

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Навчально-науковий інститут водного господарства та
природооблаштування
Кафедра гідроінформатики

01-02-196М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичного заняття на тему:

«Методика виконання вимірювань при водообліку із
застосуванням фіксованих русел»

з навчальної дисципліни «Облік водних ресурсів»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водні технології» спеціальності 194
«Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості
ННІВГП
Протокол № 9 від 16.05.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до практичного заняття на тему: «Методика виконання вимірювань при водообліку із застосуванням фіксованих русел» з навчальної дисципліни «Облік водних ресурсів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Пінчук О. Л., Герасімов Є. Г., Романюк І. В. – Рівне : НУВГП, 2023. – 14 с.

Укладачі: Пінчук О. Л., к.т.н., доцент кафедри гідроінформатики; Герасімов Є. Г., д.т.н., професор кафедри гідротехнічного будівництва та гідравліки; Романюк І. В., к.т.н., доцент кафедри гідроінформатики.

Відповідальний за випуск: Клімов С. В., к.т.н., доцент, завідувач кафедри гідроінформатики.

Керівник групи забезпечення ОП: Хлапук М. М.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Метод вимірювань.....	3
2. Умови вимірювань.....	3
3. Засоби вимірювальної техніки та допоміжне обладнання	4
4. Норми похибок вимірювань	6
5. Вимоги безпеки, охорони навколишнього середовища	6
6. Вимоги до кваліфікації гідрометристів	7
7. Підготовка до вимірювань	7
8. Виконання вимірювань.....	7
9. Обробка та оформлення результатів вимірювань.....	8
10. Контроль похибок результатів вимірювань.....	9
Література.....	11
Додаток А.....	12
Додаток Б.....	13
Додаток В.....	14

© О. Л. Пінчук, Є. Г. Герасімов, І. В.
Романюк, 2023
© НУВГП, 2023

Вступ

Дана методика розповсюджується на облікові операції з визначення об'єму води, поданої юридичним і фізичним особам із зрошувальних каналів, у гідрометричних створах з фіксованим руслом за відсутності підпору, замулень, розмиву, на полив зрошуваних або зволоження осушених земель, промислові і комунальні потреби, для поливу городів, садів і богарних земель.

При використанні методики необхідно мати на увазі те, що фіксовані русла у зрошувальних каналах є, як правило, нестандартизованими, внаслідок чого кожний гідрометричний створ потребує індивідуального градування.

1. Метод вимірювань

Метод вимірювання витрати за допомогою фіксованих русел є непрямим. Витрата води Q визначається за геометричними та гідравлічними параметрами потоку з використанням загальної формули пропускну здатності:

$$Q = \omega v, \quad (1)$$

де ω – площа перерізу потоку в створі вимірювання, м²;

v – середня швидкість потоку у тому ж створі, м/с.

Витрата води пов'язана з глибиною потоку відносно горизонтальної площини дна каналу залежністю $Q = f(h)$.

Витрата води вимірюється із застосуванням гідрометричної вертушки детальним способом, тобто у трьох точках (0,2, 0,4 і 0,8 глибини) на кожній швидкісній вертикалі, з аналітичною обробкою результатів. Кількість вимірів на одній глибині потоку повинна бути не менше чотирьох, а у всьому діапазоні зміни глибини – не менше 25.

2. Умови вимірювань

При виконанні вимірювань необхідно дотримуватися таких умов:

- фіксована частина русла каналу повинна мати довжину,

що дорівнює від 5 до 10 глибинам, але не менше 5 м для малих та не більше 50 м для великих каналів;

- гідрометричний створ влаштовується на відстані від 0,5 до 0,6 довжини фіксованої частини русла від її краю в напрямку течії води;
- частина каналу для гідрометричного поста повинна бути прямою на відстані від 3 до 8 ширин русла, віддалена від гідротехнічної споруди не менш ніж на 300 м для великих каналів;
- фіксоване русло споруджується з монолітного бетону або залізобетонних плит;
- поверхня русла, що торкається потоку, повинна бути гладкою, без виступів і западин.

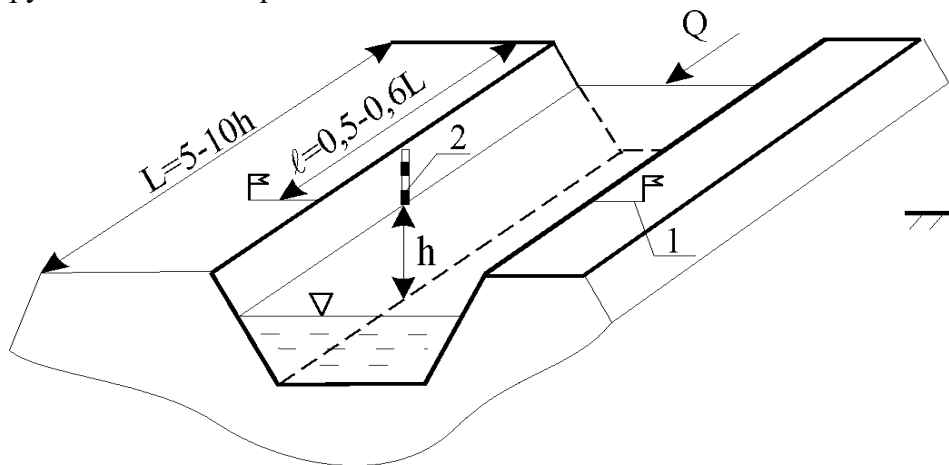
3. Засоби вимірювальної техніки та допоміжне обладнання

При виконанні вимірювань витрати води застосовуються засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), наведені в таблиці 1.

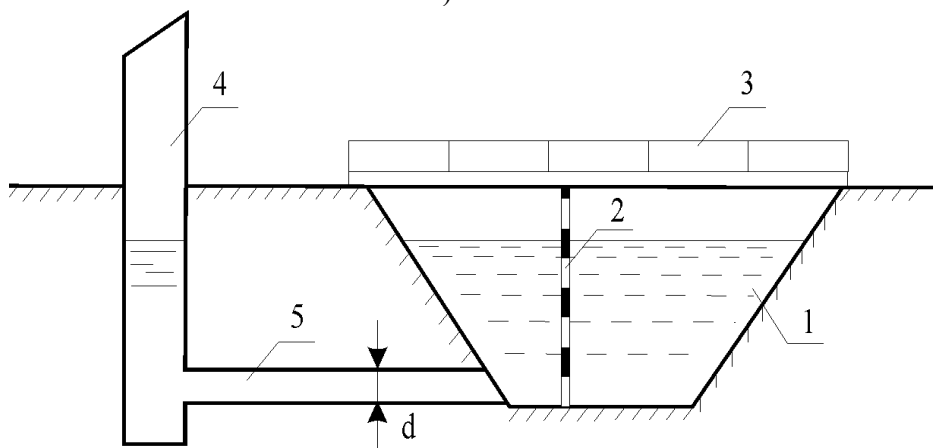
Таблиця 1

Засоби вимірювальної техніки	Обґрунтування похибки	Максимально допустимі похибки	Примітки
Рівнемірна рейка, гідрометрична штанга, лот	ГОСТ 15983-81	$\pm 0,5 \%$	Похибка нанесення поділу не більше $\pm 0,002$ м на 1 м.
Гідрометрична вертушка	ГОСТ 15126-80	$\pm 1,5 \%$	
Секундомір	Механічний ГОСТ 8.423-81, електричний ГОСТ 8.286-78	$\pm 0,1 \%$	
Рулетка	ГОСТ 7502-98	$\pm 0,5$ мм	
Нівелір	ГОСТ 10528-90	$\pm 10\%$	

Схему обладнання гідрометричного поста на фіксованому руслі наведено на рис. 1.



а)



б)

Рис. 1. Схема водобліку із застосуванням фіксованих русел:
 а – фіксована ділянка; б – гідрометричний пост: 1 – гідрометричний пост; 2 – гідрометрична рейка чи колодязь із самописцем рівня води; 3 – місток; 4 – колодязь; 5 – з'єднувальна трубка
 Гідрометричний пост складається з фіксованої частини русла і

пристроїв для вимірювання глибини потоку. На закріпленій частині русла розташовують гідрометричний створ з містком для проведення періодичних вимірів витрат води. Для широких та глибоких русел можна використовувати дистанційні гідрометричні установки, гідрометричні троси, човни з лебідкою.

У створі повинна бути встановлена рівнемірна рейка із заневільованим нулем, який збігається з дном русла. Вона може встановлюватись у виносному колодязі, чи у береговому колодязі при великих швидкостях і невеликому включенні наносів.

За великого діапазону витрат ($Q_{max}/Q_{min}>15$) фіксоване русло можна робити ступінчастим або полігональним, тобто з вужчою частиною по дну для вимірювань невеликих витрат води.

4. Норми похибок вимірювань

Методика виконання вимірювання забезпечує визначення витрат води в гідрометричному створі каналу з відносною похибкою $\pm 7\%$

Похибка визначення витрати води складається з похибок визначення кожного з параметрів розрахункових формул, похибок засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), перелічених у таблиці 2.

Похибка не враховує вплив температури вимірюваного середовища, фактичного відхилення від розрахункового значення прискорення вільного падіння залежної від широтного та висотного розташування об'єкта.

Похибка не враховує також випадкових коливань рівнів води, спричинених вітром, якщо при використанні заспокійливих пристроїв амплітуда таких коливань не перевищує половини значення похибки засобу вимірювання рівня, що застосовується.

5. Вимоги безпеки, охорони навколишнього середовища

При проведенні градування та виконанні вимірювань витрати води, необхідно дотримуватись вимог ДНАОП 2.2.00-1.12 „Правила безпечної експлуатації каналів, трубопроводів, інших гідротехнічних споруд у водогосподарських системах меліорації”, інструкцій з охорони праці, а також вимог експлуатаційної документації на засоби вимірювань.

Роботи, які виконуються за цією рекомендацією, не наносять

шкоди довкіллю.

6. Вимоги до кваліфікації гідрометристів

До виконання градуювання, перевірки та обробки результатів вимірювань допускаються особи з освітою не нижче середньої технічної, які вивчили відповідні технічні настанови, технічний опис, інструкції з експлуатації гідрометричних вертушок, рівнемірів та інших приладів, які входять до складу гідрометричного поста, мають практичні навички метрологічних робіт.

Фахівці, які проводять контрольні вимірювання, повинні бути ознайомлені зі стандартними методами статистичної обробки інформації та оцінки похибки вимірювання.

7. Підготовка до вимірювань

При підготовці до виконання вимірювань виконують такі роботи:

- перевіряють склад гідрометричного поста на гідропорадах з фіксованим руслом, технічні та метрологічні характеристики ЗВТ, технічних засобів та обладнання на відповідність їх Настановам з експлуатації, Інструкції з експлуатації гідрометричного поста тощо;
- заздалегідь, а саме за 1-2 години до вимірювань, та під час самих вимірювань, припиняють будь-які перерегулювання гідротехнічних споруд, розташованих вище, нижче та безпосередньо на ділянці каналу з водомірною спорудою. Коливання рівнів води у б'єфах водомірної споруди не повинні перевищувати 0,02 м за годину.

8. Виконання вимірювань

Градуювання фіксованого русла виконується за МВИ 33-БО-01-85, вимірюючи витрати води протягом зрошувального сезону у всьому діапазоні їхньої зміни.

Контрольні вимірювання проводяться за розбіжності визначення витрат води.

Під час ведення обліку через певний інтервал часу, починаючи з 0 годин, знімають показання рівнів води h по водомірній рейці і

рееструють у журналі встановленої форми (додаток А).

Тривалість часу між вимірюваннями рівня води залежить від інтенсивності його зміни і скорочується зі збільшенням останньої. Як правило, вона становить від 1 до 4 години, може бути однаковою протягом доби, але може і змінюватись.

9. Обробка та оформлення результатів вимірювань

Результати градування гідрометричного поста з фіксованим руслом оформлюють протоколом довільної форми, який підписують представники водопостачальника, водокористувача та територіального органу Держспоживстандарту. Отримані за протоколом результати заносять до оформленого належним чином акту градування, який затверджують водопостачальник та водокористувач.

Градування із оформленням протоколу і акту необхідно проводити не менше одного разу на три роки або після кожного випадку проведення ремонтних чи інших робіт, які можуть призвести до зміни гідравлічних та геометричних параметрів гідротехнічної споруди.

За результатами вимірювань витрат та глибини потоку будують криву залежності $Q=f(h)$, яку потім переводять у табличну форму (додаток Б). Таблиця є невід'ємною частиною журналу водообліку.

За формулою (3) розраховують відносну похибку δ , яка не повинна перевищувати $\pm 7\%$.

Об'єм стоку (тис м³) води за добу обчислюють за формулою:

$$V_{\text{доб}} = 1,8[(Q_1 + Q_2)\Delta t_1 + (Q_2 + Q_3)\Delta t_2 \dots + (Q_{k-1} + Q_k)\Delta t_k] \quad (2)$$

де $Q_1 \dots Q_k$ – витрати води на термін вимірювання;

$\Delta t_1 \dots \Delta t_k$ – інтервал часу між термінами вимірювань, год.

У журналі водообліку добовий об'єм води обчислюють шляхом помноження кінцевого значення витрати води наростаючим підсумком за добу на 1,8, в результаті чого одержують добовий об'єм стоку води у тис м³ (додаток В).

Журнал водообліку є підставою для визначення об'єму водоподачі (водозабору) за будь-який час. Його заповнює спостерігач гідрометричної служби експлуатаційної організації і передає результати спостереження до диспетчерської служби.

Результати вимірювання витрат на гідрометричному посту контролює представник водокористувача.

10. Контроль похибок результатів вимірювань

У процесі експлуатації гідрометричний пост і ЗВТ повіряються органами Державної метрологічної служби або метрологічними службами юридичних осіб, акредитованими чинним порядком для виконання таких робіт.

Метрологічна служба підприємства, якому належить гідрометричний пост, складає графік періодичних перевірок ЗВТ і поста, якій погоджується з керівником територіального органу Державної метрологічної служби. Копія графіку надається організації, яка здійснює техобслуговування.

Відносна похибка δ водообліку для конкретного гідрометричного поста складається з похибки δ_c спільних вимірювань глибини та витрат δ_Q води при градуванні фіксованого русла за залежністю $Q = f(h)$ і визначається за формулою:

$$\delta = \sqrt{\delta_c^2 + \delta_Q^2}, \quad (3)$$

$$\delta_c = \frac{100}{Q_{pi}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{phi} - Q_{pi})^2}{(n-1)}}, \quad (4)$$

де Q_{phi} – вимірювана витрата води при її глибині h_i ,

Q_{pi} – розрахункова за цієї глибини витрата води;

n – кількість вимірювань для побудови залежності $Q=f(h)$.

Норма похибки δ_c змінюється від 3 % до 5 % і залежить від кількості вимірів витрат води для градування фіксованого русла.

Границі допустимої відносної похибки вимірювання витрати води за допомогою фіксованих русел, у разі застосування засобів вимірювання витрат, визначають за формулою:

$$\delta_Q = K_t \left[\delta_o^2 + \frac{1}{4} \delta_h^2 + \delta_v^2 + \delta_z^2 \right]^{1/2}, \quad (5)$$

де K_t – коефіцієнт, який враховує взаємну кореляцію невиключених систематичних складових похибки і приймається рівним 1,1 за довірчої вірогідності $P=0,95$;

δ_o – відносна похибка визначення коефіцієнта витрати, %;

δ_Z – відносна похибка вимірювання площі поперечного перерізу, %;

δ_h – відносна похибка вимірювання глибини потоку, %;

δ_{∇} – відносна похибка прив'язки початку шкали рівнеміра до відмітки порога споруди, %.

Норма похибки вимірювання витрати води за допомогою фіксованих русел δ_o не повинна перевищувати ± 2 %.

В якості відносної похибки визначення коефіцієнту витрати δ_o прийняті границі невиключеної систематичної похибки.

Значення відносної похибки вимірювання площі поперечного перерізу встановлюються первісними та періодичними перевірками русла. За результатами не менше ніж п'ятикратних вимірювань значення δ_Z не повинно перевищувати 0,2%.

В якості відносної похибки вимірювання глибини потоку δ_h приймають похибку засобу вимірювання глибини, зазначену в експлуатаційній документації на прилад. У разі, коли паспортна похибка приладу нормована значенням основної абсолютної похибки Δ (м), тоді приведену похибку розраховують за формулою:

$$\delta_h = \frac{\Delta}{h} 100, \% \quad (6)$$

Значення δ_{∇} знаходять за формулою:

$$\delta_{\nabla} = \frac{\nabla s}{h} 100, \% \quad (7)$$

де ∇s – абсолютна похибка прив'язки початку шкали (нуля) рівнемірної рейки до відмітки дна, м.

Границі допустимої відносної похибки вимірювання витрати води за допомогою фіксованого русла у разі застосування самописців знаходять за формулою:

$$\delta_0 = \pm K_t \left[\delta_0^2 + \delta_Z^2 + \frac{1}{4} \delta_h^2 + \delta_{\nabla}^2 + \delta_D^2 \right]^{1/2}, \% \quad (8)$$

де δ_D – відносна похибка часового ходу діаграми, яка приймається

з експлуатаційної документації на самописець, %;

δ_{II} – відносна похибка обробки діаграми самописця, %. В якості δ_{II} допускається приймати основну відносну похибку планіметра, який використовується для обробки діаграми.

Значення відносної похибки вимірювання витрати води при використанні інтегруючого приладу розраховують за формулою:

$$\delta_Q = K_I \left[\delta_o^2 + \delta_Z^2 + \frac{1}{4} \delta_h^2 + \delta_{\nabla}^2 + \delta_{in}^2 \right]^{1/2} \frac{Q_{\max}}{Q_{cp}}, \quad (9)$$

де δ_{in} – основна відносна похибка інтегруючого приладу (лічильника), яка приймається з експлуатаційної документації, %.

Середнє значення витрати Q_{cp} знаходять шляхом ділення різниці показників лічильника на початку та у кінці періоду вимірювань (у м³) на інтервал часу вимірювання у секундах чи годинах.

Література:

1. Слободян Є. Посібник з ведення водообліку на об'єктах водогосподарсько-меліоративного комплексу. Київ : ДП «Украводексплуатація», 2010. 119 с.
2. Кієнчук О. Ф. Методи і засоби обліку води на відкритих каналах зрошувальних систем. К., Урожай, 1971. 112 с.
3. МВУ 03-012-04 «Витрати води у відкритих водотоках. Методика виконання вимірювань при водообліку із застосуванням фіксованих русел». Рекомендація. Метрологія. ПГіМ УААН, Наказ ДКВГ №219 від 16.08.2004 р.

ДЕРЖВОДАГЕНТСТВО УКРАЇНИ

ЖУРНАЛ ВОДООБЛІКУ

(найменування водовиділу)

на 20__ р.

(найменування системи)

(найменування експлуатаційної організації)

(місцезнаходження водовиділу)

Рік введення в експлуатацію _____

ТЕХНІЧНІ ДАНІ

Максимальна пропускна спроможність _____ м³/с

Мінімальна пропускна спроможність _____ м³/с

Водоблік здійснюється за МВУ 03 - 012 - 04

Представник водопостачальника

посада

підпис

прізвище

Представник водокористувача

посада

підпис

прізвище

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник експлуатаційної
організації

„___” _____ 20 р.

**ГРАДУЮВАЛЬНА ТАБЛИЦЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВИТРАТ ВОДИ
ВІД ГЛИБИНИ**
(приклад)

Глибина потоку, м	Витрата потоку, м ³ /с	Глибина потоку, м	Витрата потоку, м ³ /с
1	2	1	2
0,00	0,00	0,35	0,132
0,05	0,017	0,40	0,150
0,10	0,035	0,45	0,175
...
...
0,30	0,115	0,60	0,265

Гідротехнік експлуатаційної організації _____

підпис

прізвище

Гідротехнік /представник/
господарства
водокористувача _____

підпис

прізвище

Представник територіального органу
Держспоживстандарту _____

підпис

прізвище

Добова відомість роботи водовиділу (приклад)

Дата та час вимірювання глибини потоку	Глибина потоку по водомірній рейці, м	Глибина потоку по самописцю, /якщо є/	Витрата води, м ³ /с	Інтервал часу вимірювань, год	Витрата води за час спостереження, м ³ /с	Витрата води за інтервал часу, м ³ /с	Витрата води наростаючим підсумком, м ³ /с	Підпис особи, що провела вимірювання
1	2	3	4	5	6	7	8	9
27.08.22								
0	0,31		0,118					
4	0,32		0,122	4	0,240	0,960	0,960	
8	0,32		0,122	4	0,244	0,976	1,936	
12	0,27		0,101	4	0,223	0,892	2,828	
16	0,25		0,092	4	0,193	0,772	3,600	
20	0,30		0,115	4	0,207	0,828	4,428	
24	0,33		0,125	4	0,240	0,960	5,388	
Vдоб=1,8*5,388=9,698 тис. м ³								

Примітка: значення графі «Витрата води» відповідають градувальній таблиці.