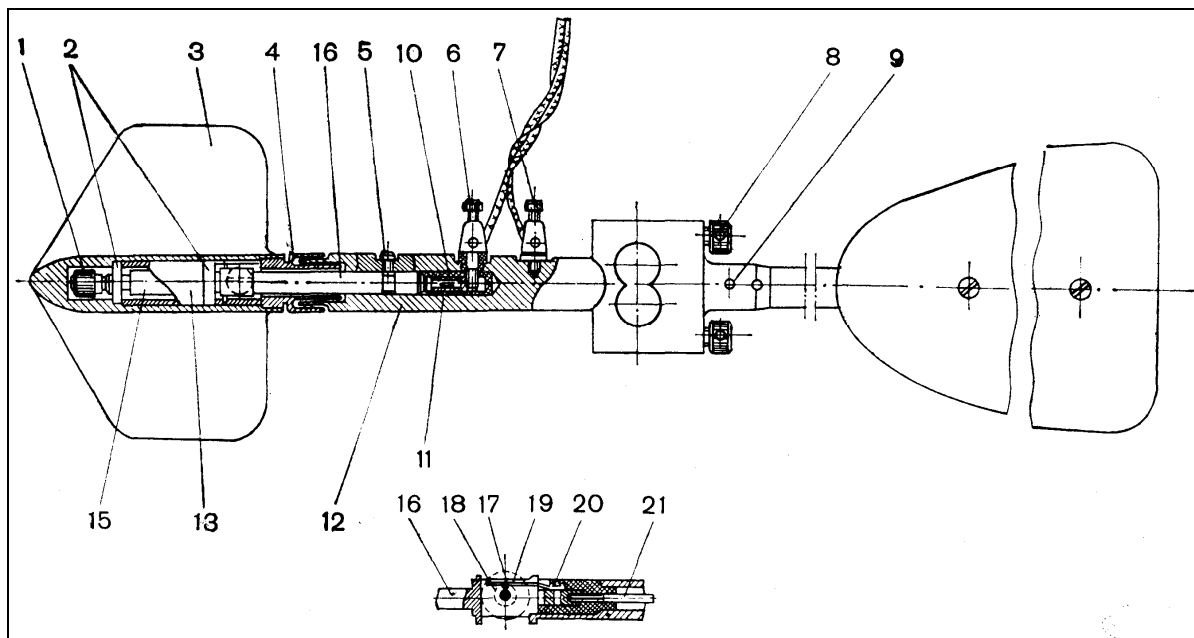
Додаток 17 – Вантажі для промірів глибин:
а) лот промірний ЛПР-48, б) вантаж гідрометричний стандартний



Додаток 18 – Гідрометрична лебідка (лот механічний) “Луга” (ПИ-24)

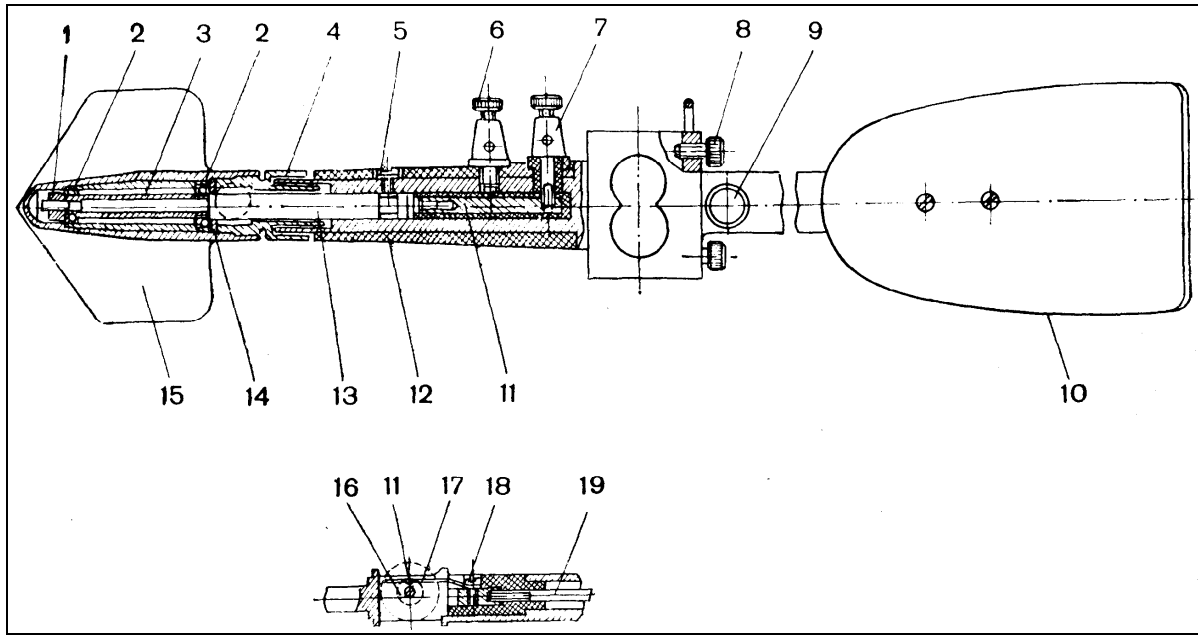


Додаток 19 – Гідрометрична лебідка (лот механічний) “Нева” (ПІ-23)
з млинком



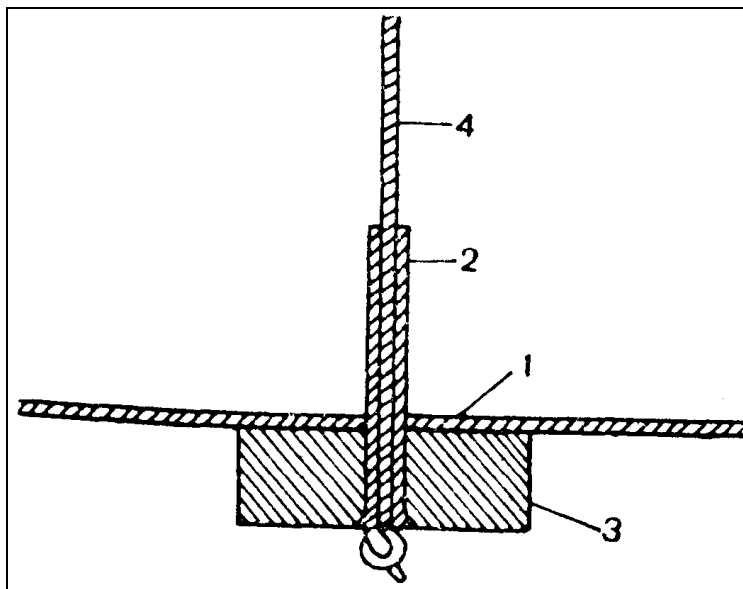
Додаток 20 – Загальний вид гідрометричного млинка ГР-21М (у розрізі):

1 - вістова гайка, 2 - радіальні упорні шарикові підшипники, 3 - лопатевий гвинт, 4 - муфта, 5 - стопорний гвинт, 6 - вагова клема, 7 - ізольована клема, 8 - затискні гвинти, 9 - гвинт для кріплення стабілізатора напрямку, 10 - гніздо для штепселя, 11 - штепсельний штифт осі, 12 - корпус млинка, 13 - зовнішня втулка, 14 - гільза з черв'ячною втулкою, 15 - внутрішня розпірна втулка, 16 - вісь ходової частини, 17 - контактний штифт, 18 - черв'ячна шестерня, 19 - контактна пружина, 20 - контактний гвинт, 21 - електропровідний стрижень



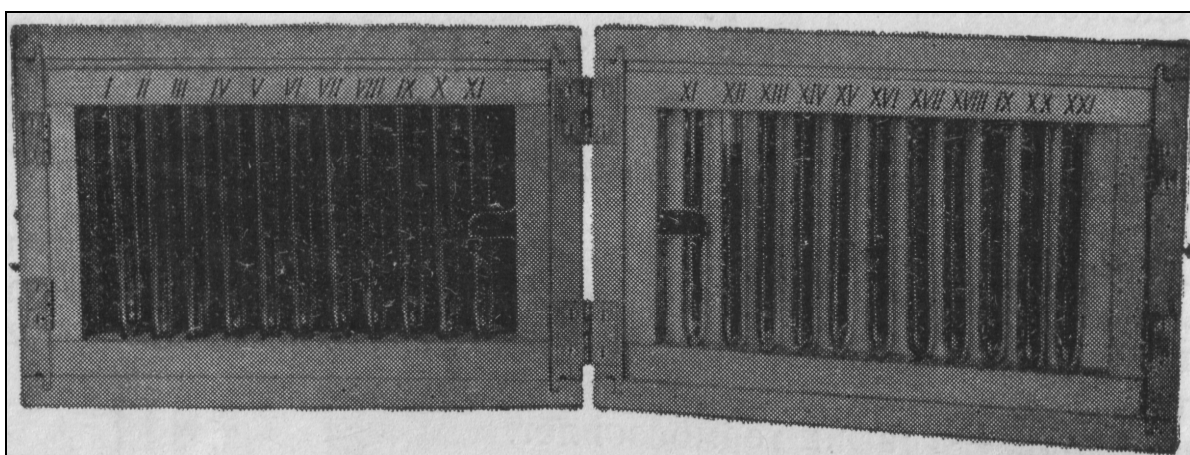
Додаток 21 – Загальний вид гідрометричного млинка ГР-55 (у розрізі):

1 - вістова гайка, 2 - радіальні упорні шарикові підшипники, 3 - внутрішня упорна втулка, 4 - упорна шайба, 5 - стопорні гвинти, 6 - вагова клема, 7- ізолювана клема, 8 - затискні гвинти, 9 - гвинт для кріплення стабілізатора напрямку, 10 - стабілізатор напрямку, 11 - штепсельне гніздо, 12 - корпус млинка, 13 - вісь ходової частини, 14 - затискна муфта, 15 - лопатевий гвинт, 16 - черв'ячна шестерня, 17 - контактна пружина, 18 - контактний гвинт, 19 - стрижень штепселя



Додаток 22 – Білий диск (диск Секкі) для визначення прозорості води:

1 - металевий круг білого кольору, 2 - втулка в центрі диска, 3 – грузило, прикріплене знизу диска, 4 - лань, що пропущено через втулку



Додаток 22 – Шкала кольоровості води

Навчальне видання

Колодєєв Євген Іванович
Гриб Олег Миколайович

МЕТОДИ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ
(ГІДРОЛОГІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ)

НАВЧАЛЬНА ПОЛЬОВА ПРАКТИКА

Навчальний посібник

Підписано до друку 30.10.2008 р. Формат 60×84/16
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 4,65
Наклад 100 прим. Замовлення 408
Видавництво та друкарня "ТЕС"
(Свідоцтво ДК № 7711) Одеса, Канатна 81/2

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15

