



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

**Міністерство освіти і науки України**

**Національний університет водного господарства  
та природокористування**

**Кафедра гідроінформатики**



**01–02–169**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для самостійної роботи та виконання практичних завдань  
з навчальної дисципліни

«Експлуатаційна гідрометрія»

для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня  
за спеціальністю 194 «Гідротехнічне будівництво,  
водна інженерія та водні технології»,  
освітня програма «Гідроінформатика»  
денної і заочної форм навчання

Рекомендовано  
науково-методичною комісією  
зі спеціальності 194 Гідротехнічне  
будівництво, водна інженерія та  
водні технології  
протокол № 5 від 26.03.2019 р.

Рівне – 2019



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

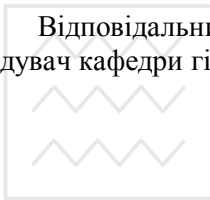
Методичні вказівки для самостійної роботи та виконання практичних завдань з навчальної дисципліни **«Експлуатаційна гідрометрія»** для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології», освітня програма «Гідроінформатика» денної і заочної форм навчання / Клімов С. В., Герасімов Є. Г., Пінчук О. Л. – Рівне, НУВГП, 2019. – 32 с.

Укладачі: **Клімов С. В.**, к.т.н., доцент, завідувач кафедри гідроінформатики;

**Герасімов Є. Г.**, к.т.н., доцент кафедри гідротехнічного будівництва та гідравліки;

**Пінчук О. Л.**, к.т.н., доцент кафедри гідроінформатики.

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



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

© Клімов С. В., Герасімов Є. Г.,  
Пінчук О. Л., 2019  
© НУВГП, 2019



## Зміст

Зміст	3
1. Вступ	4
2. Програма навчальної дисципліни	6
Змістовий модуль 1. Методи і способи обліку води на водогосподарських об'єктах	6
Змістовий модуль 2. Пристрої та прилади обліку води на водогосподарських об'єктах	6
3. Теми практичних занять	7
4. Самостійної робота	8
4.1. Розподіл годин самостійної роботи	8
4.2. Завдання для самостійної роботи	8
5. Практична робота	10
5.1. Вступ	10
5.2. Форма паспорту водомірного поста	13
5.3. Вказівки по заповненню технічного паспорту гідрометричного (водомірного) поста	16
5.4. Розрахунок водомірного лотка Паршалла	22
5.5. Розрахунок водомірного лотка САНДІПІ	27
6. Питання для самоконтролю засвоєння матеріалу	30
6. Література	31
6.1. Основна література	31
6.2. Нормативна і довідкова література	31



## 1. Вступ

Основна мета освітньої програми "гідроінформатика" є підготовка майбутніх кваліфікованих інженерів і вчених як осіб, які приймають рішення в області моделювання і управління в проектах, пов'язаних з водними технологіями та охороною до-вкілля. Основою для правильної організації водообліку на водо-господарських об'єктах повинна бути необхідність переходу на ресурсо- та енергозберігаючі технології водокористування, су-часні наукові підходи до вимірювань та застосування надійних і точних приладів водообліку. Визначення витратних та інших гідрометричних характеристик природних та штучних водотоків на сьогодні також є основою для складання планів управління річковим басейном..

Навчальна дисципліна «Експлуатаційна гідрометрія» за навчальним планом спеціальності 194 «Гідротехнічне будівни-цтво, водна інженерія та водні технології» має кількість креди-тів ECTS – 5, тобто 150 год.

Після вивчення даної навчальної дисципліни студенти по-винні: **знати:**

- методи і способи обліку води на водогосподарських об'єктах; проведення гідравлічних розрахунків водомірних улаштувань основних типів;
- конструкції водомірних пристроїв та приладів на відкритій, закритій, колекторно-дренажній та скидній водопровідній мережі;
- методичку обробки отриманої експлуатаційної гідрометричної інформації на водогосподарських об'єктах та складання звітних гідрометричних розрахункових матеріалів для подальшого їх використання при складанні планів управління річковим басейном чи експлуатації гідромеліоративних систем.

**вміти:**

- в експлуатаційних умовах застосовувати отримані знання з визначення витрат води на водогосподарських об'єктах;
- виконувати спостереження за змінними величинами (рівнями, витратами, об'ємами та ін.) на водомірних спорудах;
- виконувати гідравлічні розрахунків водомірних



улаштувань основних типів;

- визначати конструктивні розміри водомірних споруд;
- проводити вимірювання на водомірних пристроях усіх типів;
- виконувати гідрометричні роботи на природніх водотоках а також на штучній відкритій та закритій водопровідній мережі;
- виконувати розрахунки та складати звітну документацію з водообліку для водогосподарських організацій.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти повинні володіти:

**Інтегральна компетентність:** Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій, що передбачає застосування гідроінформаційних систем, застосування інформаційних технологій, систем автоматизованого проектування, програмних систем інженерного аналізу і комп'ютерного інжинірингу; управління проектами будівництва.

**Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:**

01. Здатність застосовувати фізико-математичний апарат, теоретичні, розрахункові та експериментальні методи досліджень, математичного і комп'ютерного моделювання у процесі професійної діяльності.

02. Здатність вирішувати науково-технічні завдання в предметній галузі шляхом впровадження комп'ютерних технологій, що володіють високим ступенем відповідності до реальних процесів, досягнень науки і інноваційних технологій, сучасних машин, матеріалів і конструкцій.

04. В частині: Здатність виконувати інженерні розрахунки параметрів водних потоків,...

11. Здатність розраховувати техніко-економічні показники запроектованих і функціонуючих гідротехнічних, водогосподарських і природоохоронних об'єктів.



## 2. Програма навчальної дисципліни

### Змістовий модуль 1. Методи і способи обліку води на водогосподарських об'єктах

#### Тема 1 Методи та способи обліку води на водогосподарських об'єктах

Термінологія. Загальні положення. Поняття експлуатаційної гідрометрії. Історія розвитку. Методи та способи експлуатаційної гідрометрії. Задачі та склад робіт з водообліку [1–3].

#### Тема 2. Обґрунтування та вибір способів обліку води

Вибір способів обліку води. Нормативні документи по вибору способів обліку води. Точність водообліку. Гідрометричні роботи на водогосподарських об'єктах. Безпека праці при виконанні гідрометричних робіт [1, 4].

#### Тема 3. Русловий спосіб обліку води

Гідралічний розрахунок при русловому способі. Методика вимірювання витрати при русловому способі обліку води. Русловий спосіб з фіксованим руслом [1, 4, 5].

#### Тема 4. Тарування підпірно-регулюючих споруд

Методика проведення тарування (градування) підпірно-регулюючих споруд. Способи тарування. Споруди водомірні та неводомірні [1, 4, 5].

### Змістовий модуль 2. Пристрої та прилади обліку води на водогосподарських об'єктах

#### Тема 5. Класифікація водомірних приладів

Типи приладів. Прилади та пристрої для вимірювання рівнів і швидкостей води в каналах (річках). Тарування приладів. Стендова перевірка приладів.

#### Тема 6. Водомірні пристрої на відкритій водопровідній мережі

Типи водомірних пристроїв на відкритій водопровідній мережі. Водозливи з тонкою стінкою, з широким порогом. Водомірні приставки, насадки, водоміри з місцевими опорами води. Водоміри з місцевими опорами води. Акустичні витратоміри. Умови застосування на виробництві та їх експлуатація [1–8].



### **Тема 7. Водомірні пристрої на трубопровідній мережі**

Типи водомірних пристроїв на трубопроводах та насосних станціях. Електромагнітні, ультразвукові, вібраційні витратоміри. Непрямий водооблік на насосних станціях за електроспоживанням. Типи водомірних пристроїв на колекторно-дренажній та скидній мережі. Автоматизація водообліку.

### **Тема 8. Документація при експлуатаційних гідрометричних спостереженнях**

Паспортизація водомірних споруд. Журнали обліку води на гідромеліоративних системах. Терміни спостережень. Методи та способи обробки гідрометричних даних та їх використання у виробництві. Обов'язки гідрометричного персоналу управліннь гідромеліоративних систем [1–3].

## **3. Теми практичних занять**

1. Методика виконання вимірювань при водообліку із застосуванням водомірних властивостей споруд перемінного напору (рівня) води
2. Методика виконання вимірювань при водообліку на транзитних ділянках каналів з підпором
3. Методика виконання вимірювань при водообліку за допомогою споруд із плоскими та сегментними затворами
4. Вимірювання витрат води за допомогою водозливів з тонкою стінкою
5. Вимірювання витрат води за допомогою водозливів з широким порогом (ВПС, ВПС-в)
6. Вимірювання витрат води за допомогою збіжних водомірних насадок
7. Вимірювання витрат води за допомогою пристроїв з місцевими опорами води (приставки, насадки)
8. Вимірювання витрат води за допомогою ультразвукових витратомірів



#### 4. Самостійної робота

##### 4.1. Розподіл годин самостійної роботи

Всього 100 годин для студентів денної форми навчання:

25 годин – вивчення літератури по курсу і розробка лекційних конспектів  $(20+30) \times (0,5 \text{ год} / 1 \text{ год аудиторних занять})$ ;

30 годин – підготовка до контрольних заходів (6 год на 5 кредитів ECTS);

45 годин – опрацювання окремих розділів програми, які не розглядаються під час аудиторних занять (див.п.6.1. Завдання для самостійної роботи.

0 годин - виконання індивідуальних навчально-дослідних завдань.

##### 4.2. Завдання для самостійної роботи

№	Теми самостійної роботи	год.
1	2	3
1	Тема 1 Методи та способи обліку води на водогосподарських об'єктах. (Методи та способи обліку води на водогосподарських об'єктах. Прямі та побічні методи обліку води. Задачі та склад робіт експлуатаційної гідрометрії.)	10
2	Тема 2. Обґрунтування та вибір способів обліку води. (Обґрунтування способів обліку води. Нормативні документи по вибору способів обліку води. Точність проведення спостережень з експлуатаційної гідрометрії. Склад гідрометричних робіт. Безпека праці при виконанні гідрометричних робіт)	10
3	Тема 3. Русловий спосіб обліку води. (Гідравлічний розрахунок при русловому способі. Методика вимірювання витрати при русловому способі обліку води. Дистанційні гідрометричні установки. Гідрометричні мости. Русловий спосіб з фіксованим руслом. Облаштування водомірного колодезя.)	10





№	Теми самостійної роботи	год.
4	Тема 4. Тарування підпірно-регулюючих споруд. (Методика проведення тарування (градування) підпірно-регулюючих споруд. Гідрометричний та гідравлічний способи тарування. Склад робіт з тарування.)	10
5	Тема 5. Класифікація водомірних приладів . (Типи приладів. Прилади та пристрої для вимірювання рівнів і швидкостей води в каналах (річках). Лімніграфи та витратографи. Тарування приладів. Стендова перевірка приладів.)	20
6	Тема 6. Водомірні пристрої на відкритій водопровідній мережі. (Водозливи з тонкою стінкою, з широким порогом, водомірні діафрагми. Водомірні приставки, насадки, водоміри з місцевими опорами води. Водоміри з місцевими опорами води. Парціальні витратоміри. Акустичні витратоміри. Умови застосування на виробництві та їх експлуатація.)	10
	Тема 7. Водомірні пристрої на трубопровідній мережі. (Електромагнітні, ультразвукові, вібраційні витратоміри. Парціальні витратоміри. Фіксоване русло асиметричного перерізу, потроєні водомірні насадки, торцевий водозлив, «П»-подібна насадка. Автоматизація робіт з експлуатаційної гідрометрії.)	10
	Тема 8. Документація при експлуатаційних гідрометричних спостереженнях . (Паспортизація водомірних споруд. Журнали обліку води. Терміни спостережень. Методи та способи обробки даних експлуатаційної гідрометрії та їх використання у виробництві. Обов'язки гідрометричного персоналу організацій.)	20
	Р а з о м	100



## 5. Практична робота

### 5.1. Вступ

Виконання практичних завдань сприяє поглибленню і закріпленню теоретичних знань, отриманих під час самостійного вивчення дисципліни, вивченню методів експлуатаційної гідрометрії.

Практична частина виконується згідно вихідних даних, що вибираються студентом відповідно до двох останніх цифр шифру залікової книжки (табл. 5.1) у вигляді «Технічного паспорту водомірного поста» відповідно до форми затвердженій Державним агентством водних ресурсів України.

Вихідними даними до виконання практичної частини є:

1. Тип водомірної споруди.
2. Відмітка поверхні землі в місці влаштування водомірного поста ↓ПЗ.
3. Геометричні розміри каналу в місці встановлення водомірної споруди:
  - ширина каналу по дну  $b_k$  ;
  - коефіцієнт закладання укосів каналу  $m$ .
4. Гідравлічні характеристики каналу:
  - максимальна витрата  $Q_{max}$  та відповідно максимальна глибина води в каналі  $H_{max}$ ;
  - мінімальна витрата  $Q_{min}$  та відповідно мінімальна глибина води в каналі  $H_{min}$ .

Титульна сторінка паспорту водомірного поста є першою сторінкою практичної частини, зразок оформлення якої наведений у додатку 2 методичних вказівок. *Кожний розділ паспорту починається із нової сторінки.* Графічні матеріали подаються на окремих сторінках та виконуються на міліметровому папері. В кінці паспорту, у вигляді додатку 1, подаються вказівки щодо його оформлення та у додатку 2 представляють відповідні розрахунки параметрів водомірної споруди.

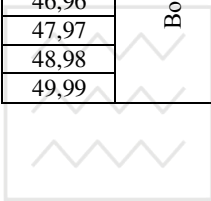


Вихідні дані до виконання практичної частини

Останні цифри залікової книжки	Тип водомірної споруди	Відмітка поверхні землі, м	Ширина каналу по дну, м	Коефіцієнт закладання відкосів, m	Глибина води, м		Витрата води, м <sup>3</sup> /с	
					max	min	max	min
00,50	Водомірний поріг САНДПРІ	100,0	2,0	1,5	0,9	0,3	3,67	0,42
01,51		100,5	2,0	1,5	1,0	0,4	4,63	0,71
02,52		101,0	2,0	1,5	1,1	0,5	5,75	1,09
03,53		101,5	2,0	1,5	1,2	0,6	7,03	1,56
04,54		102,0	2,0	1,5	1,3	0,7	8,48	2,14
05,55		102,5	1,0	1,5	1,0	0,5	3,13	0,65
06,56		103,0	1,0	1,5	1,1	0,6	3,95	0,97
07,57		103,5	1,0	1,5	1,2	0,7	4,90	1,36
08,58		104,0	1,0	2,0	1,0	0,5	3,67	0,73
09,59		104,5	1,0	2,0	1,1	0,6	4,67	1,09
10,60		105,0	1,0	2,0	1,2	0,7	5,84	1,55
11,61		105,5	1,5	1,5	1,1	0,4	4,84	0,56
12,62		106,0	1,5	1,5	1,2	0,5	5,96	0,87
13,63		106,5	1,5	1,5	1,3	0,6	7,24	1,26
14,64		107,0	1,5	2,0	1,1	0,4	5,56	0,60
15,65		107,5	1,5	2,0	1,2	0,5	6,89	0,94
16,66		108,0	1,5	2,0	1,3	0,6	8,42	1,39
17,67	Водомірний лоток Паршалла	108,5	0,5	1,5	1,3	0,4	4,80	0,27
18,68		109,0	0,5	1,5	1,4	0,5	5,88	0,44
19,69		109,5	0,5	1,5	1,5	0,6	7,11	0,67
20,70		110,0	0,5	1,5	1,6	0,7	8,51	0,98
21,71		110,5	0,5	1,5	1,7	0,8	10,10	1,35
22,72		111,0	0,5	2,0	1,5	0,8	8,95	1,65
23,73		111,5	0,5	2,0	1,6	0,9	10,75	2,23
24,74		112,0	0,5	2,0	1,7	1,0	12,79	2,95
25,75		112,5	1,0	1,5	1,5	0,6	8,71	0,97
26,76		113,0	1,0	1,5	1,6	0,7	10,33	1,36
27,77		113,5	1,0	1,5	1,7	0,8	12,15	1,84
28,78		114,0	1,0	2,0	1,4	0,6	8,76	1,09
29,79		114,5	1,0	2,0	1,5	0,7	10,54	1,55
30,80		115,0	1,0	2,0	1,6	0,8	12,56	2,13
31,81		115,5	2,0	1,5	1,5	0,8	11,98	2,84
32,82		116,0	2,0	1,5	1,6	0,9	14,04	3,67
33,83		116,5	2,0	1,5	1,7	1,0	16,34	4,63



Останні цифри залікової книжки	Тип водомірної споруди	Відмітка поверхні землі, м	Ширина каналу по дну, м	Коефіцієнт закладання відкосів, п	Глибина води, м		Витрата води, м <sup>3</sup> /с	
					max	min	max	min
34,84	Водомірний лоток САНДПРІ	117,0	0,5	1,0	0,6	0,3	0,55	0,13
35,85		117,5	0,5	1,0	0,7	0,4	0,78	0,23
36,86		118,0	0,5	1,0	0,8	0,5	1,06	0,37
37,87		118,5	0,5	1,0	0,9	0,6	1,42	0,55
38,88		119,0	0,5	1,0	1,0	0,7	1,84	0,78
39,89		119,5	1,0	1,5	0,6	0,2	0,97	0,11
40,90		120,0	1,0	1,5	0,7	0,3	1,36	0,24
41,91		120,5	1,0	1,5	0,8	0,4	1,84	0,41
42,92		121,0	1,0	1,5	0,5	0,2	0,73	0,12
43,93		121,5	1,0	1,5	0,6	0,3	1,09	0,26
44,94		122,0	1,0	1,5	0,7	0,4	1,55	0,46
45,95		122,5	1,0	1,0	0,5	0,1	0,37	0,02
46,96		123,0	1,0	1,0	0,6	0,2	0,55	0,06
47,97		123,5	1,0	1,0	0,7	0,3	0,78	0,13
48,98		124,0	1,0	1,0	0,8	0,4	1,06	0,23
49,99		124,5	1,0	1,0	0,9	0,5	1,42	0,37





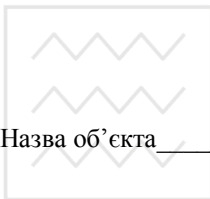
Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

## 5.2. Форма паспорту водомірного поста

ДЕРЖАВНЕ АГЕНСТВО ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

**ТЕХНІЧНИЙ ПАСПОРТ №\_\_**

**гідрометричного (водомірного) поста №\_\_**



Національний університет  
водного господарства

Назва об'єкта \_\_\_\_\_

(назва меліоративної системи, водосховища, річки, каналу, споруди, \_\_\_\_\_)

підказне положення поста)

Тип поста \_\_\_\_\_

Експлуатацію здійснює \_\_\_\_\_

(назва водогосподарської організації)

Дата введення в експлуатацію \_\_\_\_\_

Балансова вартість \_\_\_\_\_

тис. грн.



## I. Технічна характеристика гідрометричного поста

1. Вид гідрометричного поста \* \_\_\_\_\_
  2. Призначення \_\_\_\_\_
  3. Тип, конструкція \_\_\_\_\_
  4. Оснащення \_\_\_\_\_
  5. Способи вимірювання:
    - рівнів води (м) \_\_\_\_\_
    - швидкості потоку (м/с) \_\_\_\_\_
    - витрат (м<sup>3</sup>/с) \_\_\_\_\_
- \*Примітка: Гідрометричні пости на річках-водоприймачах і меліоративних каналах поділяються на:
- 1) гідрометричні пости з фіксованим руслом;
  - 2) гідрометричні пости з тарированим руслом;
  - 3) гідрометричні пости, що обладнані водомірними пристроями.
6. Періодичність вимірів \_\_\_\_\_
  7. Похибка виміру \_\_\_\_\_
  8. Дата і максимальні гідрологічні характеристики спостережень \_\_\_\_\_
  9. Спостереження ведуться з \_\_\_\_\_

## II. Місце розміщення гідрометричного (водомірного) поста, репера

\_\_\_\_\_

(схема розміщення)

\_\_\_\_\_

## III. Коротка характеристика ділянки річки, водоприймача, осушуваної площі, де розміщено пост

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



#### IV. Поперечний переріз поста

(зазначаються основні розміри фіксованого руслу, гідрометричного створу та споруди, місця встановлення вимірювальних пристроїв, водомірних приладів, умовні позначення інших складових поста)

#### V. Відомість нівелювання (закріплених точок)

№ з/п	Опис індексу (нуль рейки, поріг споруди та інші характерні відмітки)	Дата нівелювання	Абсолютна відмітка, м	Хто проводив нівелювання
1	2	3	4	5
1				
2				

#### VI. Відмітки про пошкодження і ремонт

№ запису	Дата	Опис пошкоджень і робіт з ремонту	Прізвище, ім'я, по батькові відповідального працівника
1	2	3	4
1			
2			

#### VII. Відмітки про інспекції (перевірки)\*

№ з/п	Дата (число, місяць, рік)	Відмітки інспектора	Посада, прізвище, ім'я, по батькові інспектора	Підпис інспектора
1	2	3	4	5
1				

\*вимоги щодо проведення перевірок приладів та обладнання.

До паспорта додаються тарировочні таблиці, графіки.

Паспорт склав \_\_\_\_\_  
(посада, прізвище, підпис)

Паспорт перевірів \_\_\_\_\_  
(посада, прізвище, підпис)

Дата складання паспорта „\_\_\_” \_\_\_\_\_ 201\_\_р.



### 5.3. Вказівки по заповненню технічного паспорту гідрометричного (водомірного) поста

1. Паспортизації підлягають постійно діючі гідрометричні (водомірні) пости, які розміщуються на річках-водоприймачах, магістральних каналах, водоймах і на яких регулярно ведуться спостереження.

Для проведення систематичних гідрологічних спостережень за режимом потоку, об'ємних вимірів витрат води, які здійснюються на гідрометричних постах, *водомірні пости влаштовуються безпосередньо на закріпленому на місцевості через водоток гідрометричному створі.*

Матеріали річних спостережень на гідрометричних постах використовуються, як правило, при розробці проектів реконструкції, регулюванні водного режиму на меліорованих землях, для охорони водних ресурсів і т.ін.

2. У розділі I вказується:

а) Призначення – для проведення періодичних (контрольних) або систематичних спостережень вимірів витрат води у відкритих каналах, водотоках на головних, транзитних, скидних постах; напірних трубопроводах насосних станцій, розподільчих трубопроводах закритої мережі; відкритих колекторах, скидних каналах, відвідних трубопроводах, свердловинах вертикального дренажу; вимірювання глибини і ширини потоку при дистанційному управлінні з берега і т. ін.

б) Тип, конструкція – водозливи, водомірні пороги, лотки, споруди з фіксованим руслом, діафрагми, регулятори з водомірними пристроями, градуйовані підпірно-регулюючі споруди, звужуючі пристрої, фіксовані русла, водомірні насадки, гідрометричні установки і т. ін.; відповідно конструкція – для водозливу: ширина порогу, висота вирізу, ширина поверху; переріз отвору у перегороджуючій стінці, рівномірна або витратомірна рейка; для водомірного лотка відстань між вхідними і вихідними відкрilками; розміри водомірного та звужуючого пристрою для каналів трапецеїдального перерізу; фіксована ділянка водотоку (бетон, плити) і т. ін.

в) Оснащення – вказуються спеціальні пристрої для проведення гідрометричних робіт і підвищення точності вимірів. До них відносяться гідрометричні переправи у формі мостів і тросових люльок, гідрометричні вимірювальні пристрої (споруди), а також різне обладнання гідрометричних створів.





г) Способи вимірювання: 1) рівнів води – рейки, самописці, рівнеміри; 2) швидкості – гідрометричні вертушки, поплавки; 3) витрат води – витратоміри, русловий метод, метод гідравлічного розрахунку.

д) Періодичність вимірів визначається експлуатаційною службою управління водних ресурсів в залежності від функціонального призначення гідрометричного поста: організація раціонального водокористування на зрошувальних системах; управління водним режимом на осушуваних землях, поліпшення меліоративного стану зрошуваних, осушуваних земель; визначення водного балансу для розробки планів регулювання водного режиму і т. ін.

е) Похибка вимірів визначається в кожному окремому випадку згідно з вказівками по експлуатації відповідного типу та конструкції гідрометричного пристрою. В середньому гранична похибка складає  $\pm 5\%$ .

3. У розділі II наводиться стислий опис місця розміщення гідрометричного (водомірного) поста, репера: річка, водосховище, канал, гідрометрична споруда і пікетажне положення, а також розташування населених пунктів (адміністративних районів).

Приводиться схема розміщення гідрометричного (водомірного) поста (на річці, водосховищі, меліоративній системі) з нанесенням каналів, гідротехнічних споруд, постійних будівель, а також місце знаходження репера, його номер і відмітка.

4. У розділі III вказується місце розташування гідрометричного (водомірного) поста: пряма ділянка річки-водоприймача, що не затоплюється, відсутність підпору і т. ін.

Примітка: на меліоративних системах вибирається ділянка, що прилягає до каналу, на якому встановлено пост, з характерними гідрологічними і ґрунтовими умовами, з різними відстанями між закритою і відкритою регулюючою мережею та ін.

5. У розділі IV приводиться поперечний переріз поста із зазначенням основних розмірів фіксованого або гідрометричного створу (споруди), місця встановлення вимірювальних пристроїв, водомірних приладів, умовні позначення інших складових поста.

6. У таблиці в розділі V приводяться відмітки індексу (нуль рейки, відмітки оголовків паль, верху водомірного порогу та ін.).

7. В розділі VI наводяться дані про дати виявлення пошкоджень водомірного посту із зазначенням робіт з ремонту та виконавців.



8. У таблиці в розділі VII наводиться інформація про проведені інспекції відповідальних організацій з метою аналізу технічного стану водомірного поста.

#### 5.4. Методичні поради до виконання розрахунків водомірних споруд

##### 5.4.1 Розрахунок водомірного порогу САНДПІ

Водомірний поріг САНДПІ (ВПС) – призначений для обліку води у відкритих каналах з витратою до 60 м<sup>3</sup>/с та застосовується при нестійкому руслі, при підпірно-змінному режимі руху потоку в нижньому б'єфі, а також при вільному та підтопленому режимі витікання, при цьому залежність для визначення витрати є постійною  $Q=f(H_n)$ . Підпір, який утворюється внаслідок встановлення водоміра, становить 10-20 % від побутової максимальної глибини води в каналі. При організації водообліку за допомогою водомірного порогу можлива автоматизація водообліку за допомогою самописців, датчиків рівнів або автоматизованих систем контролю. Водомірний поріг пропускає наноси, що зберігає гребінь порогу у чистому стані.

ВПС доцільно застосовувати в каналах з невеликою глибиною наповнення русла потоком:

$$h_k \leq \frac{b_k}{4} \quad (1.1)$$

де  $b_k$  – ширина каналу по дну.

Відносна похибка вимірювань ВПС не перевищує  $\pm 3-4\%$ .

Конструкція водомірного поста, на якому встановлений водомірний поріг САНДПІ наведена на рис. 1.1. Гідрометричний пост, що обладнаний ВПС, складається із бетонованої частини каналу; водозливу практичного профілю; рівнемірної рейки, яка встановлена у верхньому б'єфі (вертикальної або похилої по укосу каналу); виносного рівнемірного колодезя для приладів; розрахунково-графічної рейки для контролю глибини затоплення нижнього б'єфу над порогом ( $h_n$ ). Для випорожнення води із верхнього б'єфу у випадку припинення роботи каналу (ремонту та ін.) в тілі порогу закладають одну-дві труби діаметром 100-250 мм, які під час роботи ВПС закривають з боку нижнього б'єфа.



Розміри кріплення верхнього та нижнього б'єфів ВПС визначають із умови:

$$l_k \geq 10 \div 15 d_k, \quad l_{\text{в.б.}} \geq H_k + l_k \geq b_k \quad (1.2)$$

де  $l_k$  - відстань від напірної грані порогу до місця встановлення рівнемірного колодязя;  $d_k$  - діаметр виносного рівнемірного колодязя;  $l_{\text{в.б.}}$  - довжина кріплення у верхньому б'єфі;  $H_k$  - максимальна підперта глибина потоку в каналі.

$$l_n = (3,8 \div 4,8) \cdot P_n \quad (1.3)$$

де  $l_n$  - довжина порогу;  $P_n$  - висота порогу.

$$l_{\text{н.б.}} \geq 5 \div 7 H_k \quad \text{при } h_n \geq 0 \quad (1.4)$$

або за результатами гідравлічного розрахунку при  $h_n < 0$

де  $l_{\text{н.б.}}$  - довжина ділянки кріплення порогу з боку нижнього б'єфа;  $h_n$  - глибина підтоплення нижнього б'єфу над порогом.

Розрахункова формула за якою визначаються параметри ВПС має вигляд:

$$Q = \left( 0,37 + 0,04 \frac{H_n}{P_n} \right) \cdot \left( b_n + m_k \cdot H_n \right) \cdot H_n \sqrt{2gH_n} \quad (1.5)$$

де  $\left( 0,37 + 0,04 \frac{H_n}{P_n} \right)$  - коефіцієнт витрати з урахуванням швидкості підходу потоку до ВПС;  $b_n$  - ширина порогу;

$$b_n = b_k + 2m_k P_n \quad (1.6)$$

$b_k$  та  $m_k$  - ширина та коефіцієнт закладання укосів бетонованої ділянки каналу.

Розрахунок та проектування ВПС необхідно проводити таким чином:

1. Приймають висоту порогу залежно від максимальної глибини води в каналі:

$$P_n = 0,6 H_{\text{max}} \quad (1.7)$$

2. За формулою (1.6) визначають ширину порогу  $b_n$ .

3. В табличній формі при відомих значеннях  $P_n$ ,  $b_n$  приймають значення  $H_n$  та обчислюють значення витрати  $Q$  за формулою (1.5).



4. За результатами розрахунку будують графік залежності  $Q=f(H_n)$ , з якого визначають значення  $H_n$ , які відповідають мінімальній та максимальній витраті води в каналі.

5. Обчислюють значення співвідношення  $\frac{h_n - P_n}{H_n}$  при максимальній та мінімальній витраті води. Якщо його величина при максимальній та мінімальній витратах менша 0,5, розрахунок вважається закінченим. Якщо  $\frac{h_n - P_n}{H_n} > 0,5$  розрахунок повторюють при іншій висоті порогу (більшій).

Після визначення конструктивних розмірів ВПС виконують висотну прив'язку водомірної споруди та креслять план, поздовжній та поперечний перерізи водомірної споруди в масштабі М 1:50. Креслення споруди наводяться в розділі IV паспорту водомірного поста. Конструктивна глибина каналу приймається 2 м. Визначаються відмітки дна каналу, порогу водоміра, максимальної та мінімальної глибини води в каналі. Результати розрахунків зводяться в таблицю розділу V паспорту водомірного поста.





Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

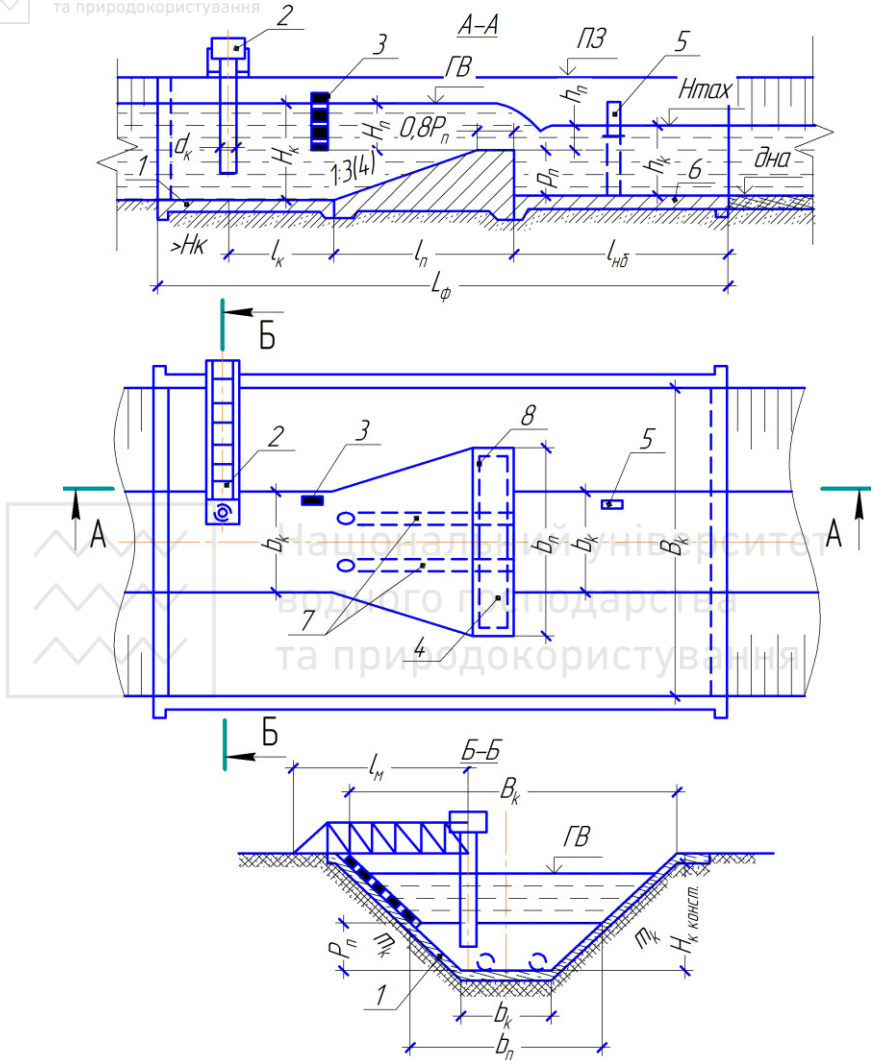


Рис. 1.1. Водомірний поріг САНДПІРІ

1 – бетонована ділянка русла каналу з верхнього б'єфу; 2 – виносний рівнемірний колодязь; 3 – рейка; 4 – водомірний поріг; 5 – розрахунково-графічна рейка; 6 – кріплення нижнього б'єфу; 7 – труби для випорожнення води верхнього б'єфу; 8 – окантовка граней металічними кутниками.



## 5.4. Розрахунок водомірного лотка Паршалла

Водомірні лотки Паршалла (ВЛП), які застосовуються на водогосподарських об'єктах, поділяються на стандартні з точними типорозмірами та формами, які дозволяють визначити витрату води, яка проходить через лоток за розрахунковими формулами та нестандартні - різних форм та розмірів, які вимагають попереднього тарування водомірної споруди для визначення витрати.

Водомірний лоток Паршалла призначений для обліку води у відкритих каналах з максимальною витратою від 0,25 до 47 м<sup>3</sup>/с.

Перевагами ВЛП є:

1. Велика швидкість течії води у звуженій частині та горловині, що не дозволяє накопичуватися мулу в лотку.
2. Невеликий підпір при вільному витіканні води.
3. Можливість вимірювання витрат води при підтопленому режимі руху води.

Недоліком ВЛП є складність конструкції, більша вартість в порівнянні з іншими стандартними водомірними спорудами та можливість замулення нижньої ділянки каналу, що приводить до повного підтоплення ВЛП, при цьому лоток стає не водомірним.

Лоток Паршалла складається із:

- вхідних розтрубних вертикальних стінок, які сходяться з похилом 1:5 до прокової осі лотка, та горизонтального дна. В передній частині розтруб спрягається зворотними стінками з укосами каналу під кутом 45° до осі потоку, а ззаду з горловиною. На відстані дві третини довжини вхідного розтрубу влаштовують отвір для рівномірного бокового колодязя або рейки для вимірювання глибини води у верхньому б'єфі;

- основної горловини, яка знаходиться між паралельними стінками. Дно горловини має похил 3:8 в бік руху води. В горловині влаштовують отвір для рівномірного бокового колодязя або встановлюють рейку для вимірювання глибини потоку в нижньому б'єфі (на порогом вхідної частини);

- вихідних розтрубних вертикальних стінок, які розходяться в плані з похилом 1:6 до поздовжньої осі лотка. Кінцева частина розтрубу спрягається з укосами каналу. Дно вихідного розтрубу має зворотній похил 1:6.

Конструкція водомірного лотка Паршалла наведена на рис. 1.2.



Основним розміром лотка Паршалла є ширина горловини  $b_n$ , в залежності від якої визначають решту розмірів:

- довжину вхідної частини розтрубу по осі

$$L_1 = 0,5 b_n + 1,2 \quad (1.8)$$

- довжину вхідної частини розтрубу по стінці

$$L = 1,02L_1 \quad (1.9)$$

- ширину входу прийомного розтрубу

$$B_{ex} = 1,2 b_n + 0,48 \quad (1.10)$$

- ширину входу вихідного розтрубу

$$B_{vux} = b_n + 0,3 \quad (1.11)$$

- відстань від точки спостереження  $H_e$  до горловини

$$L_k = \frac{2}{3} L \quad (1.12)$$

Витрата води, яка проходить через водомірний лоток Паршалла при невідтопленому режимі витікання води ( $h_n < 0,7H_e$ ) визначається за формулою

$$Q_{vit} = 0,372 \cdot b_n \cdot \left( \frac{H_e}{0,305} \right)^{1,569 \cdot b_n^{0,026}} \quad (1.13)$$

При відносному підтопленні нижнього б'єфу лотка  $K = \frac{h_n}{H_e} > 0,7$

вплив підтоплення на витрату, яка проходить через лоток  $Q_{nid}$ , враховується за допомогою поправки  $q$ . При цьому витрата вільного витікання  $Q_{vit}$  зменшується на значення поправки  $q$ .

$$Q_{nid} = Q_{vit} - q \quad (1.14)$$

Значення поправки визначається за формулою

$$q = 0,075 \cdot \left\{ \left[ \frac{H_n}{\left( \frac{0,928}{K} \right)^{1,8} - 0,75} \right]^{4,57-3,14 \cdot K} + 0,093 \cdot K \right\} b_n^{0,815} \quad (1.15)$$

У випадку коли  $K > 0,9$  для забезпечення точності вимірювань витрати доцільно змінити умови витікання води.

В додатку 2 приведені розміри стандартних лотків Паршалла.

Розрахунок та проектування ВЛП необхідно проводити таким чином:



1. Відповідно до максимальної витрати з додатку 2 приймаються розміри найближчого більшого стандартного лотка Паршалла при вільному витіканні води.
2. В табличній формі при відомому значенні  $b_{л}$  приймають значення  $H_6$  та обчислюють значення витрат  $Q_{вил}$  за формулою (1.13) та поправочної витрати  $q$  за формулою (1.15). Для визначення поправочної витрати задаються значення коефіцієнту підтоплення  $K = 0,8$ .
3. За результатами розрахунку будують графік залежності  $Q_{вил}=f(H_6)$ , з якого визначають значення  $H_6$ , які відповідають мінімальній та максимальній витраті води в каналі. На цьому ж графіку наводять графік поправочної витрати  $q=f(H_6, K)$ .

Після визначення конструктивних розмірів ВЛП виконують висотну прив'язку водомірної споруди. Конструктивна глибина каналу приймається 2 м. Визначаються відмітки дна каналу, максимальної та мінімальної глибини води в каналі. Результати розрахунків зводяться в таблицю розділу V паспорту водомірного поста.

Відмітка порога лотка (дна вхідного розтрубу) або перевищення його над дном каналу обчислюється за формулою:

$$\Delta h = h_{к max} - 0,7 H_{6 max} \quad (1.16)$$

де  $h_{к max}$  – максимальна глибина води в каналі, м;  $H_{6 max}$  – максимальна глибина води в лотку при проходженні максимальної витрати.

За отриманими результатами визначають конструктивні розміри споруди та креслять план, поздовжній та поперечний перерізи водомірної споруди в масштабі М 1:50. Креслення споруди наводяться в розділі IV паспорту водомірного поста.

Для забезпечення водообліку на ВЛП влаштовуються водомірні рейки або вимірювальні прилади. «Нуль» рейки або вимірювального приладу повинен співпадати з відміткою порогу входу лотка.

З метою автоматизації водообліку влаштовується русловий або береговий водомірний колодязь. У випадку влаштування берегового водомірного колодязя діаметр з'єднувальної труби повинен бути не менше 150 мм для забезпечення швидкої зміни рівня води в колодязі відповідно до зміни рівня води на водомірі. Дно водомірного колодязя повинно бути на 0,5 м нижче мінімального рівня води в руслі.

Влаштування водомірного колодязя дозволяє встановити додаткові прилади для фіксації зміни рівня води. Можливе використання поплавкових приладів типу «Валдай», УкрНДПГіМ, які здійснюють фікса-





цію зміни рівня води на паперовому носії. В подальшому під час експлуатації водоміра при відомій залежності між рівнем та витратою води з побудованого графіку визначають відповідне значення витрати. При забезпеченні відповідного захисту від стороннього впливу можливе застосування сучасних автоматизованих приладів спостережень – акустичного витратоміра «Ехо», електронного рівнеміра або датчиків рівня води. Використання сучасних приладів дозволяє фіксувати інформацію про зміну рівня та витрати води в автоматичному режимі на протязі тривалого періоду (до 30 діб) з подальшою передачею накопиченої бази даних за допомогою стільникового, радіозв'язку або при безпосередньому підключенні приладу до комп'ютера.



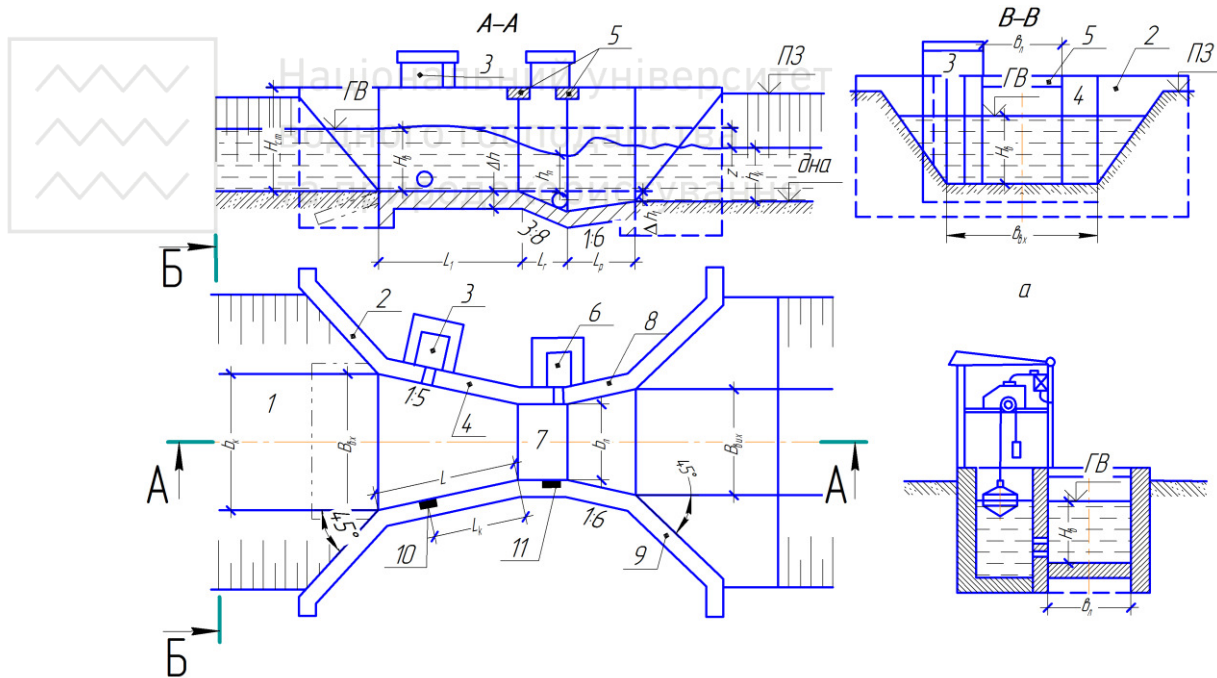


Рис. 1.2. Водомірний лоток Паршалла

а – варіант рівнемірного колодезя з приладом-датчиком; 1 – канал; 2,9 – стінки спряження входу та виходу лотка з укосами каналу; 3,6 – рівнемірні колодезі верхнього та нижнього б'єфів; 4,8 – стінки входного та вихідного розтруба лотка; 5 – розпірки; 7 – горловина лотка; 10,11 – рейки.



## 5.5. Розрахунок водомірної лотка САНДПІРІ

Водомірний лоток конструкції САНДПІРІ (ВЛС) найбільш простий за конструкцією та отримав широке застосування на зрошувальних системах. Застосовується на відкритій мережі з витратами води до  $2 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Конструкція ВЛС наведена на рис. 1.3.

Донний поріг лотка має висоту в нижньому б'єфі  $p \geq 0,5H_{\max}$ . Лоток використовується в якості водомірної споруди при вільному та підтопленому режимах витікання. Підтоплення впливає на залежність  $Q = f(H)$  при  $h > 0$ , що обмежує застосування лотка у випадках недопущення створення значних підпорів.

Основний розмір лотка – ширина виходу  $b_d$ , за значенням якої визначаються конструктивні розміри лотка: ширина вхідної частини  $B_d$ , довжина по осі вхідної частини  $l_n$ , висота вертикальних стінок лотка від дна порогу до його верху  $H_c$ .

Водомірний лоток виготовляється із монолітного бетону, збірно-блочного, металічної опалубки, яка заповнюється бетонною сумішшю, або пластмасовими матеріалами з ребрами жорсткості з зовнішнього боку засипки ґрунтом.

Витрата води, яка проходить через лоток при вільному витіканні, визначається за формулою

$$Q_{\text{ввл.}} = \left( 0,5 - \frac{0,109}{6,26 \cdot H + 1} \right) \cdot b_d \cdot H \cdot \sqrt{2gH} \quad (1.17)$$

де  $H$  – напір над порогом, м.

При підтопленому режимі витікання ( $h > 0$ ) витрата води обчислюється за формулою (1.18) із введенням поправочного коефіцієнта підтоплення:

$$Q_{\text{відт.}} = \sigma \cdot Q_{\text{ввл.}} \quad (1.18)$$

$$\sigma = 1,085 \cdot \left( 1 - \frac{1}{11,7 \cdot (K - 1)} \right) \quad (1.19)$$

де  $K = \frac{h}{H}$ .

В додатку 3 приведені розміри стандартних лотків САНДПІРІ.

Розрахунок та проектування ВЛС необхідно проводити таким чином:



1. Відповідно до максимальної витрати з додатку 3 приймаються розміри найближчого більшого стандартного лотка САНДІПРІ при вільному витіканні води.
2. В табличній формі при відомому значенні  $b_d$  приймають значення  $H$  та обчислюють значення витрати  $Q_{vit.}$  за формулою (1.17).
3. За результатами розрахунку будують графік залежності  $Q_{vit.}=f(H)$ , з якого визначають значення  $H$ , які відповідають мінімальній та максимальній витраті води в каналі.
4. При відомому значенні максимальної глибини води в каналі обчислюють значення  $K = \frac{h}{H}$  та визначають величину поправочного коефіцієнта.
5. Задаючись значеннями глибини підтоплення  $h$  від максимального до нуля обчислюють значення поправочного коефіцієнта  $\sigma$  та будують залежність  $\sigma=f(K)$ .

Після визначення конструктивних розмірів ВЛП виконують висотну прив'язку водомірної споруди. Визначаються відмітки дна каналу, максимальної та мінімальної глибини води в каналі. Результати розрахунків зводяться в таблицю розділу V паспорту водомірного поста.

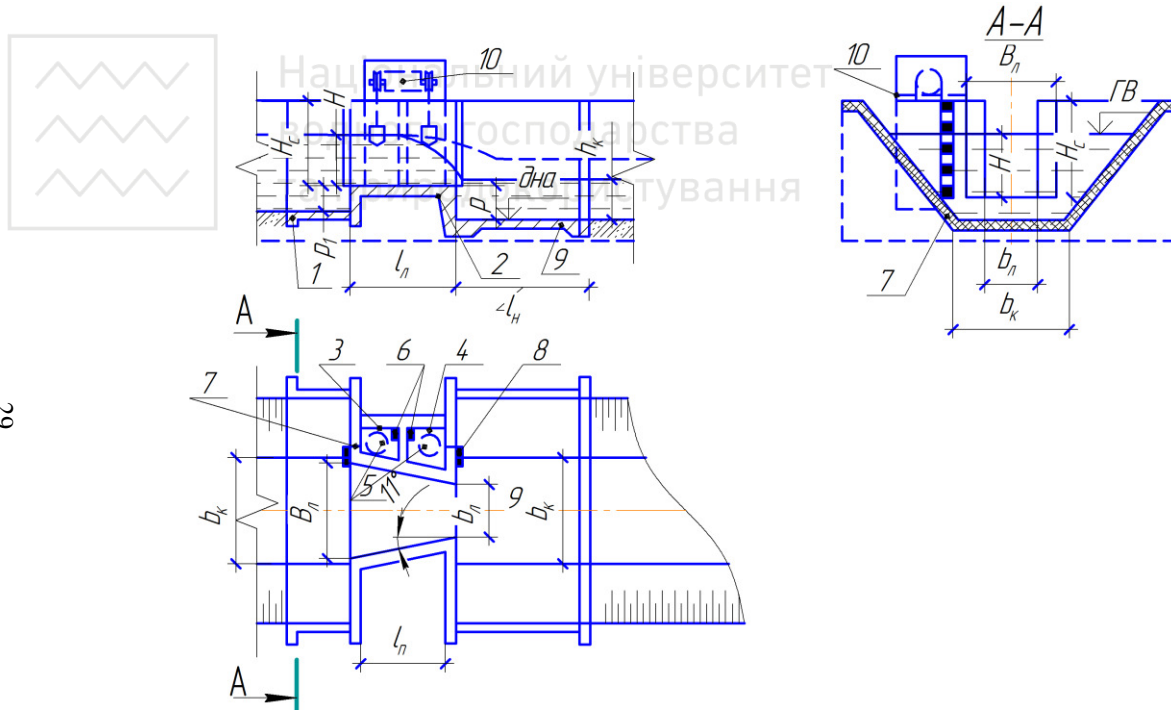


Рис. 1.3. Водомірний лоток САНДПІ

1 – канал; 2 – лоток; 3,4 – рівнемірні колодязі верхнього та нижнього б'єсів з отворами 7,8 та рейками 6;  
5 – поплавки приладу; 9 – водобійна частина; 10 – прилад або датчик рівня води (або перепаду рівнів).



## 6. Питання для самоконтролю засвоєння матеріалу

1. Задачі водообліку. Обов'язки гідрометричного персоналу УВР.
2. Методи та способи обліку води на ГМС.
3. Типи водомірних постів на ГМС.
4. Класифікація водомірних пристроїв (улаштувань).
5. Гідравлічні розрахунки водомірних пристроїв.
6. Водовимірвальні прилади. Типи приладів. Умови застосування.
7. Русловий спосіб обліку води.
8. Гідравлічно-гідрометричний спосіб визначення витрат води.
9. Тарування (градування) гідрометричних споруд.
10. Визначення витрат води за допомогою водозливів з тонкою стінкою.
11. Визначення витрат води за допомогою водозливів з широким порогом.
12. Визначення витрат води за допомогою водомірних приставок.
13. Визначення витрат води за допомогою водомірних насадок.
14. Визначення витрат води за допомогою водомірних пристроїв з місцевими опорами води.
15. Вимірювання витрат води водомірними постами на закритій зрошувальній мережі.
16. Вимірювання витрат води за допомогою ультразвукових витратомірів.
17. Вимірювання витрат води за допомогою електромагнітних витратомірів.
18. Вимірювання витрат води за допомогою лічильників - водомірів типу ВД.
19. Вимірювання витрат води на осушувально-зволожувальних системах.
20. Вимірювання витрат води на дощувальній техніці.
21. Документація при гідрометричних спостереженнях.



## 6. Література

### 6.1. Основна література

1. Хамадов И. Б., Бутырин М. В. Эксплуатационная гидрометрия в ирригации. Москва : Колос, 1975. 208 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006956802> (дата звернення: 10.01.2019).
2. Гидрометрія: практикум / Д. С. Косяк, В. С. Холоденко, О. І. Галік, О. П. Будз. Рівне : НУВГП, 2018. 254 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/11563/> (дата звернення: 10.01.2019).
3. Масумов Р. Р. Ассоциации водопотребителей: технические аспекты гидрометрии и учета водопотребления. Ташкент : Научно-информационный центр МКБК, 2015. 91 с. URL: <http://www.cawater-info.net/library/rus/watlib/watlib-09-2015.pdf> (дата звернення: 10.01.2019).
4. Киенчук А. Ф. Водомерные устройства для гидромелиоративных систем. Москва : 1982. 142 с. URL: <http://www.cawater-info.net/library/rus/hist/gtps/index.htm> (дата звернення: 10.01.2019).
5. Карасев И. Ф. Речная гидрометрия и учет водных ресурсов. Ленинград : Гидрометеиздат, 1980. 310 с. URL: <http://www.cawater-info.net/library/rus/hist/karasev.pdf> (дата звернення: 10.01.2019).
6. Кулібабін О. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Експлуатаційна гідрометрія». Одеса : ОДЕКУ, 2009. 98 стр. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/1007/> (дата звернення: 10.01.2019).
7. Чудновский С.М., Лихачева О.И. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений : учебное пособие. Москва - Вологда, Инфра - Инженерия. 2017. 149 с. URL: <https://books.google.com.ua/books?id=gUs4DwAAQBAJ&lpg=PP1&dq=gUs4DwAAQBAJ&hl=uk&pg=PA1#v=onepage&q&f=false> (дата звернення: 10.04.2019)
8. Гопченко Є. Д., Кічук Н.С. Меліоративна гідрологія : Конспект лекцій. Одеса. ОДЕКУ. 2016. 115 с. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/1306/> (дата звернення: 10.01.2019).

### 6.2. Нормативна і довідкова література

1. Бурдун Г. Д. и др. Основы метрологии. Москва : Стандарты, 1975.
2. Каталог-справочник: Средства измерения расхода и количества воды на мелиоративных системах /Украинская академия аг-



рарных наук (УкрНИИГиМ). Государственный Комитет по водному хозяйству Украины (Укрводэксплуатация). Киев : Хрещатик, 1998. 46 с.

3. Киенчук А. Ф. Водомерные устройства для гидромелиоративных систем. Москва : Колос, 1982.

4. Кієнчук О. Ф. Методи і засоби обліку води на відкритих каналах зрошувальних систем. Київ : Урожай, 1971.

5. Коваленко П. И. Автоматизация мелиоративных систем. Москва : Колос, 1982.

6. Методика виконання вимірювань при водообліку на насосних станціях з регулюючими басейнами. Інститут гідротехніки і меліорації УААН. Киев, 1997.

7. Нормативно-техническая документация и средства измерения, рекомендуемые к применению при организации водоучета на ГМС. Москва : Союзводпроект, 1990.

8. Облік води на водогосподарських об'єктах. Лабораторні роботи : навчальний посібник. Під. ред. Гурина В. А. Рівне : РДТУ, 2001. 104 с.

9. Овчаров Е. Е., Плотников В. М. Автоматизация учета воды на оросительных системах. Москва : Колос, 1972.

10. Орлова В. В. Гидрометрия. Ленинград : Гидрометиздат, 1974.

11. Орлова Н. А. и др. Эксплуатация гидромелиоративных систем. Киев : Вища школа, 1985.

12. Пособие для инженеров-гидрометристов оросительных систем. Симферополь, 1996.

13. Расходомеры для гидромелиоративных систем. Отраслевой стандарт. Москва : 1980.

14. Средства и методы водоучета в мелиорации и водном хозяйстве. Москва : Мелиоводинформ, 1994.

15. Средства измерения расхода и количества воды на мелиоративных системах. Госпромводхоз Украины, 1992.

16. Указание по определению объемов воды, поданной мелиоративной насосной станцией (по электроэнергии). Минводхоз Украины : Киев, 1989.

17. Филончиков А. В. Технология водоучета на мелиоративных системах. Кострома : Изд-во КГСХА, 1997. 156 с.

18. Хамадов И. Б., Бутырин М. В. Эксплуатационная гидрометрия в ирригации. Москва : Колос, 1975.