



Національний університет

водного господарства

та природокористування

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Національний університет водного господарства

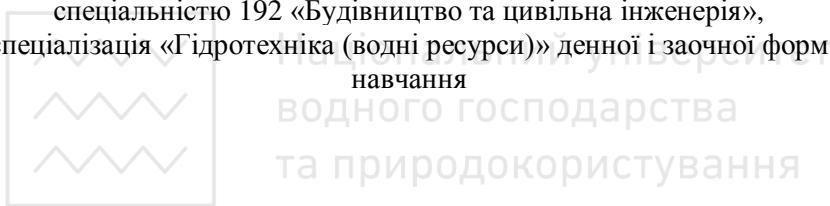
та природокористування

Кафедра гідроінформатики

**01-02-168**

### Методичні вказівки

до виконання лабораторно-виробничої роботи з навчальної дисципліни «Основи надійності водогосподарських об'єктів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», спеціалізація «Гідротехніка (водні ресурси)» денної і заочної форм навчання



Рекомендовано науково-методичною комісією за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», протокол № 2 від 19 грудня 2018 р.

Рівне – 2018



Національний університет

водного господарства

Методичні вказівки до виконання лабораторно-виробничої роботи з навчальної дисципліни «Основи надійності водогосподарських об'єктів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», спеціалізація «Гідротехніка (водні ресурси)» dennої і заочної форм навчання / Гурин В. А. – Рівне : НУВГП, 2018. – 28 с.

Укладач: В. А. Гурин, д.т.н., професор кафедри гідроінформатики.

Відповідальний за випуск: С. В. Клімов, зав. кафедри гідроінформатики.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

© В. А. Гурин, 2018  
© НУВГП, 2018



## Зміст

1. Загальні вказівки.....	4
2. Мета роботи.....	4
3. Задачі надійності.....	4
4. Обґрунтування плану та кількості об'єктів спостережень.....	8
5. Спостереження за технічним станом об'єктів.....	10
6. Програма лабораторно-виробничої роботи.....	11
7. Характеристика об'єкта досліджень.....	11
8. Порядок виконання роботи.....	12
8.1. Обстеження технічного стану кріплення відкосів р. Устя.....	12
8.2. Спостереження за станом та дослідження бетонних	
і залізобетонних конструкцій.....	14
8.3. Спостереження за станом і деформаціями земляних споруд	
9. Рекомендації щодо обробки та оформлення результатів	
обстеження гідротехнічних об'єктів .....	18
9.1. Склад звіту.....	18
9.2. Результати обстежень стану кріплення відкосів.....	18
9.3. Результати обстеження стану гідротехнічної споруди.....	18
9.4. Результати обстеження стану земляної греблі.....	18
Рекомендована література.....	19
	21
	22
	23



## 1. Загальні вказівки

Виконання лабораторно-виробничої роботи є невід'ємним етапом вивчення курсу “Основи надійності водогосподарських об'єктів” відповідно до робочої програми дисципліни, що сприяє поглибленню і закріпленню теоретичних знань, отриманих студентами під час вивчення курсу, виробленню умінь проведення аналізу і розрахунків надійності гідротехнічних об'єктів та розробки і впровадження заходів з підвищення їхньої надійності.

## 2. Мета роботи

Метою є ознайомлення студентів з умовами застосування та експлуатації водогосподарських об'єктів, вивчення їхньої конструкції, оцінювання технічного стану, аналіз статистичної інформації, розробка пропозицій щодо підвищення надійності роботи водогосподарських об'єктів та удосконалення їхньої конструкції.

Національний університет

водного господарства

та природокористування

## 3. Задачі надійності

Досягнення поставленої мети потребує вирішення наступних задач:

- визначення причин виникнення і оцінка впливу характерних пошкоджень та відмов гідротехнічних споруд в процесі експлуатації;
- експлуатаційно-функціональний аналіз надійності елементів гідротехнічних споруд;
- оцінка довговічності бетонних виробів конструкцій гідротехнічних споруд;
- кількісний аналіз відмов елементів гідротехнічних споруд;
- удосконалення конструкцій гідротехнічних споруд закритої регулюючої мережі осушувальних систем;
- обґрутування термінів проведення планово -попереджуvalьних ремонтів гідротехнічних споруд.

Оцінка надійності гідротехнічних споруд проводиться у відповідності до загальної методики аналізу надійності згідно ДСТУ-2861-94, ДСТУ-2864-94 та ДСТУ-3004-95 [1, 2, 3].

Структурну блок-схему оцінювання надійності гідротехнічних споруд наведено на рис.1.



Ефективність і надійність роботи  
гідротехнічної споруди

П р о е к т у в а н и я

Б у д і в н и ц т в о

Е к с п л у а т а ц і я

Фізичні  
процеси  
деградації

Режим роботи  
споруди

Технічне  
обслуговування  
споруди

Пошкодження і відмови

Відновлення і ремонт

Постійна  
ремонтна  
бригада

Технічне  
оснащення,  
механізми

Матеріали

Якість і оперативність ремонту

Оптимізація  
експлуатації  
удосконаленої  
споруди  
(ІІ етап)

Оптимізація  
експлуатації  
споруди  
(І етап)

аналіз

Рис. 1. Структурна блок-схема оцінювання надійності  
гідротехнічних споруд



За такою схемою, дослідження включають в себе сукупність можливих зв'язків, які необхідно вивчати. На схемі показано основні фактори, що впливають на надійність гідротехнічних споруд.

Як відомо, надійність гідротехнічної споруди, як технічної системи, має бути закладена на стадії проектування, забезпечуватись під час будівництва і підтримуватись в процесі експлуатації. Ефективність роботи споруди залежить від проявлення властивостей надійності (безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність та збереженість) в процесі довготривалої експлуатації.

В процесі експлуатації, щоб оцінити надійність, необхідно встановити зв'язок між пошкодженнями та відмовами (аваріями), режимом роботи споруди і рівнем технічного обслуговування, який, в свою чергу, потребує вивчення організації та умов проведення ремонту споруди як фактора відновлення її працездатного стану.

На основі аналізу результатів експлуатації розробляються рекомендації з підвищення надійності діючих гідротехнічних споруд і перенесення накопиченого досвіду підвищення надійності на інші споруди, що експлуатуються. При цьому заходи підвищення надійності повинні враховувати економічну доцільність, ефективність і оптимальність варіантів.

Дослідження по запропонованій схемі слід проводити безперервно з метою встановлення причин, а також факторів, що впливають на надійність споруди. Потрібно звернути увагу на шлях від встановлення причин відмови до усунення їх наслідків, на проведення аналізу і узагальнення накопиченого досвіду і впровадження його при реконструкції та будівництві об'єктів з метою підвищення їх надійності. В структурній схемі обов'язковою є умова наявності зворотного зв'язку.

Надійність об'єкта визначають для контролю і перевірки відповідності показників роботи технічним умовам, які задані в технічному завданні на систему.

Надійність об'єктів можливо оцінювати такими методами:

- аналітичними;
- експериментальними;
- імовірнісного моделювання;
- комбінованими, які є поєднанням методів, названих вище.



Проектну оцінку надійності об'єкта, як правило, проводять аналітичними методами, методами імовірінісного моделювання і комбінованими методами.

Оцінку надійності діючого об'єкта, яка є більш повною, проводять експериментально, шляхом спостереження, збору і обробки статистичних експлуатаційних даних про надійність як об'єкта в цілому, так і окремих його елементів, шляхом проведення випробувань та іншими методами, в яких використовуються обидва ці напрямки.

Надійність об'єктів при експлуатації можливо контролювати експериментальним методом (основний метод) та аналітичними методами і методами імовірного моделювання для прогнозу змін показників в часі при довготривалій експлуатації.

При проведенні оцінки і контролю надійності використовують нормативно-технічні і методичні документи, довідники тощо.

Збір і обробку експлуатаційної інформації проводять для вирішення таких завдань:

- встановлення конкретного змісту поняття відмови;
- встановлення і оцінка показників надійності об'єктів;
- виявлення конструктивних і технологічних недоліків, що зменшують надійність;
- виявлення елементів об'єктів, які зменшують їхню надійність;
- визначення впливу умов і режимів експлуатації на надійність;
- коригування нормованих показників надійності;
- виявлення недоліків експлуатації та удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту;
- визначення ефективності заходів підвищення надійності.

В переважній більшості гідротехнічні споруди виконані із застосуванням гідротехнічного бетону, характеристиками якого є морозостійкість та водопроникність. Марка гідротехнічного бетону призначається за результатами розрахунку конструкції на міцність і тріщинностійкість з врахуванням вимог морозостійкості (F) та водопроникності (W).

Морозостійкість бетону згідно з ДСТУ БВ.2.7 - 43-96 (ГОСТ 10060-1-95) [4] характеризується найбільшою кількістю циклів позмінного заморожування і віттання, які спроможні витримати зразки без втрати міцності більше 15%. Залежно від кліматичних умов для важкого гідротехнічного бетону згідно зі стандартом



встановлені такі проектні марки бетону за морозостійкістю: F25; F35; F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500; F600; F800; F1000.

Водопроникність бетону згідно з ДСТУ БВ.2.7-48-96 [4] характеризується найбільшим тиском, при якому не спостерігається просочування води через зразки. Для бетону гідротехнічних споруд згідно зі стандартом встановлені такі марки: W 2; W 4; W 6; W 8; W10 ;W12 ;W14 ;W16 ;W 18 ;W20.

За умовами роботи бетону, залежно від розміщення гідротехнічного бетону в споруді стосовно до рівня води, бетон поділяється на підводний (постійно у воді), бетон зони змінних рівнів води і надводний. Бетон підземних гідротехнічних споруд при наявності ґрутових вод розглядається як підводний.

Для розрахунку показників надійності згідно ДСТУ-2864-94, ДСТУ-3004-95 [5] необхідно виконувати наступні роботи:

- вибір плану спостережень на надійність;
- планування спостережень;
- збір необхідної інформації;
- статистична обробка інформації.

Планом спостережень на надійність встановлюється число об'єктів, порядок проведення обстеження та критерій їх припинення.

Статистична обробка інформації здійснюється за стандартними методиками [6, 7] з метою визначення кількісних показників надійності.

#### **4. Обґрунтування плану та кількості об'єктів спостережень**

Планування спостережень на надійність передбачає визначення потрібного обсягу обстежень для розрахунку показників надійності із заданими точністю та вірогідністю.

У відповідності до [8] передбачено наступні основні плани спостережень [NUN], [NUT], [NUr], [NRT], [NRr], [NMr], [NMt], де

N – обсяг вибірки;

U – невідновлювані і незамінювані елементи під час спостережень в разі відмови;



$R$  – невідновлювані, але замінювані елементи під час спостережень в разі відмови;

$M$  – відновлювані елементи під час спостережень в разі відмови;

$T$  – напрацювання елемента;

$r$  – число елементів, що відмовили.

Для більшості гідротехнічних споруд характерними планами спостережень є:

- план [NUT] - план, згідно з яким одночасно випробовують  $N$  об'єктів; об'єкти, що відмовили під час випробувань, не відновлюють і не замінюють; випробовувати припиняють по закінченні терміну випробувань або напрацювання  $T$  для кожного об'єкта, що не відмовив;

- план [NUR] - план, згідно з яким одночасно випробовують  $N$  об'єктів; об'єкти, які відмовили під час випробувань, не відновлюють і не замінюють; випробування припиняють, коли кількість об'єктів, що відмовили, досягла  $r$ . При  $r = N$  маємо план [NUN];

- план  $[NU(r,T)]$  - план, згідно з яким одночасно випробовують  $N$  об'єктів; об'єкти, які відмовили під час випробувань, не відновлюють і не замінюють; випробування припиняють, коли закінчився час випробувань чи напрацювання  $T$  кожного об'єкта, що не відмовив залежно від того, яка з цих умов виконується раніше.

Параметри надійності є випадковими функціями часу, які визначаються законами розподілу. Оскільки закон розподілу характеризує масові випадкові явища, то визначення показників надійності повинно ґрунтуватись на спостереженні об'єктів, кількість яких  $N$  - встановлюється відповідно до прийнятих значень довірчої імовірності  $\beta$  та імовірністю безвідмовної роботи  $R(t)$  (табл.1.).



Кількість N об'єктів спостереження

R(t)	$\beta$			
	0.8	0.9	0.95	0.98
0.500				7
0.800	8	10	13	20
0.900	15	21	30	44
0.950	30	40	60	85
0.980	75	120	140	230
0.990	150	220	280	430
0.995	330	430	600	800

\*

### 5. Спостереження за технічним станом об'єктів

Спостереження за гідротехнічними об'єктами поділяються на візуальні та інструментальні. Візуальні спостереження полягають в періодичних оглядах об'єктів з описом їхнього стану, виконання креслень, фотознімків, проведення вимірювань виявлених порушень за допомогою найпростіших інструментів (лінійка, мірна стрічка та ін.). Інструментальні спостереження полягають в проведенні планових і висотних знімань споруд, зборі та аналізі показів контрольно-вимірювальних пристріїв, які встановлені на спорудах (обов'язкове для споруд I, II та III класів капитальності). При необхідності проводять відбір проб ґрунту, бетону і води для здійснення їхнього аналізу.

До візуальних відносяться спостереження за загальним станом земляних і бетонних поверхонь споруд за просіданням і тріщинами, зсувом, фільтрацією, вилуженням бетону, станом льодового покриву, рухом льоду і шуги тощо. Всі порушення, що виявлені під час обходу, фіксують на місцевості, а також на плані та розрізах споруд з описом, рисунками (шкіцами), результатами обмірювань. Результати оглядів заносять в журнал візуальних спостережень, де вказують дату виявлення деформацій і порушень, місце їхнього розташування (номер пікету та відстань від пікету або від осі споруди), характер деформацій (порушень) та їхні розміри (довжина, ширина, глибина - для тріщин, площа - для обвалів і зсувів). Всі порушення показують на плані та розрізах споруд умовними позначеннями (табл. 2).



Таблиця 2

Умовні позначення дефектів бетонних і залізобетонних облицювань, кріплень та поверхні бетону гідротехнічних споруд

№ п/п	Умовні позначення	Опис дефектів та порушень
1		- видима тріщина
2		- тріщина, що закрилась
3		- тріщина з сухим нашаруванням (наліт)
4		- тріщина з патьоками
5		- мокра пляма (площа плями в $m^2$ )
6		- мокра пляма з білим нальотом
7		- патьоки з бурим нальотом
8		- фільтрація з виносом іржі
9		- краплинна течія
10		- струменева течія
11		- витікання мастики
12		- сухі білі плями
13		- сухі бури плями
14		- раковина
15		- порожнини під плитою
16		- значне стирання плит
17		- розбита плита з оголенням арматури
18		- маяк
19		- щілина



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

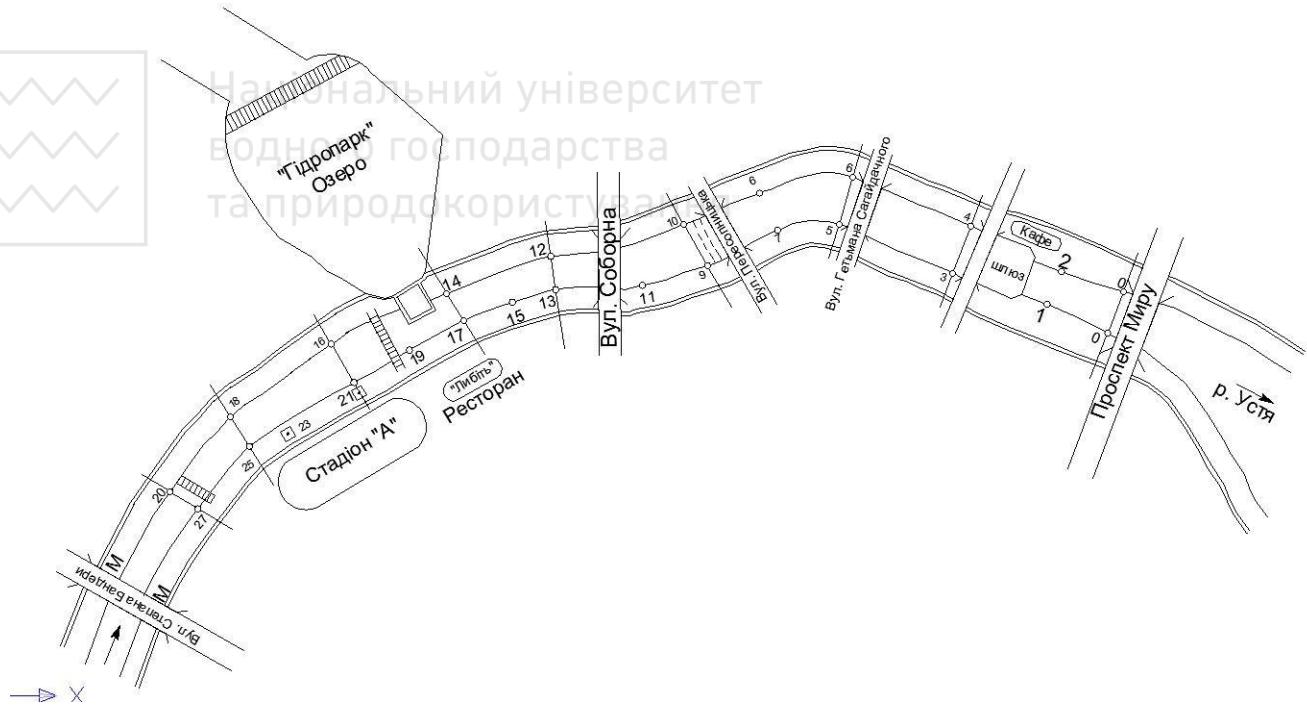


Рис.2. Схема кріплення берегів р. Устя в межах м. Рівне  
0-1...27-М – дослідні ділянки



## 6. Програма лабораторно-виробничої роботи

1. Вивчити об'єкт діагностування, принципи його роботи, структуру, конструкцію, розміри, функції тощо.
2. Вибрати метод діагностування, план спостережень і кількість об'єктів обстеження.
3. Провести обстеження технічного стану заданого об'єкта.
4. Визначити і оцінити показники надійності об'єкта дослідження.
5. Виявити конструктивні і технологічні недоліки, що зменшують надійність.
6. Виявити недоліки експлуатації і дати пропозиції щодо вдосконалення технічного стану системи та технічного обслуговування.

## 7. Характеристика об'єкта дослідження

Об'єктом дослідження є регульоване русло р. Устя в межах м. Рівного, гідротехнічні споруди та земляна гребля на водосховищі Басів Кут (рис. 2).

Укоси регульованого русла р. Устя сплановані і закріплені ребристими плитами РПУ15-30 для запобігання руйнування берегів і надання їм естетичного вигляду (рис. 3).

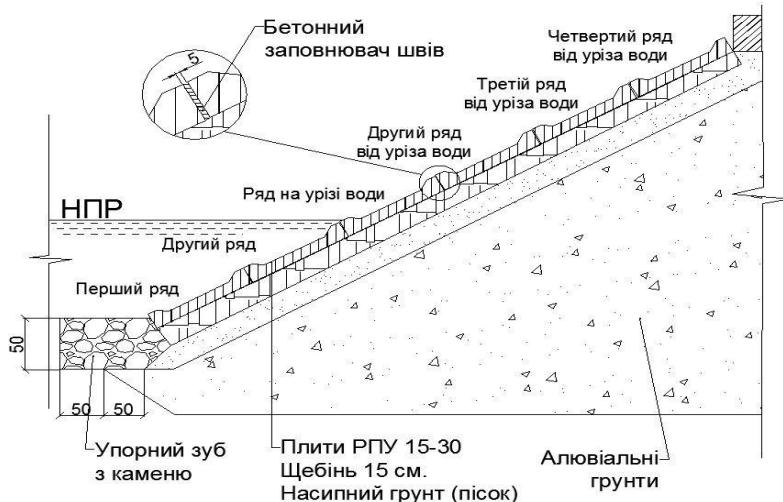


Рис.3. Схема кріплення укосу



Об'єкт дослідження розділений на 26 дослідних ділянок. В кожну дослідну ділянку входить 100-130 плит кріплення. Нумерація дослідних ділянок починається з голови регульованого русла: парні номери - з лівого берегу річки, непарні - з правого. Відомості про ділянки дослідження подано в табл. 3.

На межах дослідних ділянок на верхній плиті первого ряду є спеціальні позначки фарбою.

Таблиця 3

## Відомості про ділянки дослідження

№ - № ділянок (позначки)	Кількість рядів плит	Кількість плит на ділянці	№ - № ділянок (позначки)	Кількість рядів плит	Кількість плит на ділянці
0-1	4	120	0-2	4	120
1-3	3	100	2-4	3	100
3-5	3	100	4-6	3	100
5-7	3	110	6-8	3	110
7-9	5	130	8-10	3	110
9-11	5	130	10-12	2	110
11-13	4	120	12-14	2	120
13-15	4	120	14-16	2	120
15-17	4	120	16-18	2	110
17-19	4	120	18-20	2	110
19-21	3	100	20-М	2	120
21-23	3	100			
23-25	3	110			
25-27	3	120			
27-М	3	120			

## 8. Порядок виконання роботи

### 8.1. Обстеження технічного стану кріплення укосів р. Устя

#### 8.1.1. Визначення геометричних розмірів плит кріплення

Для визначення розмірів вибирають не менше 3-ох плит. Матеріали польових вимірювань подають у формі таблиці 4 із визначенням середнього значення кожного вимірювання розмірів, наведених на рис. 4.



Розміри плит кріплення

№ зимір.	Довжина, мм				Ширина, мм			Висота, мм		Примітки
	L	$l_1$	$l_2$	$l_3$	B	$b_1$	$b_2$	H	$h_1$	
1										
2										
3										
Сер.										

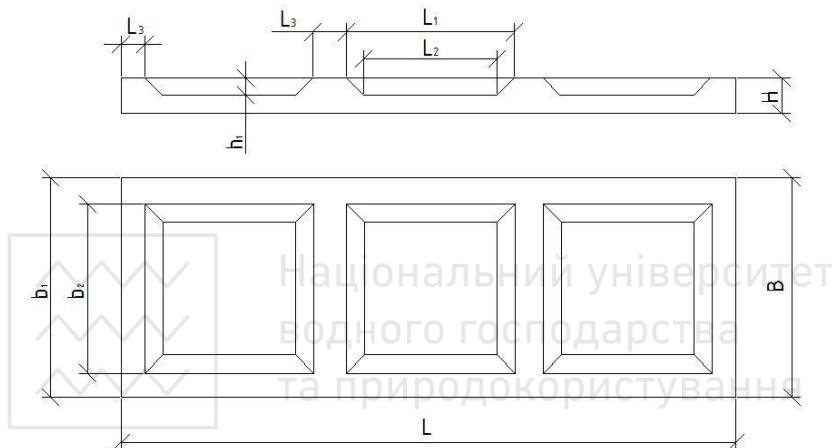


Рис. 4. Схема плити кріплення

### 8.1.2. Візуальне обстеження стану кріплення укосу

Візуальне обстеження починають з першої плити, яка розташована на урізу води (рис. 3). Під час огляду необхідно виявити:

- вимивання ущільнюючих матеріалів із швів бетонних і залізобетонних частин споруд і кріплень;
- вимивання ґрунту і матеріалів фільтру з-під облицювань через шви і щілини під дією потоку води;
- зміщення елементів споруди і кріплень внаслідок напору ґрунту і тиску води, який виникає при швидкому пониженні рівня води;
- вимоїни під облицюванням від нагону хвиль на укос або від затікання поверхневої води (весняне відтавання, дощ);



- наявність в б'єфах великих плаваючих предметів (колод, пнів, корчів тощо) і каміння;
- зміщення елементів облицювання і кріплень від дії льоду у випадку навалу або примерзання льоду до них;
- стан швів і ущільнення між блоками та плитами.

Підводні обстеження кріплень необхідно проводити при найнижчих рівнях води і найбільшій її прозорості за допомогою спеціальних пристройів.

Результати обстежень систематизують у спеціальному журналі (форма 1).

### Форма 1

#### Титульна сторінка

назва експлуатаційної організації

	Національний університет водного господарства та природокористування	
	назва об'єкта	
<b>Журнал візуальних спостережень</b>		
Початок .....20 р.		
Закінчено .....20 р.		

Стор.1...n. Схема розкладки плит на ділянці дослідження (номер ділянки)

Стор . n+1.

#### Результати обстежень кріплення русла р. Устя

Дата	Місце розташування			Опис, ескіз, характерис- тика, причина виявлених порушень	Розміри пошкоджень, порушень				Прийняті заходи
	пікет (NN, плит)	укіс, сторона каналу	розташу- вання відносно виїзду води		дов- жина, m	ши- рина, m	гли- бина, m	пло- ща, m <sup>2</sup>	

Дата і підпис спостерігача



## 8.2. Спостереження за станом та дослідження бетонних і залізобетонних конструкцій

### 8.2.1. Визначення розмірів споруди, схема ГТС

Приводиться схема споруди з усіма її розмірами.

### 8.2.2. Візуальна оцінка ГТС

Візуальна оцінка міцності бетону здійснюється ретельним оглядом його поверхні із простукуванням по поверхні звичайним або спеціальним молотком.

Для проведення спостережень гідротехнічну споруду поділяють на окремі ділянки з показом їх на схемі або на розгортці водопропускного отвору споруди.

Під час огляду бетонних і залізобетонних споруд необхідно встановити і виявити:

- загальний стан споруди (наявність деформацій, зв'язаних з розмивом; просідання устоїв; перекіс і зміщення окремих блоків),
- стан швів і ущільнення;
- наявність фільтрації через основу і в обхід споруди;
- стан кріплення верхнього і нижнього б'єфів споруди;
- стан металевих частин споруди.

Результати спостережень заносять в журнал візуальних спостережень (форма 2). Всі виявлені відмови і дефекти нумерують і вказують умовними позначками на схемах (розгортках) споруд.

Форма 2.

#### Титульна сторінка

---

назва експлуатаційної організації

---

назва об'єкта

#### **Журнал візуальних спостережень**

Початок ..... 20 \_\_\_\_ р.

Закінчено ..... 20 \_\_\_\_ р.

Ст. 1 Схематичне креслення споруди

Ст. 2 Результати обстеження споруди

Результати обстежень



Дата	Місце розташування виявлених дефектів і порушень	Опис, ескіз (шкіц), характеристика, причини порушень	Вжиті заходи, дата, підпис відповідальної особи
1	2	3	4

Дата і підпис спостерігача

### 8.2.3. Визначення міцності бетону

Визначення міцності бетону проводять за допомогою еталонного молотка Кашкарова чи Физделя, або пістолета Скрамтаєва.

Еталонний молоток Кашкарова (рис.5) використовується для визначення міцності бетону за методом пластичних деформацій шляхом нанесення удару.

#### Підготовка до роботи.

1. Підготувати круглий стержень діаметром 12 чи 10мм довжиною 100-150мм із сталі класу ВСтЗсп2 або ВСтЗпс2.

2. Вставити стержень в отвір молотка.

#### Порядок вимірювань.

Удар наносять перпендикулярно до поверхні бетону з таким зусиллям, щоб діаметр відбитку на бетоні  $d_b$  складав 0,3-0,7 діаметра кульки, а діаметр відбитку на еталоні  $d_s$  був не менший 2,5 мм. Удар наносять звичайним молотком по оголовку еталонного молотка, встановленого в точці випробування. Відстань між лунками відбитків на поверхні бетону повинна бути не меншою 30 мм, а на поверхні еталону – не меншою 10 мм.

3. Виконують не менше 5 ударів, вимірюючи кожен раз діаметр лунки на бетоні і на еталонному стержні.

4. Знаходять суму діаметрів відбитків на бетонній поверхні  $d_b$  і суму діаметрів відбитків на еталонному стержні  $d_s$ .

5. За співвідношенням  $d_b / d_s$  при допомозі таблиці 6 визначають міцність бетону на стиск в зоні  $R_i$ .



Таблиця 6

Міцність бетону за молотком Кашкарова

d/d <sub>0</sub>	R, МПа								
3,00	3,5	2,60	8,0	2,20	13,0	1,80	18,3	1,40	33,0
2,99	3,6	2,59	8,12	2,19	13,1	1,79	18,55	1,39	33,8
2,98	3,7	2,58	8,24	2,18	13,2	1,78	18,8	1,38	34,6
2,97	3,8	2,57	8,36	2,17	13,3	1,77	19,05	1,37	35,4
2,96	3,9	2,56	8,48	2,16	13,4	1,76	19,3	1,36	36,2
2,95	4,0	2,55	8,6	2,15	13,5	1,75	19,55	1,35	37,0
2,94	4,1	2,54	8,72	2,14	13,6	1,74	19,8	1,34	37,8
2,93	4,2	2,53	8,84	2,13	13,7	1,73	20,05	1,33	38,6
2,92	4,3	2,52	8,96	2,12	13,8	1,72	20,3	1,32	39,4
2,91	4,4	2,51	9,08	2,11	13,9	1,71	20,55	1,31	40,2
2,90	4,5	2,50	9,2	2,10	14,0	1,70	20,8	1,30	41,0
2,89	4,65	2,49	9,35	2,09	14,12	1,69	21,12	1,29	42,0
2,88	4,8	2,48	9,5	2,08	14,24	1,68	21,44	1,28	43,0
2,87	4,95	2,47	9,65	2,07	14,36	1,67	21,76	1,27	44,0
2,86	5,1	2,46	9,8	2,06	14,48	1,66	22,08	1,26	45,0
2,85	5,25	2,45	9,95	2,05	14,6	1,65	22,4	1,25	46,0
2,84	5,4	2,44	10,1	2,04	14,72	1,64	22,72	1,24	47,0
2,83	5,55	2,43	10,25	2,03	14,84	1,63	23,04	1,23	48,0
2,82	5,7	2,42	10,4	2,02	14,96	1,62	23,36	1,22	49,0
2,81	5,85	2,41	10,55	2,01	15,08	1,61	23,68	1,21	50,0
2,80	6,0	2,40	10,7	2,00	15,02	1,60	24,0	1,20	51,0
2,79	6,1	2,39	10,8	1,99	15,36	1,59	24,35	1,19	51,9
2,78	6,2	2,38	10,9	1,98	15,52	1,58	24,7	1,18	52,8
2,77	6,3	2,37	11,03	1,97	15,68	1,57	25,05	1,17	53,7
2,76	6,4	2,36	11,14	1,96	15,84	1,56	25,1	1,16	54,6
2,75	6,5	2,35	11,25	1,95	16,0	1,55	25,75	1,15	55,5
2,74	6,6	2,34	11,36	1,94	16,16	1,54	26,1	1,14	56,4
2,73	6,7	2,33	11,47	1,93	16,32	1,53	26,45	1,13	57,3
27,2	6,8	2,32	11,58	1,92	16,48	1,52	26,8	1,12	58,2
2,71	6,9	2,31	11,69	1,91	16,64	1,51	27,15	1,11	59,1
2,70	7,0	2,30	11,8	1,90	16,8	1,50	27,5	1,10	60,0
2,69	7,1	2,29	11,92	1,89	16,95	1,49	28,05		
2,68	7,2	2,28	12,04	1,88	17,1	1,48	28,6		
2,67	7,3	2,27	12,16	1,87	17,25	1,47	29,15		
2,66	7,4	2,26	12,28	1,86	17,4	1,46	29,7		
2,65	7,5	2,25	12,4	1,85	17,55	1,45	30,25		
2,64	7,6	2,24	12,52	1,84	17,7	1,44	30,8		
2,63	7,7	2,23	12,64	1,83	17,85	1,43	31,35		
2,62	7,8	2,22	12,76	1,82	18,0	1,42	31,9		

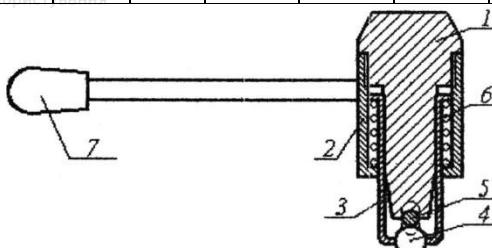


Рис. 5. Схема молотка Кашкарова

1- головка; 2 - корпус; 3 - стакан; 4 - кулька; 5 - еталонний стержень;  
6 - пружини; 7 - ручка

### 8.3. Спостереження за станом і деформаціями земляних споруд

#### 8.3.1. Визначених розмірів споруди, її конструкції.

Наводиться схема споруди із вказаними розмірами

#### 8.3.2. Візуальна оцінка споруди.

Під час візуальних спостережень за станом земляних гребель і дамб необхідно встановити та виявити:

- загальний стан гребня, берм і відкосів;
- просідання, зсуви та інші деформації споруд;
- стан зливової скидної мережі в межах споруди;
- стан кріплення верхових і низових відкосів споруди;
- вихід фільтраційних вод на низовий укіс та в нижній б'єф греблі, в берегових приміканнях і в обхід споруди;
- стан і роботу дренажних пристройів;
- випирання ґрунту;
- стан берегів, схилів, балок і ярів в межах гідроузла;
- горизонтальне зміщення споруди;
- замулення і заростання русел;
- стан контрольно-вимірювальної апаратури.

Усі дефекти, що виявлені під час візуальних спостережень, заносяться в журнал (форма 2.).

## 9. Рекомендації щодо обробки та оформлення результатів обстеження гідротехнічних об'єктів

### 9.1. Склад звіту

Результати обстеження подаються у вигляді звіту з лабораторно-виробничої роботи на тему: "Оцінка надійності роботи



(.., назва об'єкта)”. Звіт оформляється на аркушах формату А-4 і складається із таких розділів.

## Вступ

1. Характеристика водогосподарського, гідротехнічного, природно - кліматичного стану об'єкта.

1.1. Призначення об'єкта.

1.2. Конструкція об'єкта обстеження (гідротехнічна споруда, елемент споруди – укіс каналу, плита кріплення, земляна гребля, шлюз-регулятор тощо).

2. Мета та завдання обстеження.

2.1.Мета обстеження об'єкта.

2.2.Задачі обстеження об'єкта.

2.3. Обґрунтування плану обстеження.

2.4. Визначення кількості об'єктів обстеження.

3. Результати обстеження (об'єкт).

3.1. Групування відмов і пошкоджень об'єкта за елементами та за видами пошкоджень.

3.2. Кількісний аналіз відмов і пошкоджень.

3.3. Аналіз відмов і пошкоджень елементів залежно від режиму їх роботи.

4. Прогноз роботи об'єкта та його елементів

Додаток 1. Журнал візуальних спостережень.

## 9.2. Результати обстежень стану кріплення відкосів

### 9.2.1. Групування відмов і пошкоджень кріплення укосу за елементами

а) В результаті обстеження плит кріплення відкосу виявлено:

- загальна кількість плит -  $N_o^{пл}$

- кількість плит без пошкоджень -  $N_1^{пл}$

- кількість відмов плит (повне руйнування) -  $r^{пл}$

- кількість пошкоджених плит, які виконують свої функції -  $m^{пл}$

в тому числі:

- із морозобійними тріщинами -  $m_1^{пл}$

- із наскрізними тріщинами перелому -  $m_2^{пл}$

- із оголенням арматури, стержнів і сітки -  $m_3^{пл}$

б) В результаті обстеження швів встановлено:

- загальна кількість швів -  $N_o^{шв}$



Національний університет

водного господарства  
та природокористування

- кількість швів без пошкоджень -  $N_1^{\text{III}}$

- кількість швів, які відмовили -  $r^{\text{III}}$

- кількість пошкоджених швів -  $m^{\text{III}}$

в) В результаті обстеження колесовідбійного парапету встановлено:

- загальна кількість блоків парапету -  $N_o^6$ ;

- кількість блоків парапету без пошкоджень -  $N_1^6$ ;

- кількість відмов блоків парапету -  $r^6$ ;

- кількість пошкоджених блоків парапету -  $m^6$ .

### 9.2.2. Кількісний аналіз відмов і пошкоджень

а) За результатами групування відмов і пошкоджень плит кріплення визначається імовірність:

- безвідмовної роботи плит



$$R = N_1^{\text{пл}} / N_o^{\text{пл}}$$

- відмови (повного руйнування) плит

$$F = \frac{r^{\text{пл}}}{N_o^{\text{пл}}}$$

- пошкодження плит

$$G = m^{\text{пл}} / N_o^{\text{пл}}$$

в тому числі імовірність виникнення:

- морозобійних тріщин

$$G_1 = m_1^{\text{пл}} / m^{\text{пл}}$$

- наскрізних тріщин

$$G_2 = m_2^{\text{пл}} / m^{\text{пл}}$$

- оголення арматури



$$G_3 = m_3^{\text{ПЛ}} / m^{\text{ПЛ}}$$

б) За результатами групування відмов і пошкоджень швів визначається ймовірність:

- безвідмовної роботи швів

$$R^{\text{III}} = N_1^{\text{III}} / N_o^{\text{III}}$$

- відмови швів

$$F^{\text{III}} = r / N_o^{\text{III}}$$

- пошкодження швів

в) За результатами групування відмов і пошкоджень колесовідбийного парапету визначається ймовірність:

- безвідмовної роботи блоків парапету

$$R^{\delta} = N_1^{\delta} / N_o^{\delta}$$

- відмови блоків парапету

$$F^{\delta} = r^{\delta} / N_o^{\delta}$$

- пошкодження блоків парапету

$$G^{\delta} = m^{\delta} / N_o^{\delta}$$



За результатами розрахунку будуються гістограми безвідмовної роботи елементів кріплення укосу, гістограми відмов та гістограми пошкоджень. Гістограми будуються в порядку зменшення чисельних значень імовірності (рис.6, рис.7, рис.8 рис.9).

### Висновок

У висновку необхідно описати результати аналізу за наведеними критеріями.



Рис.6. Гістограма імовірності безвідмовної роботи елементів кріплення укосу

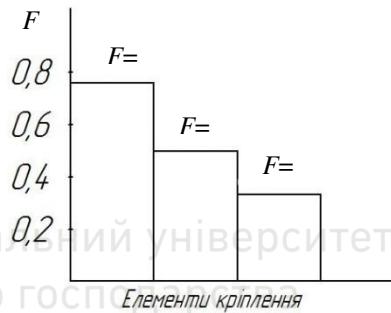


Рис.7. Гістограма імовірності відмови роботи елементів кріплення відкосу

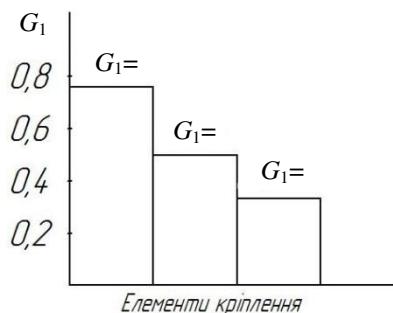


Рис.8. Гістограма імовірності пошкодження елементів кріплення укосу

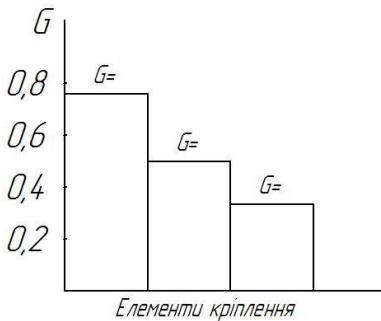


Рис.9. Гістограма імовірності пошкодження плит кріплення укосу



### 9.2.3. Аналіз відмов і пошкоджень елементів залежно від режиму їхньої роботи

Спочатку визначається кількість плит, які розташовані:

- у верхньому ряду –  $N_{01}$ ;
- в ряду урізу води –  $N_{02}$ ;
- в середньому ряду (рядах) –  $N_{03}$ .

Визначається кількість зруйнованих плит:

- у верхньому ряду –  $r_1$ ;
- в ряду урізу води –  $r_2$ ;
- в середньому ряду (рядах) –  $r_3$ .

Визначається кількість пошкоджених плит, які виконують свої функції:

- у верхньому ряду –  $m_1$ ;
- в ряду урізу води –  $m_2$ ;
- в середньому ряду (рядах) –  $m_3$ .

Після цього визначається імовірність:

- а) відмови плит (повного руйнування):
- у верхньому ряду –  $F_1=r_1/N_{01}$ ;
  - в ряду урізу води –  $F_2=r_2/N_{02}$ ;
  - в середньому ряду (рядах) –  $F_3=r_3/N_{03}$ .
- б) пошкодження плит:
- у верхньому ряду –  $G_1=m_1/N_{01}$ ;
  - в ряду урізу води –  $G_2=m_2/N_{02}$ ;
  - в середньому ряду (рядах) –  $G_3=m_3/N_{03}$ .

За результатами розрахунків будують гістограми відмов плит (повне руйнування) (див. рис.7), пошкодження плит (див. рис.8) і робиться відповідний висновок

### 9.2.4. Прогноз роботи об'єкта та його елементів

Завершальним етапом роботи є загальний висновок і виконання пунктів 5 і 6 програми лабораторно-виробничої роботи (розділ 6), тобто описання виявлених недоліків (конструктивних, технологічних, експлуатаційних) та розробка пропозицій щодо вдосконалення.



### 9.3. Результати обстеження стану гідротехнічної споруди

#### 9.3.1. Групування пошкоджень за елементами споруди та за їх видами

В результаті обстежень виявлено :

- тріщини -  $r_1$ ;
- тріщини з патьоками -  $r_2$  ;
- краплинна течія -  $r_3$ ;
- раковина -  $r_4$ ;
- інші види -  $r_k$ .

Загальна кількість пошкоджень дорівнює  $\sum_{i=1}^k r_i$

#### 9.3.2. Кількісний аналіз пошкоджень

За результатами розрахунків та групування пошкоджень визначається імовірність виникнення кожного із виявлених видів:

$$G_1 = n_1 / \sum_{i=1}^k n_i; G_2 = n_2 / \sum_{i=1}^k n_i; G_k = n_k / \sum_{i=1}^k n_i$$

За результатами розрахунку будується гістограма імовірності виникнення пошкоджень (див.рис.9) і робиться висновок.

#### 9.3.3. Виконання пункту 9.2.4

### 9.4. Результати обстеження стану земляної греблі

#### 9.4.1. Групування пошкоджень за елементами споруди та за їх видами.

В результаті обстежень виявлено :

- просідання -  $r_1$ ;
- зсуви -  $r_2$  ;
- краплинна теч мокрі плями на низового укосу -  $n_3$ ;
- тощо-  $r_k$ .

Загальна кількість пошкоджень дорівнює  $\sum_{i=1}^k r_i$

#### 9.4.2. Кількісний аналіз пошкоджень

За рахунками групування пошкоджень визначається імовірність виникнення кожного із виявлених видів пошкоджень:

$$G_1 = n_1 / \sum_{i=1}^k n_i; G_2 = n_2 / \sum_{i=1}^k n_i; G_k = n_k / \sum_{i=1}^k n_i$$



За результатами розрахунку будується гістограма імовірності виникнення пошкоджень (див.рис.9) і робиться висновок.

#### 9.4.3. Виконання пункту 9.2.4

##### Рекомендована література

1. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. Держстандарт України. К., 1994.
2. ДСТУ 2864-94. Надійність техніки. Експериментальне оцінювання та контроль надійності. Основні положення. Держстандарт України. К., 1994.
3. ДСТУ 2862-94. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги. Держстандарт України. К., 1994.
4. ДСТУ БВ.2.7 - 43-96 (ГОСТ 10060.1-95) Будівельні матеріали. Бетони. Базовий метод визначення морозостійкості. К., 1996.
5. ДСТУ 3004-95. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Держстандарт України. К., 1995.
6. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. М.: Наука. 1964. 446 с.
7. Надежность и эффективность в технике : справочник: Том 10. Справочные данные по условиям эксплуатации и характеристикам надежности. М. : Машиностроение, 1986. 319 с.
8. ДСТУ 2863-94. Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги. Держстандарт України. К. 1994.