



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Ю.О. КРУСЬ

**ШТУЧНІ СПОРУДИ
НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ:
МОСТОВІ ПЕРЕХОДИ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ**

Навчальний посібник

*Рекомендовано вченою радою Національного університету
водного господарства та природокористування*

Рівне – 2018

Рецензенти:

Власюк А. П., доктор технічних наук, професор Національного університету «Острозька академія» (м. Острог);

Жеребятєв О. В., кандидат технічних наук, доцент Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне);

Подворний А. В., кандидат технічних наук, доцент Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне).

Рекомендовано вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування.

Протокол № 4 від 22 червня 2018 р.

К84 Крусь Ю. О. Штучні споруди на автомобільних дорогах : Мостові переходи через водотоки : Навч. посібник. – Рівне : НУВГП, 2018. – 133 с.; Іл.: 33; табл.: 44; бібліогр.: 31

Навчальний посібник розроблений відповідно до робочої програми дисципліни «Штучні споруди на автомобільних дорогах». Викладені основи гідрологічних, гідравлічних і руслових розрахунків, що виконуються при проектуванні мостових переходів через водотоки. Наведені необхідні відомості з гідрологічних і морфометричних розрахунків, урахування природних деформацій русел, розрахунку зрізувань і призначення отворів мостів, визначення загального й місцевого розмивань, характерних підпорів, а також необхідні дані для проектування поздовжнього профілю, регуляційних і захисних споруд на мостових переходах. Усі основні питання забезпечені нормативно-довідковими даними та проілюстровані прикладами розв'язання типових інженерних задач, що найчастіше зустрічаються в проектній практиці.

Посібник містить рекомендації до виконання фахового курсового проекту та призначений для студентів закладів вищої освіти, які навчаються за спеціалізацією «Автомобільні дороги та аеродроми» спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія».

УДК 624.21.09:625/745.1:627.152/.514(075.8)

- © Крусь Ю. О., 2018
- © Національний університет водного господарства та природокористування, 2018



ЗМІСТ

Передмова	4
1. Визначення розрахункового рівня високої води (РРВВ) (гідрологічний розрахунок)	6
2. Морфометричний розрахунок створу річки	9
3. Розрахунок глибини загального розмивання під мостом	13
3.1. Визначення коефіцієнта стиснення водного потоку β	15
3.2. Визначення ймовірності затоплення заплав $p_{3\%}$	15
3.3. Визначення повноти розрахункової повені Π	16
3.4. Визначення коефіцієнта $K_{p\%}$	16
3.5. Визначення коефіцієнта K_{Π}	17
3.6. Розрахунок загального розмивання під мостом	17
3.6.1. Розрахунок максимальної глибини після загального розмивання в русловій частині отвору моста	17
3.6.2. Перевірка можливості обмеження максимальної глибини розмивання в русловій частині отвору моста за геологічними умовами	18
3.6.3. Визначення загального розмивання на заплавній ділянці отвору моста	20
4. Розрахунок глибини місцевого розмивання біля опор моста	22
5. Призначення глибини закладення фундаментів опор моста та вибір оптимального отвору моста	23
6. Визначення характерних підпорів на мостовому переході	25
7. Обчислення розрахункового судноплавного рівня (РСР) Призначення відмітки проїзної частини моста	27
8. Визначення мінімальної відмітки брівки заплавного насипу на підходах до моста	30
9. Проектування повздовжнього профілю мостового переходу	31
10. Проектування поперечних профілів заплавних насипів на підходах до моста	33
11. Проектування струмененапрямних дамб	34
12. Завдання на виконання, зміст і оформлення курсового проекту	37
13. Захист курсового проекту	40
Додаток А. Завдання на проектування (вихідні дані)	42
Додаток Б. Нормативно-довідкова інформація	50
Додаток В. Приклади розв'язання типових інженерних задач ...	60
Додаток Г. Приклад виконання розрахунково-пояснювальної записки курсового проекту	68
Додаток Д. Приклади виконання аркушів креслень графічної частини курсового проекту	102
Додаток Е. Питання до тестового контролю	105
Додаток Ж. Глосарій (словник основних термінів і понять)	119
Перелік джерел посилання	130



Мостовий перехід через постійно діючий водотік є складовою частиною автомобільної дороги та являє собою комплекс складних і дороговартісних штучних споруд, призначених для подолання водної перешкоди: 1) моста, що перекриває під час повені (високої води) частину живого перетину річки, в який обов'язково спрямовується річкове русло; 2) підходів до моста у вигляді укріплених земляних насипів; 3) регуляційних і захисних споруд, що влаштовують із метою зміни руху річкового потоку в переході й захисту його від ушкодження потоком. Усі складові об'єкти мостового переходу через водотік потребують однаково відповідального ставлення до їхнього проектування, будівництва та подальшої тривалої експлуатації.

Споруди мостового переходу зазнають різноманітних негативних впливів водного потоку, зокрема таких:

- підтоплення вищерозташованої місцевості при проходженні повеней;
- природних деформацій русел;
- загальних розмивань, що виникають унаслідок стиснення водного потоку в період повені підходами до моста;
- місцевих розмивань, що відбуваються біля опор мостів і голів регуляційних споруд;
- зміни рівнів водного потоку;
- поздовжніх течій, впливу хвиль, льодоходу, корчеходу й т. ін.

Мостовий перехід слід розглядати не лише як транспортну, а й як гідротехнічну будову, оскільки генеральні параметри його основних споруд – власне моста й підходів до нього (форма й розміри моста та глибина фундування його опор, відмітка проїзної частини моста й брівки заплавної насипу на підходах до моста й т. ін.) значною мірою обґрунтовуються низкою важливих, складних і трудомістких гідрологічних, гідравлічних й руслових розрахунків.

При проектуванні мостового переходу необхідно одночасно вирішити такі завдання:

- 1) створити оптимальні умови для безперервного перевезення вантажів і пасажирів автомобільним транспортом;
- 2) забезпечити можливість надійної роботи мостового переходу впродовж тривалого терміну його служби в умовах мінливості річкового стоку, природних руслових деформацій, порушення мостовим переходом природного режиму річки;
- 3) отримати економічно обґрунтоване проектне рішення, якому відповідає мінімальна величина будівельних і експлуатаційних витрат;
- 4) урахувати вимоги інших галузей національного господарства;
- 5) звести до мінімуму несприятливий вплив на навколишнє середовище.

Для успішної реалізації цих важливих завдань майбутні фахівці повинні мати великий обсяг теоретичних знань у галузі проектування штучних спо-

руд на автомобільних дорогах і вміти ефективно застосовувати набуті знання в практичній інженерній діяльності. Саме цим зумовлена структура посібника та зміст розміщених у ньому матеріалів.

Так, в основній частині посібника (розділи 1...11) у стислому й інформативно насиченому вигляді викладені основні теоретичні положення розрахунку та конструювання окремих елементів і споруд мостових переходів через постійно діючі водотоки. Задля наочності й кращого розуміння викладення теоретичного матеріалу супроводжується прикладами розв'язання типових інженерних задач, із якими найчастіше доводиться мати справу у практиці розрахунків (див. додаток В). Розглядувані питання максимально забезпечені витягами з чинних нормативних документів і сучасної довідкової літератури, що у зручному вигляді скомпоновані у додатку Б. Також посібник укомплектований питаннями до тестового контролю (див. додаток Е) та тематичним глосарієм (див. додаток Ж), що сприятиме швидкому осмисленню виучуваного матеріалу та засвоєнню вивченого.

Опанування дисципліни передбачає виконання фахового курсового проекту на тему «Проектування мостового переходу через річку». У зв'язку з цим у посібнику розроблені варіанти персональних вихідних даних (див. додаток А), складені рекомендації до виконання й захисту проекту (див. розділи 12...13), а також надані приклади оформлення його розрахунково-пояснювальної записки та аркушів креслень графічної частини (див. додатки Г і Д).

Посібник розроблений відповідно до робочої програми дисципліни «Штучні споруди на автомобільних дорогах» і призначений для підготовки у закладах вищої освіти фахівців спеціалізації «Автомобільні дороги та аеродроми», які навчаються за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія». Крім того, він може бути корисний при курсовому проектуванні й написанні магістерських робіт, а також у навчальному процесі при вивченні курсів «Проектування інженерних споруд на автомобільних дорогах», «Проектування мостів і труб», «Міські інженерні споруди», «Гідротехнічні споруди» і т. п. студентами інших спеціалізацій. Студенти заочної форми навчання можуть користуватись матеріалами книги для самостійного опанування дисципліни та виконання курсових проектів і магістерських робіт.

У представленому посібнику чинні нормативні документи враховані з усіма змінами та доповненнями, опублікованими станом на 20 травня 2018 р.

Автор висловлює щире вдячність рецензентам – завідувачу кафедри економіко-математичного моделювання та інформаційних технологій Національного університету «Острозька академія», д-ру техн. наук, професору А.П.Власюку та канд. техн. наук, доценту кафедри мостів і тунелів, опору матеріалів і будівельної механіки НУВГП А.В.Подворному – за цінні зауваження й поради, що були враховані при підготовці рукопису до видання.

Автор особливо вдячний канд. техн. наук, доценту кафедри автомобільних доріг, основ і фундаментів НУВГП О.В.Жеребятьєву за кропітку та професійну роботу з редагування рукопису.



1. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОГО РІВНЯ ВИСОКОЇ ВОДИ (РРВВ) (гідрологічний розрахунок)

Як вихідні дані для гідрологічного розрахунку надаються відомості про перевищення максимальних річних рівнів повеневої води над відносним нулем графіка водомірного поста за період n (років) безперервних гідрометричних спостережень за режимом річки на спеціальних водомірних постах Гідрометеослужби (достатнім вважають $n=10$), що передують проектуванню мостового переходу.

Максимальні річні рівні повеневої води характеризуються ймовірністю їхнього перевищення ($ИП$) ще більш високими рівнями (так званий **максимум максимуму**). Згідно з ДБН В.2.3-14:2006 [2] розрахункова ймовірність такого перевищення нормується відповідно до категорії проектуваної автомобільної дороги (див. табл. Б.1). Таким чином, необхідно визначити рівень води ($PВ$) за розрахункової ймовірності перевищення будь-якого з максимальних річних рівнів води під час повені ще більш високими рівнями. Для цього застосовують графоаналітичний метод із побудовою **кривої ймовірностей** на спеціальній клітковині нормального розподілу (у спеціальний спосіб підготовленої заготовці для виконання графіка; див. [17, рис. 27.2 на с. 42 і табл. 27.3 на с. 43], [18, рис. 3.3 на с. 58-59 і табл. 3.8 на с. 61]).

Попередньо за даними фактичних спостережень перевищень максимальних річних рівнів повеневої води у річці над нулем графіка водомірного поста, зафіксованих упродовж певного періоду, будують стовпчасті діаграми зазначених перевищень рівнів: хронологічну (рис. 1.1) і ранжирувану в убуючому порядку (рис. 1.2).

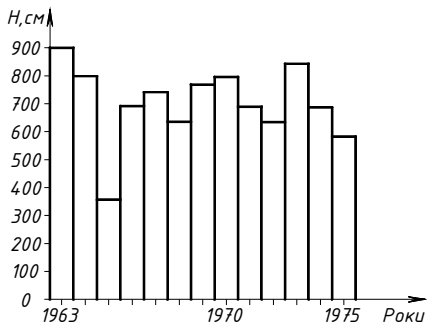


Рис. 1.1. Хронологічна діаграма перевищень максимальних річних рівнів повеневої води H (см) над нулем графіка водомірного поста

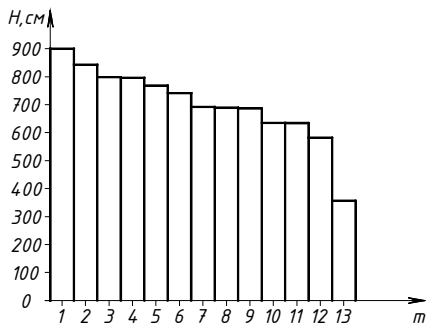


Рис. 1.2. Ранжирувана в убуючому порядку діаграма перевищень максимальних річних рівнів повеневої води H (см) над нулем графіка водомірного поста

Емпіричну ймовірність перевищення кожного з максимальних річних рівнів води у ранжируваному убуючому ряді визначають за формулою М.М.Чегодаєва (див. [16, формула (9.2) на с. 267], [21, формула (7) на с. 110], [22, формула (VI-3) на с. 113], [24, формула (1.1) на с. 5], [25, формула (I-1) на с. 7]):



$$p_e = \frac{m-0,3}{n+0,4} 100\%, \quad (1.1)$$

де m – номер будь-якого члена ранжируваного ряду перевищення рівнів води в річці (p_{ik});

n – загальне число членів ряду (кількість років спостережень за режимом річки) ($p_{оки}$).

ПРИМІТКА. В окремих випадках для визначення емпіричної ймовірності перевищення p_e (%) можуть бути застосовані й інші співвідношення, зокрема такі (позначення ті ж самі, що у виразі (1.1)):

– формула К.Ф.Гаусса для довгих варіаційних рядів, тобто за дуже великої кількості взятих до статистичного опрацювання варіант (див. [14, формула (19.1) на с. 31], [16, формула (9.1) на с. 266], [17, формула на с. 39], [18, формула (3.1) на с. 47], [27, формула (4.7) на с. 98], [30, формула на с. 716])

$$p_e = \frac{m}{n} 100\%; \quad (1.2)$$

– формула С.М.Крицького-М.Ф.Менкеля для обмежених за довжиною варіаційних рядів (див. [14, формула (19.1) на с. 31], [18, формула (3.2) на с. 47], [22, формула на с. 113], [29, формула на с. 98])

$$p_e = \frac{m}{n+1} 100\%; \quad (1.3)$$

– формула С.М.Блікштейна для обмежених за довжиною варіаційних рядів (див. [17, формула (27.1) на с. 39], [30, формула (16.1) на с. 716])

$$p_e = \frac{m-0,25-0,4/\lg n}{n+0,5-0,8/\lg n} 100\%. \quad (1.4)$$

Для зручності й наочності складають таблицю (табл. 1.1), куди записують такі параметри:

- номери m спостережених перевищень максимальних річних рівнів води у ранжируваному убуваючому ряді (p_{ik});
- роки спостереження рівнів (p_{ik});
- величини спостережених перевищень рівнів H (см) над нулем графіка водомірного поста $\nabla H_{н.г.}$;
- обчислені емпіричні ймовірності p_e (%) можливого перевищення спостережених рівнів (рис. 1.3).

Таблиця 1.1

Розрахунок емпіричних імовірностей перевищення максимальних річних рівнів води у ранжируваному ряді

n	m	Рік	H , см	p_e , %

Для визначення перевищення максимальних річних рівнів води за розрахунковою ймовірністю перевищення спочатку на **клітковину ймовірностей** наносять у вигляді точок спостережені перевищення максимальних річних рівнів води H (см) та відповідні їм емпіричні ймовірності перевищення p_e

(%), що обчислені за формулою (1.1). Отримане поле точок апроксимують плавною кривою лінією та екстраполюють її до заданої розрахункової ймовірності перевищення p (%), числове значення якої залежить від категорії автомобільної дороги та приймається згідно з табл. Б.1. У результаті таких дій установлюють перевищення кожного з максимальних річних рівнів води $H_{p\%}$ (см) за розрахункової ймовірності перевищення p (%) (рис. 1.3).

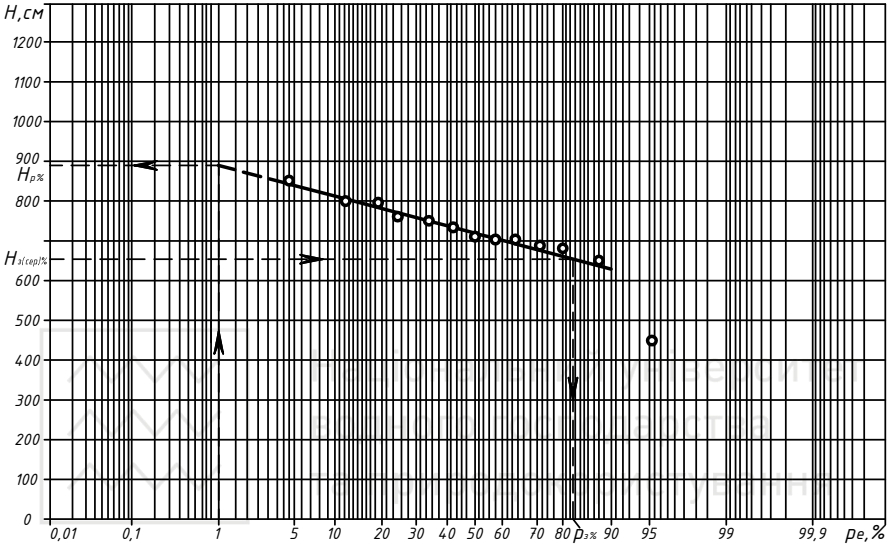


Рис. 1.3. Графоаналітичний метод визначення розрахункового перевищення максимальних річних рівнів води $H_{p\%}$ у річці під час повені за допомогою клітковини ймовірностей

Для переходу до абсолютних значень необхідно до знайденого розрахункового перевищення максимальних річних рівнів води $H_{p\%}$ (см) (див. рис. 1.3) додати задану абсолютну відмітку умовного нуля графіка (н.з.) водомірного поста $\nabla H_{н.з.}$ (м), тобто

$$PPBB = \frac{H_{p\%}}{100} + \nabla H_{н.з.}, \text{ м}, \quad (1.5)$$

де $PPBB$ – абсолютна відмітка розрахункового рівня високої води, м; $\nabla H_{н.з.}$ – задана абсолютна відмітка умовного нуля графіка водомірного поста (м) у місці мостового переходу.

ПРИМІТКА. Розв’язання практичної задачі з визначення розрахункового рівня високої води ($PPBB$) представлено в прикладі В.1 додатка В.



2. MORFOMETРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТВОРУ РІЧКИ

Метою морфометричного розрахунку створу річки є визначення розподілу витрати повеневої води між руслом і заплавами, швидкостей течії у руслі й на заплавах при розрахунковому перевищенні максимальних річних рівнів води $H_{p\%}$, ухилу водної поверхні.

При виконанні морфометричного розрахунку необхідно:

- за заданими відмітками викреслити поперечний переріз річкової долини;
- нанести на ньому абсолютні відмітки розрахункового рівня високої води (PPBB) і рівня води в період межені (PMB);
- виділити головне русло, ліву й праву заплави (рис. 2.1).

ПРИМІТКА. У курсовому проєкті рівень води в період межені (PMB) можна умовно приймати на 0...0,5 м вище за абсолютну висоту відмітку відносно нуля графіка водомірного поста $\nabla H_{ил}$ (див. [16, с. 259]) із тим, щоб уникнути від'ємних (мінусових) значень.

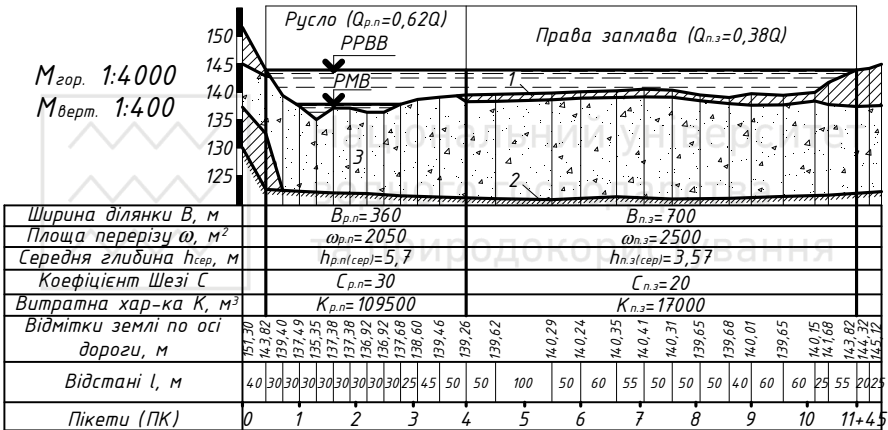


Рис. 2.1. Елементи поперечного перерізу річкової долини:
1 – суглинок; 2 – сланці; 3 – пісок середньої крупності

При цьому залежно від розмірів поперечного перерізу рекомендується обирати горизонтальний масштаб 1:5000, 1:2000, 1:1000. Вертикальний масштаб має бути в 10 разів більше прийнятого горизонтального.

Для головного русла й кожної із заплав слід визначити такі параметри:

- ширину B по відмітці розрахункового рівня високих вод (PPBB);
- площу поперечного перерізу потоку води ω ;
- середню глибину річки $h_{сер}$;
- коефіцієнт Шезі C ;
- витратну характеристику K .

Розрахунки рекомендується вести в табличній формі (табл. 2.1).



Морфометричний розрахунок створу річки

Номер вертикалі	Відмітка поверхні землі (дна) $H_{3,i}$, м	Глибина, м	Середня глибина $h_{сер,i}$, м	Довжина ділянки між вертикалями l_i , м	Елементарна площа ω_i , м ²
Ліва заплава		$B_{л,з} =$		$\omega_{л,з} =$	
Головне русло		$B_{р,н} =$		$\omega_{р,н} =$	
Права заплава		$B_{п,з} =$		$\omega_{п,з} =$	

Глибину річки на кожній вертикалі визначають як різницю абсолютних відміток розрахункового рівня високих вод (PPBB) і поверхні землі $\nabla H_{3,i}$:

$$h_i = PPBB - \nabla H_{3,i}, \text{ м.} \quad (2.1)$$

Середню глибину річки на ділянці довжиною l_i між двома сусідніми вертикалями розраховують за формулою

$$h_{сер,i} = (h_{i-1} + h_i) / 2, \text{ м.} \quad (2.2)$$

Елементарну площу поперечного перерізу потоку води ω_i визначають із виразу

$$\omega_i = h_{сер,i} \cdot l_i, \text{ м}^2. \quad (2.3)$$

Площі поперечних перерізів потоків води лівої заплави $\omega_{л,з}$, головного русла $\omega_{р,н}$ і правої заплави $\omega_{п,з}$ обчислюють підсумовуванням елементарних площ у їхніх межах.

Середні глибини річки на лівій заплаві $h_{л,з(сер)}$, у головному руслі $h_{р,н(сер)}$ і на правій заплаві $h_{п,з(сер)}$ розраховують за формулами відповідно

$$h_{л,з(сер)} = \omega_{л,з} / B_{л,з}, \text{ м;} \quad (2.4)$$

$$h_{р,н(сер)} = \omega_{р,н} / B_{р,н}, \text{ м;} \quad (2.5)$$

$$h_{п,з(сер)} = \omega_{п,з} / B_{п,з}, \text{ м.} \quad (2.6)$$

Коефіцієнт Шезі визначають окремо для лівої й правої заплави та головного русла з виразу



$$C \equiv 87 / (1 + \gamma / \sqrt{h_{\text{сер}}}), \quad (2.7)$$

де γ – коефіцієнт шорсткості за Базеном (приймають для русла $\gamma_p=2$, для заплав – $\gamma_z=14$); $h_{\text{сер}}$ – середня глибина потоку води на ділянці річки (головному руслі або заплавах; див. формули (2.4)...(2.6)).

Якщо коефіцієнт шорсткості заданий за Маннінгом (m), то формула для розрахунку коефіцієнта Шезі набуває вигляду

$$C = m \cdot h_{\text{сер}}^{1/6}, \quad (2.8)$$

де $m=1/n$ – коефіцієнт рівності (величина обернена до коефіцієнта шорсткості n), який приймають залежно від морфологічних характеристик ділянки річки за спеціальною таблицею (див. [14, табл. 19.5 на с. 40], [16, табл. 8.2 на с. 243], [18, табл. 3.9 на с. 87], [29, табл. 15.19 на с. 226], [26, табл. 16.3 на с. 725]); $h_{\text{сер}}$ – те ж саме, що у формулі (2.7).

ПРИМІТКА. Надалі індекси “ p,n ”, “ $л,з$ ” і “ $н,з$ ” засвідчують приналежність того чи іншого параметра відповідно до русла чи заплав (лівої або правої).

Для визначення витратних характеристик головного русла й заплав рекомендують застосовувати такі залежності:

$$K_{л,з} = \omega_{л,з} C_{л,з} \sqrt{h_{л,з(\text{сер})}}; \quad (2.9)$$

$$K_{p,n} = \omega_{p,n} C_{p,n} \sqrt{h_{p,n(\text{сер})}}; \quad (2.10)$$

$$K_{н,з} = \omega_{н,з} C_{н,з} \sqrt{h_{н,з(\text{сер})}}. \quad (2.11)$$

Розподілення повної розрахункової витрати води Q між руслом і заплавами значною мірою впливає на генеральні розміри споруд мостових переходів.

Співвідношення між побутовою витратою води в руслі $Q_{p,n}$ і повною розрахунковою витратою води Q може бути обчислене через співвідношення витратних характеристик:

$$\tau = Q_{p,n} / Q = K_{p,n} / (K_{л,з} + K_{p,n} + K_{н,з}). \quad (2.12)$$

Для обчислення значень витрат води і швидкостей течії у руслі й на заплавах залежно від заданих вихідних даних можна скористатись одним із двох способів.

Спосіб 1. Якщо задані координати кривої витрат, то будують криву витрат $Q=f(H)$ (рис. 2.2). Шляхом графічної або графоаналітичної екстраполяції цієї кривої до розрахункового перевищення максимальних річних рівнів води $H_{p\%}$ (графоаналітичний спосіб визначення $H_{p\%}$ представлений на рис. 1.3) можна встановити величину повної розрахункової витрати Q .

Витрати води в руслі й на заплавах обчислюють за формулами

$$Q_{p,n} = \tau Q; \quad (2.13)$$

$$Q_{л,з} = \frac{Q - Q_{p,n}}{K_{л,з} + K_{н,з}} K_{л,з}; \quad (2.14)$$



$$Q_{n.з} = \frac{Q - Q_{p.n}}{K_{л.з} + K_{n.з}} K_{n.з} \quad (2.15)$$

(2.15)

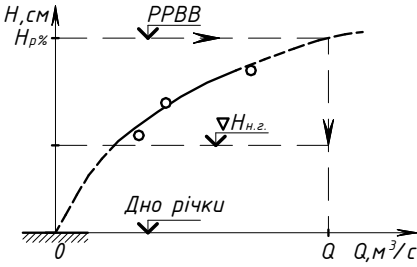


Рис. 2.2. Крива витрат $Q=f(H)$

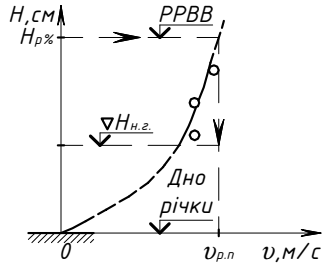


Рис. 2.3. Крива швидкості течії у руслі $v=f(H)$

Середні швидкості течії у руслі й на заплавах знаходять шляхом розподілення відповідних витрат на різні площі поперечного перерізу, а саме так:

$$v_{p.n} = Q_{p.n} / \omega_{p.n}, \text{ м/с}; \quad (2.16)$$

$$v_{л.з} = Q_{л.з} / \omega_{л.з}, \text{ м/с}; \quad (2.17)$$

$$v_{n.з} = Q_{n.з} / \omega_{n.з}, \text{ м/с}. \quad (2.18)$$

Спосіб 2. За відомих (заданих) координатах точок кривої швидкості течії у руслі $v=f(H)$ після її побудови (рис. 2.3) і графічної чи графоаналітичної екстраполяції до розрахункового перевищення максимальних річних рівнів води $H_{p\%}$ знаходять середню швидкість течії в головному руслі $v_{p.n}$.

Потім визначають побутову витрату води в руслі $Q_{p.n}$ і повну витрату Q відповідно з виразів

$$Q_{p.n} = v_{p.n} \omega_{p.n}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.19)$$

і

$$Q = Q_{p.n} / \tau, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.20)$$

Заплавні витрати $Q_{л.з}$ і $Q_{n.з}$ та швидкості течії $v_{л.з}$ і $v_{n.з}$ розраховують за наведеними у першому способі формулами відповідно (2.14)...(2.15) і (2.17)...(2.18).

Побутовий ухил вільної поверхні потоку при пропусканні розрахункової побутової витрати води $Q_{p.n}$ може бути обчислений за формулою

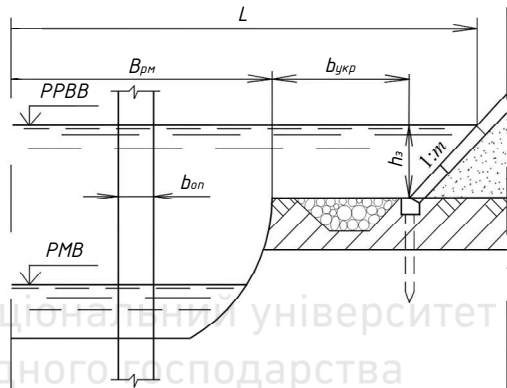
$$I_n = \frac{v_{p.n}^2}{C_{p.n}^2 \cdot h_{p.n(сеп)}}, \text{ частка одиниці (ч. о.)} \quad (2.21)$$

ПРИМІТКА. Розв'язання практичної задачі з визначення витрат води в руслі й на заплавах річки під час повені представлено в прикладі В.2 додатка В.

3. РОЗРАХУНОК ГЛИБИНИ ЗАГАЛЬНОГО РОЗМИВАННЯ ПІД МОСТОМ

За *отвір моста* L (рис. 3.1) приймають горизонтальну відстань між внутрішніми гранями берегових опор (так званих *стоянів*) або між укосами конусів насипів для обсіпних стоянів, яку визначають на відмітці $PPBB$ перпендикулярно до напрямку водного потоку, за відрахуванням сумарної ширини проміжних опор (так званих *биків*) по фасаді.

Рис. 3.1. Схема до визначення отвору моста L



Від величини L залежать довжина моста й глибина закладання фундаментів його опор. Чим менше L , тим менша й вартість мостових прогонових будов. Але у зв'язку зі збільшенням глибини після розмивання збільшується й вартість фундаментів опор моста.

Отже, задача полягає у визначенні такого отвору моста L , що відповідає мінімуму зведених будівельних і експлуатаційних витрат. Ця задача може бути розв'язана шляхом розроблення декількох конкуруючих варіантів мостового переходу при різних величинах L_i . Порівняння зазначених варіантів дозволить знайти оптимальний отвір моста.

Серед розроблених завжди існують два варіанти, що обмежують мінімальну й максимальну величину отвору моста.

Мінімальний отвір моста L_{\min} (у випадку, якщо міст перекидає лише русло) призначають, як правило, не менше за величину, обчислювану за формулою (див. [14, с. 62], [16, с. 295], [18, с. 111, 113])

$$L_{\min} = \frac{\delta \cdot B_{p.m.}}{1 - \lambda}, \text{ м}, \quad (3.1)$$

де $B_{p.m.}$ – ширина усталеного підмостового русла, визначувана з виразу (3.3) при величині коефіцієнта стиснення $\beta=1$; δ – гарантійний коефіцієнт запасу на можливу похибку розрахунків (за гідрометричної та морфометричної баз розрахунків приймають відповідно $\delta=1,0$ і $\delta=1,1$; див. [29, формула (16.6) на

с. 246]); $\lambda = b_{on}/l_{прог}$ – відносна частина довжини моста, що зайнята русловими опорами – співвідношення, що залежить від конструкції моста, становлячи при цьому $\lambda = 0,03 \dots 0,1$ (для орієнтовних розрахунків приймають $\lambda = 0,05$); b_{on} і $l_{прог}$ – відповідно ширина опори й довжина прогону моста, *м*.

Максимальну величину отвору моста L_{max} (у випадку, якщо міст перекриває русло та частину заплави) визначають із виразу (див. [14, формула (20.26) на с. 63], [18, формула (4.52) на с. 114)

$$L_{max} = \frac{B_{p,n}}{1 - \lambda} \left(\frac{Q}{Q_{p,n}} \right)^{4/3}, \quad \text{м}, \quad (3.2)$$

тут $B_{p,n}$ – побутова ширина русла (*м*), тобто ширина русла до стиснення водного потоку незатоплюваними насипами підходів до моста (або інакше – ширина русла в усталених природних умовах протікання річки під час розрахункової повені до будівництва мостового переходу) (див. рис. 2.1 і табл. 2.1); $Q_{p,n}$ і Q – те ж саме, що у формулі (2.12), *м*.

Ширина усталеного підмостового русла $B_{p,m}$ (за можливості його штучного розширення зрізуванням), за якої річка тривалий час не буде замулюватись, може бути розрахована за теоретико-емпіричною формулою Г.О.Федотова (див. [16, формула (10.39) на с. 297], [17, формула (30.1) на с. 108], [20, формула (3.1) на с. 12], [29, с. 245], [30, формула (16.3) на с. 733])

$$B_{p,m} = B_{p,n} \left[(\beta^{0,93} - 1) K_{II} K_{p\%} + 1 \right], \quad \text{м}, \quad (3.3)$$

де $B_{p,n}$ – те ж саме, що у формулі (3.2), *м*; β – коефіцієнт стиснення водного потоку підходами до моста, визначуваний із виразу (3.4); $K_{p\%}$ – коефіцієнт, який ураховує ймовірність затоплення заплави $p_{3\%}$ (%) і розраховується за формулами (3.8) або (3.9); K_{II} – коефіцієнт, який ураховує повноту розрахункової повені II і визначається з виразів (3.10), (3.11) або (3.12).

Якщо для мінімального отвору моста L_{min} глибина в руслі після розмивання, що обчислена за формулою (3.13), перевищує допустимі значення (див. нижче), то необхідно розглянути додаткові варіанти отвору моста $L_{min} < L_i \leq L_{max}$, якому відповідала б допустима глибина в підмостовому руслі після розмивання.

Допустима глибина в підмостовому руслі після розмивання повинна призначатись з урахуванням конструкції й глибини закладання фундаментів руслових опор (див. розділ 5), а також виконання вимоги, щоби розрахунковий коефіцієнт загального розмивання P (відношення максимальної глибини під мостом після розмивання до максимальної побутової глибини, тобто $P = h_{p,m(max)}/h_{p,n(max)}$), який характеризує деформації найглибшої частини підмостового поперечного перерізу річки, становив для несудноплавних і судноплавних річок відповідно $P \leq 2$ (за морфометричної бази розрахунку, коли оперують розподілом витрат води між руслом і заплавою, належить приймати $P \leq 1,75$) і $P \leq 1,5 \dots 1,55$ (див. [2, п. 1.46 на с. 12], [3, п. 6.1.7 на с. 23], [16, с. 282, 296-297], [18, с. 110], [24, с. 15, 23 і 48], [27, с. 104-106], [29, с. 250]).

Остання вимога зумовлена необхідністю забезпечення фундаментів опор моста від недопустимого огоління (див. [31, с. 274]).

Для остаточного встановлення оптимального отвору моста L_{opt} слід обчислити нижче наведені показники.

Розрахунки рекомендується вести в табличній формі (див. табл. 5.1).

Розрахункові прогони нерозрізних або повну довжину розрізних прогонових будов автодорожніх і міських мостів на прямих ділянках доріг слід призначати рівними 3, 6, 12, 15, 18, 21, 24, 33 і 42 м, а при більших розмірах прогонів – кратними до 21 м (див. табл. Б.2).

3.1. Визначення коефіцієнта стиснення водного потоку β

Будівництво мостового переходу пов'язане з перекриттям частини чи всієї ширини заплави незатоплюваними насипами підходів до моста, у результаті чого під мостом буде збільшена витрата води Q .

Збільшення повної (загальної) витрати води Q , що проходить крізь отвір моста L після перекриття зазначеної ширини заплави, характеризується коефіцієнтом стиснення водного потоку β , який визначають за формулою

$$\beta = \frac{Q}{Q_{p,n} + Q_{z,m,n}} = \frac{Q}{Q_{p,n} + \left(\sum Q_{z,n} / \sum B_{z,n} \right) (L - B_{p,n})}, \quad (3.4)$$

де $Q_{p,n}$ і $Q_{z,m,n}$ – побутові витрати води, які проходять відповідно русловою (див. формули (2.12), (2.13) і (2.19)) і заплавною ділянками отвору моста до перекриття заплав, m^3/c ; $\sum Q_{z,n}$ – сумарна витрата води на заплавах (див. формули (2.14) і (2.15)), m^3/c ; $\sum B_{z,n}$ – сумарна ширина заплав (див. рис. 2.1), м.

У випадку двох заплав заплавну ділянку отвору моста розташовують від русла у бік більш інтенсивно працюючої заплави.

3.2. Визначення ймовірності затоплення заплав $p_{3\%}$

Ймовірність затоплення заплав $p_{3\%}$ (%) у місці переходу під час розрахункової повені може бути визначена графоаналітичним методом із використанням уже раніше згадуваної клітковини ймовірностей (див. рис. 1.3). Спочатку обчислюють перевищення середнього рівня рельєфу заплави над нулем графіка водомірного поста $\nabla H_{н.з.}$ за формулою

$$H_{з(cep)\%} = H_{p\%} - (h_{з(cep)} \times 100), \text{ см}, \quad (3.5)$$

де $H_{p\%}$ – те ж саме, що у формулі (1.5) (див. рис. 1.3), см; $h_{з(cep)}$ – середня глибина річки на заплаві (м), яку обчислюють із виразу $h_{з(cep)} = 0,5(h_{л.з(cep)} + h_{н.з(cep)})$ (тут $h_{л.з(cep)}$ і $h_{н.з(cep)}$ визначають за формулами відповідно (2.4) і (2.6)).

Далі відкладають цей рівень $H_{з(cep)\%}$ на вертикальній осі 0-Н і проєктують його до перетину з кривою ймовірностей. Провівши перпендикуляр від отриманої точки перетину на горизонтальну вісь ймовірностей 0- p_e , фіксують величину $p_{3\%}$ (див. рис. 1.3).



3.3. Визначення повноти розрахункової повені Π

Повнота розрахункової повені Π – це відношення середньої висоти $h_{n(сep)}$ розрахункової повені над рівнем рельєфу запливи $\nabla H_{з(сep)}$ до її максимальної висоти $h_{n(max)}$. Повноту розрахункової повені обчислюють за формулою

$$\Pi = h_{n(сep)} / h_{n(max)} \cdot \quad (3.6)$$

Тут величини $h_{n(сep)}$ і $h_{n(max)}$ визначають графоаналітичним методом за водомірним графіком розрахункової повені $H=f(T)$ (тобто, графіком зміни рівнів повеневої води H у часі T) (рис. 3.2), причому $h_{n(сep)}$ – як середнє арифметичне n -ої непарної кількості ординат часткових визначень $h_{n,i}$ упродовж затоплення запливи під час повені T_n у місці мостового переходу (згідно з [20, с. 14-15] із виразу

$$h_{n(сep)} = \sum_{i=1}^n h_{n,i} / n, \quad \text{де } n \geq 5. \quad (3.7)$$

Зазвичай значення повноти повені для реальних водотоків коливається у досить вузьких межах $\Pi=0,5\dots0,6$. Для недосліджених у гідрогеологічному відношенні водотоків, а також у разі відсутності зафіксованих на водомірному графіку натурних даних можна приймати $\Pi \approx 0,55$ (див. [20, с. 14], [29, с. 248], [30, с. 745]).

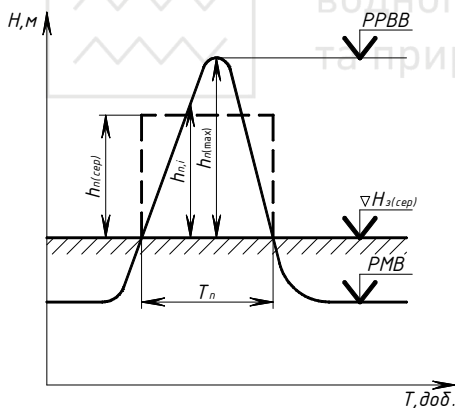


Рис. 3.2. Схема до графоаналітичного методу визначення повноти розрахункової повені Π : $PPBB$ і PMB – абсолютні висотні відмітки розрахункового рівня високої води під час повені та рівня меженної води в період середньої межени; $\nabla H_{з(сep)}$ – абсолютна висотна відмітка середнього рівня рельєфу запливи

ПРИМІТКА. Розв’язання практичної задачі з визначення повноти розрахункової повені представлено в прикладі В.3 додатка В.

3.4. Визначення коефіцієнта $K_{p\%}$

Коефіцієнт $K_{p\%}$ урахує ймовірність затоплення заплів $p_{3\%}$ (див. параграф 3.2) при розрахунку ширини підмостового русла після розмивання $B_{p,m}$ і визначається за формулами

$$\text{– при } p_{3\%} < 95\% \text{ – } K_{p\%} = (p_{3\%} / 100)^{(0,5+2,51\beta)}; \quad (3.8)$$



3.5. Визначення коефіцієнта K_{II}

Коефіцієнт K_{II} урахує повноту розрахункової повені Π (див. параграф 3.3) і коефіцієнт стиснення потоку β (див. параграф 3.1) та може бути розрахований за однією з таких формул:

$$\text{– при } \beta < 4,5 \text{ і } p_{3\%} < 95\% \text{ – } K_{II} = (7,7/\beta - 1)(\Pi/2)^{(3,8-0,85\beta)}; \quad (3.10)$$

$$\text{– при } \beta \geq 4,5 \text{ і } p_{3\%} < 95\% \text{ – } K_{II} = 0,7; \quad (3.11)$$

$$\text{– при } p_{3\%} \geq 95\% \text{ – } K_{II} = 0,79\Pi^{0,5}. \quad (3.12)$$

3.6. Розрахунок загального розмивання під мостом

Загальне розмивання під мостом спричиняється стисненням водного потоку підходами до моста. Підмостовий потік, як правило, складається з руслового, в якому крім води рухаються ще й руслоформувальні наноси, і заплавної, в якому останніх немає. Отже розрахунок загального розмивання під мостом виконують окремо для руслової та заплавної ділянок отвору моста.

3.6.1. Розрахунок максимальної глибини після загального розмивання в русловій частині отвору моста

Розрахунок максимальної глибини в підмостовому руслі після загального розмивання здійснюють за теоретико-емпіричною формулою проф. Г.О.Федотова, отриманою на підставі аналізу й узагальнення даних математичного моделювання (див. [17, формула (30.9) на с. 116], [18, формула (4.29, a) на с. 98], [29, формула (16.12) на с. 249], [30, формула (16.12) на с. 746]), для *гіпотетичної межі загального розмивання* – найбільшого загального розмивання, що може виникнути в результаті проходження одна за одною серії значних реальних повеней (маючи й підняття, і спадання), останньою з яких і є розрахункова повінь:

$$h_{p,m(\max)} = h_{p,n(\max)} \left[(\beta^{8/9} - 1)\Pi^{1/2} + 1 \right] \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}(1-\lambda)} \right]^{2/3}, \quad m, \quad (3.13)$$

де $h_{p,m(\max)}$ – максимальна глибина в підмостовому руслі після його розмивання (тобто після стиснення водотоку незатоплюваними насипами підходів до моста) при проходженні розрахункової повені при мінімальному отворі моста, m ; $h_{p,n(\max)}$ – максимальна побутова глибина в руслі (тобто – в нестисненому підходами до моста руслі) до його розмивання (див. рис. 2.1), що встановлюється в процесі непов'язаних із будівництвом мостового переходу природних руслових деформацій і визначається з виразу

$$h_{p,n(\max)} = PPBB - \nabla H_{3,\min}, \quad m \quad (3.14)$$

(тут $\nabla H_{3,\min}$ – задана абсолютна мінімальна відмітка поверхні землі у межах річкової долини, що відповідає найбільшій глибині річки в руслі); $B_{p,n}$ і $B_{p,m}$ – те ж саме, що у формулах (3.1), (3.2) і (3.3).

Для визначення $h_{p,m(\max)}$ в окремих випадках (зокрема, для моста найменшої довжини) також може бути використана теоретична формула граничного балансу проф. О.В.Андреева (див. [17, формула (30.4) на с. 112], [18, формула (4.49) на с. 111], [30, формула (16.6) на с. 738]), що має такий вигляд:

$$h_{p,m(\max)} = h_{p,n(\max)} \beta^{8/9} \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m} (1-\lambda)} \right]^{2/3}, \text{ м.} \quad (3.15)$$

За наявності в складі донних відкладень крупнозернистих (гравію, гальки, валунів), зв'язних, важкорозмивних або скельних ґрунтів необхідно виконати перевірку можливості обмеження максимальної глибини розмивання за геологічними умовами.

3.6.2. Перевірка можливості обмеження максимальної глибини розмивання в русловій частині отвору моста за геологічними умовами

Перевірка можливості обмеження максимальної глибини розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами виконують графоаналітичним методом, що дозволяє визначити глибину, на якій нерозмивальна швидкість $v_{\text{нер}}$ для ґрунтів донних відкладень стає рівною чи більшою за швидкість $v_{p,m}$, що відповідає моменту припинення загального розмивання в підмостовому руслі унаслідок відновлення балансу руслоформувальних наносів.

На графіку рис. 3.3 будують епюру залежності нерозмивальної швидкості водного потоку від глибини в руслі.

Для кожного із шарів (інженерно-геологічних елементів *ІГЕ*) донних відкладень із незв'язних (сипких) ґрунтів середню нерозмивальну швидкість потоку $v_{\text{нер},i}$ визначають за формулою (див. [16, формула (8.15) на с. 251], [30, формула на с. 741])

$$v_{\text{нер},i} = \frac{v_{n,d,i}}{d_i^{1/6}} \cdot h_i^{1/6}, \text{ м/с,} \quad (3.16)$$

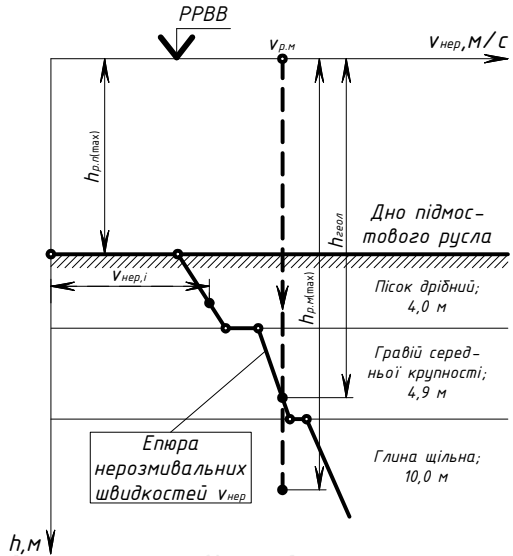
де h_i – глибина залягання ґрунту i -го *ІГЕ* в руслі, яку відлічують від відмітки *РРВВ*, м; $v_{n,d,i}$ – донна нерозмивальна швидкість потоку для ґрунту i -го *ІГЕ*, м/с; d_i – середній діаметр твердих мінеральних частинок ґрунту i -го *ІГЕ*, м.

Значення $v_{n,d}$, d і відповідні співвідношення $v_{n,d} d^{1/6}$ для різних типів незв'язних ґрунтів наведені в табл. Б.5.

ПРИМІТКА. За наявності даних інженерно-геологічних вишукувань та результатів лабораторних досліджень відібраних на будівельній ділянці ґрунтів середній діаметр d твердих мінеральних частинок незв'язного ґрунту у формулі (3.16) може бути встановлений за кривою гранулометричного складу цього ґрунту, відповідаючи 50% (за масою) від їхнього (частинок) загального вмісту (більш детально див. рис. Г.3.2 у додатку Г).



Рис. 3.3. Схема до графоаналітичного методу визначення можливості обмеження глибини розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами



Для зв'язних ґрунтів значення нерозмивальних швидкостей можуть бути прийняті з табл. Б.6 у залежності від назви ґрунту та глибини h_i його залягання в руслі.

Величину швидкості водного потоку в підмостовому руслі після завершення загального розмивання $v_{p..m}$ визначають за формулою (див. [18, формула (4.26) на с. 96])

$$v_{p..m} = v_{p..n} \left[\frac{B_{p..n}}{B_{p..m} (I - \lambda)} \right]^{1/4} \left(\frac{h_{p..m(\max)}}{h_{p..n(\max)}} \right)^{1/8}, \text{ м/с.} \quad (3.17)$$

Відклавши на осі швидкостей графіка (див. рис. 3.3) значення швидкості $v_{p..m}$ і провівши через цю точку вертикаль, що за довжиною відповідає максимальній глибині загального розмивання $h_{p..m(\max)}$ (див. формулу (3.13)), визначають можливість обмеження глибини розмивання за геологічними умовами. Це відбудеться, якщо вертикаль перетне епюру нерозмивальних швидкостей $v_{нер}$. У даному випадку під мостом установиться максимальна глибина $h_{геол}$, що дорівнює відстані від відмітки розрахункового рівня високої води $PPBV$ до зазначеної точки перетину.

ПРИМІТКА. Розв'язання практичної задачі з визначення можливості обмеження максимальної глибини розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами представлено в прикладі В.4 додатка В.

3.6.3. Визначення загального розмивання на заплавній ділянці отвору моста

Загальне розмивання заплавної ділянки отвору моста стає можливим у випадку, якщо швидкість течії стисненого потоку у заплавній частині під мостом $v'_{3,м}$, яку визначають із виразу

$$v'_{3,м} = \frac{Q_{3,м}}{B_{3,м,n} h_{3,п}} = \frac{\beta_3 Q_{3,м,n}}{B_{3,м,n} h_{3,п}}, \text{ м/с}, \quad (3.18)$$

перевищить відповідну нерозмивальну швидкість $v_{3,нер}$.

У співвідношенні (3.18) прийняті такі позначення: β_3 – коефіцієнт стиснення заплавного потоку, який характеризує збільшення витрати води на заплавній ділянці отвору моста, спричиненого додатковим зливанням в мостовий отвір L води з перекритих незатоплюваними насипами підходів до моста заплавних ділянок; $h_{3,п}$ – середня побутова глибина в заплавній частині річкової долини (тобто – до стиснення водного потоку насипами підходів до моста) (див. рис. 2.1 і табл. 2.1); $Q_{3,м}$ – збільшена після стиснення потоку витрата води в заплавній частині отвору моста, $\text{м}^3/\text{с}$; $Q_{3,м,n}$ – побутова витрата води на заплавній ділянці отвору моста до стиснення потоку, яку визначають за формулою (див. аналогічну формулу (3.4))

$$Q_{3,м,n} = Q_{3,n} \frac{B_{3,м,n}}{B_{3,n}} = Q_{3,n} \frac{L - B_{p,n}}{B_{3,n}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.20)$$

де $B_{p,n}$ і $B_{3,n}$ – побутова ширина відповідно русла й заплави, тобто їхня ширина до стиснення водного потоку незатоплюваними насипами підходів до моста (або інакше – ширина русла й заплави в усталених природних умовах протікання річки під час розрахункової повені до будівництва мостового переходу) (див. рис. 2.1 і табл. 2.1), м ; $B_{3,м,n}$ – побутова ширина заплавної ділянки отвору моста, обчислювана з виразу

$$B_{3,м,n} = L - B_{p,n}, \text{ м}. \quad (3.21)$$

Коефіцієнт стиснення потоку на заплавній ділянці отвору моста β_3 зазвичай більший за коефіцієнт стиснення руслового потоку β_p , але різниця між ними малопомітна, тому можна вважати, що

$$\beta_3 = \beta_p = \beta = \frac{Q}{Q_{p,n} + Q_{3,м,n}} \quad (3.22)$$

(тут β – те ж саме, що у формулі (3.4)).

Як уже зазначали, розмивання на заплавній ділянці отвору моста матиме місце, якщо виконається умова $v'_{3,м} > v_{3,нер}$. У такому разі глибина розмивання $h_{3,м}$ на заплавній ділянці отвору моста може бути обчислена з виразу

$$h_{3,м} = \frac{\beta Q_{3,м,n}}{B_{3,м,n} v_{3,нер}}, \text{ м}. \quad (3.23)$$

Оскільки $v_{3,нер}$ і $h_{3,м}$ у формулі (3.23) є параметрами взаємозалежними, то

їхнє визначення ускладнюється через потребу виконання розрахунків послідовними наближеннями.⁸ У такому випадку шуканий параметр $h_{з,м}$ зручно встановлювати графоаналітичним методом. Для цього формулу (3.23) шляхом нескладних математичних операцій перетворюють до рівняння вигляду (більш детально див. у [16, параграф 10.2 на с. 292-293] і [18, параграф 4.5 на с. 101-104])

$$q_{нер} = q_{\phi} \tag{3.24}$$

Допустиму елементарну витрату води $q_{нер}$ на заплavnій ділянці отвору моста при глибини h визначають для кожного із пластів ґрунту за такими формулами:

– для зв’язних ґрунтів

$$q_{нер} = h \cdot v_{з,нер}, \text{ м}^3/\text{с}; \tag{3.25}$$

– для незв’язних (сипких) ґрунтів

$$q_{нер} = \frac{v_{н,д}}{d^{1/6}} h^{7/6}, \text{ м}^2/\text{с}, \tag{3.26}$$

де h – глибина залягання на заплavnій ділянці ґрунтів певних ПЕ, яку відлічують від відмітки *PPBB*; $v_{з,нер}$ – нерозмивальна швидкість для ґрунтів окремих ПЕ заплavnій ділянки, яку приймають із табл. Б.6; $v_{н,д}$, d і $v_{н,д}/d^{1/6}$ – ті ж самі параметри, що й у співвідношенні (3.16), лише стосуються вони ґрунтів донних відкладень заплavnій ділянки.

Фактичну елементарну витрату води q_{ϕ} на заплavnій ділянці отвору моста обчислюють із виразу

$$q_{\phi} = \frac{\beta Q_{з,м,п}}{B_{з,м,п}}, \text{ м}^2/\text{с}, \tag{3.27}$$

з якого видно, що q_{ϕ} – величина відома й від глибини розмивання $h_{з,м}$ не залежить.

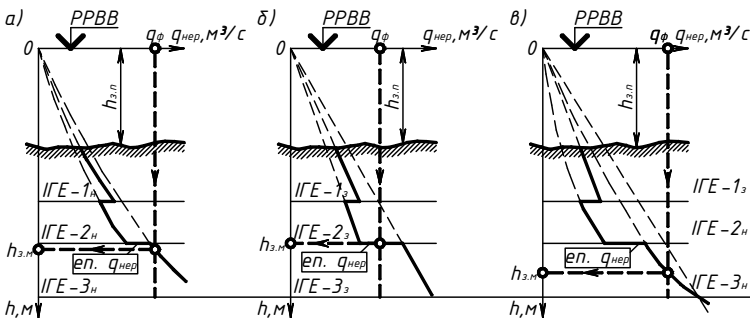


Рис. 3.4. Схема до графоаналітичного методу визначення глибини розмивання $h_{з,м}$ на заплavnих ділянках отворів мостів: а – для незв’язних ґрунтів; б – для зв’язних ґрунтів; в – для випадку змішаних нашарувань; н – незв’язні ґрунти; з – зв’язні ґрунти



Отже, графоаналітичний метод визначення розмивання на заплavnій ділянці отвору моста полягає в наступному. Будують епюру допустимих елементарних витрат $q_{нер} = f(h)$ (рис. 3.4), величина яких змінюється в залежності від глибини h і типу ґрунтів, що залягають на різних глибинах. Точка перетину цієї епюри з вертикаллю, що проведена через точку елементарної витрати $q_{ф} = \text{const}$, відповідатиме глибині розмивання $h_{з.м}$, на якій $q_{ф} = q_{нер}$.

4. РОЗРАХУНОК ГЛИБИНИ МІСЦЕВОГО РОЗМИВАННЯ БІЛЯ ОПОР МОСТА

Місцеве розмивання біля опор моста є наслідком локальної зміни структури водного потоку при обтіканні ним опор. Утворення воронки місцевого розмивання відбувається біля лобової грані та з боків опори, у відповідності з рис. 4.1.

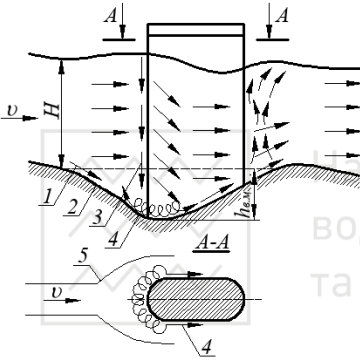


Рис. 4.1. Схема обтікання опори моста водним потоком: 1 - дно до місцевого розмивання опори (пунктир); 2 - укіс воронки; 3 - низхідні струмені води; 4 - донні вихрові валики; 5 - струмінь, що обтікає опору

Глибину воронки місцевого розмивання $h_{в.м}$ біля опор моста визначають за спрощеними теоретико-емпіричними формулами І.А.Ярославцева (див. [16, формули (10.30) і (10.31) на с. 294], [17, формули (28.8) на с. 73], [18, формули (4.36) і (4.37) на с. 106], [23, с. 183], [29, формули (16.13) і (16.14) на с. 251]):

– для незв’язних (сипких) ґрунтів

$$h_{в.м} = 3,8k_{ф,он} \left(\frac{v_{он}^2}{g} \right)^{0,9} b_{он}^{0,1} - 30d, \text{ м}; \quad (4.1)$$

– для зв’язних ґрунтів

$$h_{в.м} = 3,8k_{ф,он} \left(\frac{v_{он}^2}{g} \right)^{0,9} b_{он}^{0,1} - \frac{6v_{нер}^2}{g}, \text{ м}, \quad (4.2)$$

де $k_{ф,он}$ – коефіцієнт, який характеризує форму опор моста та приймається з табл. Б.7; $v_{он}$ – швидкість набігання водного потоку на проміжну опору для найбільшої глибини (у розрахунках можна приймати $v_{он} \approx v_{р.м}$), м/с; $v_{р.м}$ – середня швидкість водного потоку в підмостовому руслі після завершення загального розмивання (див. вираз (3.17)), м/с; $b_{он}$ – ширина проміжної опори

вздовж осі моста (для опор із масивними фундаментами у вигляді буронабивних або буропускних стовпів приймають відповідно $b_{on}=1,2...1,5$ м і $b_{on}=0,8...1,5$ м; для опор на мостових палях за ТП серії 3.500.1-93 при їхньому дворядному розташуванні або палях-оболонках приймають відповідно $b_{on}=2b_{палі}=0,6...0,8$ і $b_{on}=d_{палі-об.}=1,2...3,0$ м (див. [15, с. 39-59], [19, с. 9-14], [26, с. 61-76]); d і $v_{пер}$ – те ж саме, що у формулі (3.16), для ґрунту, що залягає на глибині h_i , яку приймають меншою із двох величин – $h_{p,m(max)}$ (див. формулу (3.13)) або $h_{геол}$ (див. рис. 3.3); g – прискорення вільного падіння, $g=9,81$ м/с².

5. ПРИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИНИ ЗАКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТІВ ОПОР МОСТА ТА ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ОТВОРУ МОСТА

Фундаменти опор моста мають бути достатньо заглиблені в ґрунт задля гарантування їхньої стійкості на весь час служби моста. Схеми до призначення глибини закладання фундаментів опор моста представлені на рис. 5.1, де прийняті такі позначення: $h_{p,m(max)}$ – найбільша (максимальна) глибина в підмостовому руслі після розмивання при проходженні розрахункової повені, м (див. вираз (3.13)); $h_{p,n(max)}$ – найбільша (максимальна) побутова глибина в руслі до його розмивання, м (див. рис. 2.1); Δ – очікувана похибка визначення $h_{p,m(max)}$, яку обчислюють із виразу $\Delta=0,15 \times h_{p,m(max)}$ або приймають $\Delta=0$ (м) відповідно за морфометричної та гідрометричної баз розрахунків; Φ – обов'язкове заведення фундаменту в ґрунт, яке приймають нижче позначки найбільшого розрахункового загального розмивання дна річки й місцевого розмивання біля даної опори не менше як на 2,5 м і 5 м відповідно для масивних (у вигляді стовпів) і пальових фундаментів; $h_{геол}$ – глибина залягання шару міцного ґрунту від відмітки *PPBB*, м; $h_{котл}$ – глибина котлована від рівня меженної води (*PMB*), м; A_m – амплітуда коливань рівня води у межах від *PMB до *PPBB*, м; $h_{палі}$ – довжина палі, м; $h_{вільн}$ – вільна довжина палі вище за точку її заведення в ґрунт, м; Γ_n – надводна частина палі, м.*

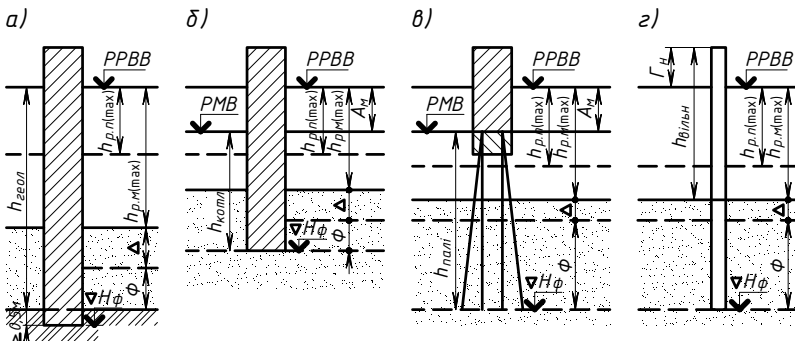


Рис. 5.1. Схеми до призначення глибини закладання фундаменту опор моста: а – за глибиною закладання міцних порід; б – для відкритого котлована; в – для опор на високих пальових ростверках; г – для опор на типових мостових палях

Абсолютну відмітку глибини закладання фундаменту опори моста ∇H_ϕ визначають за формулою

$$\nabla H_\phi = PPBB - h_{p,m(\max)} - \Delta h_{p,m(\max)} - h_{в,m} - \Phi, \text{ м} \quad (5.1)$$

де $h_{в,m}$ – глибина воронки місцевого розмивання (див. вирази (4.1) і (4.2)), м.

Результати розрахунку глибин розмивання та глибин закладання фундаментів опор при різних розмірах отвору моста рекомендується представляти у вигляді зведеної таблиці (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Зведена таблиця результатів розрахунку глибин розмивання та відміток глибини закладання фундаментів мостових опор

№ з/п	Показники	Розмірність	Значення параметрів при розмірі отвору моста $L, \text{ м}$			
			L_{\min}	L_i	L_{i+1}	L_{\max}
1	Коефіцієнт стиснення водного потоку β					
2	Повнота розрахункової повені Π					
3	Імовірність затоплення заплав $p_{z\%}$					
4	Коефіцієнт імовірності затоплення заплав $K_{p\%}$					
5	Коефіцієнт повноти розрахункової повені K_{Π}					
6	Побутова ширина русла $B_{p,n}$					
7	Ширина підмостового русла після розмивання $B_{p,m}$					
8	Найбільша (максимальна) побутова глибина в руслі до розмивання $h_{p,n(\max)}$					
9	Найбільша (максимальна) глибина в підмостовому руслі після розмивання $h_{p,m(\max)}$					
10	Коефіцієнт загального розмивання в підмостовому руслі P					
11	Швидкість течії у руслі до розмивання $v_{p,n}$					
12	Швидкість течії у підмостовому руслі після розмивання $v_{p,m}$					
13	Максимальна глибина розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами $h_{геол}$					
14	Швидкість течії на заплавній ділянці отвору моста $v_{z,m}$					
15	Глибина розмивання на заплавній ділянці отвору моста $h_{z,m}$					
16	Глибина воронки місцевого розмивання біля руслових опор моста $h_{в,m,p}$					
17	Глибина воронки місцевого розмивання біля заплавних опор моста $h_{в,m,z}$					
18	Відмітка глибини закладання фундаменту руслових опор моста $\nabla H_{\phi,p}$					
19	Відмітка глибини закладання фундаменту заплавних опор моста $\nabla H_{\phi,z}$					



На підставі комплексного аналізу представлених у табл. 5.1 даних про величини отвору моста L_i і відповідні глибини закладання фундаментів опор $H_{\phi,i}$ роблять висновок про найбільш оптимальний розмір L_{opt} , який має відповідати мінімуму будівельних і експлуатаційних витрат.

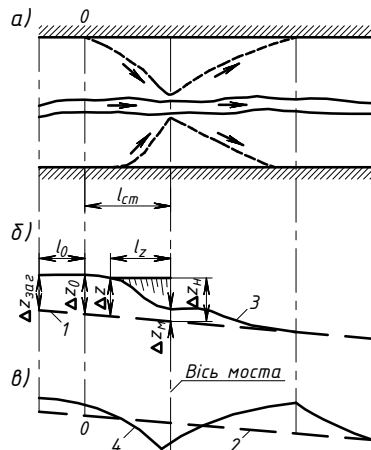
6. ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ ПІДПОРІВ НА МОСТОВОМУ ПЕРЕХОДІ

Стиснення повеневого водного потоку річки спорудами мостового переходу призводить до порушення його (потoku) побутового режиму на значній протяжності ввєрх і вниз від осі моста: збільшення швидкостей течії, деформаціям (тобто – зміни рівнів) русла та вільної поверхні потоку. Це впливає на встановлення мінімальної необхідної висоти підходів до моста та величини укріплення підтоплюваної частини підхідних насипів. Для оцінювання зміни рівнів вільної поверхні водного потоку необхідно визначити величини таких характерних підпорів на мостовому переході (рис. 6.1):

- початкового підпору Δz_0 на початку зони стиснення водного потоку перед мостом;
- підмостового підпору Δz_m у створі самого моста;
- повного підпору Δz у створі з максимумом підпору;
- підпору біля насипу підходу Δz_n на лінії розливу повеневої води з його (насипу) верхнього боку;
- загального підпору $\Delta z_{заг}$.

Рис. 6.1. Схеми до визначення характерних підпорів на мостовому переході:

a – план мостового переходу; *б* – крива вільної поверхні води; *в* – профіль розмитого дна під час піку повені; 1 – побутова поверхня потоку; 2 – побутове дно; 3 – вільна поверхня води; 4 – поздовжній профіль дна під час проходження повені



Початковий підпір на початку зони стиснення водного потоку перед мостовим переходом (див. рис. 6.1) розраховують за формулою



$$\Delta z_0 = 1,5 l_{cm} I_n \left(K \frac{\beta^2}{\varepsilon^{10/13}} - 1 \right) (1 + \chi), \text{ м}, \quad (6.1)$$

де l_{cm} – довжина зони стиснення потоку перед мостом, обчислювана з виразу

$$l_{cm} = \frac{B_0 - L}{1 + B_{m,3} / B_{\beta,3}}, \text{ м} \quad (6.2)$$

(тут L – прийнятий розмір отвору моста, м; B_0 – ширина розлиття річки при $PPBV$ або інакше – ширина морфоствору ($B_0 = B_{m,3} + B_{p,n} + B_{\beta,3}$; див. рис. 2.1 і табл. 2.1), м; $B_{m,3}$ і $B_{\beta,3}$ – ширина відповідно меншої й більшої заплави, м; I_n – побутовий ухил вільної поверхні потоку, обчислюваний за формулою (2.21), ч. о.;

β – коефіцієнт стиснення потоку, який визначають за формулою (3.4);

K – коректив початкового підпору, який обчислюють із виразів (6.6) або (6.7);

ε – відносний підпір, визначуваний за формулою

$$\varepsilon = (h_n + \Delta z_0) / h_n \quad (6.3)$$

(тут h_n – середня побутова глибина повеневого потоку під мостом до розмивання, м (див. рис. 2.1 і табл. 2.1));

χ – відносна довжина верхових частин струмененапрямних дамб, що дорівнює

$$\chi = l_e / l_{cm} \quad (6.4)$$

(тут l_e – потрібна довжина верхових частин струмененапрямних дамб, м, обчислювана з виразу

$$l_e = s \times L, \text{ м}, \quad (6.5)$$

$s = l_e / L$ – відношення довжини верхових частин струмененапрямних дамб до розміру отвору моста, яке для річок з однією заплавою приймають залежно від значення коефіцієнта стиснення потоку β за табл. Б.8).

Коректив початкового підпору визначають за формулами проф. Г.О.Федотова (див. [16, формули (10.55) і (10.56) на с. 305-306], [17, с. 129], [29, с. 253], [30, с. 765])

$$K = \frac{1,1}{\sqrt{\beta P_\omega^{(\beta-1)}}} \quad \text{при } P_\omega \leq 1,2; \quad (6.6)$$

$$K = \frac{1,3}{\sqrt{\beta P_\omega^{1,2\beta}}} \quad \text{при } P_\omega > 1,2, \quad (6.7)$$

де P_ω – коефіцієнт розмивання під мостом (за площею) у пік першої розрахункової повені, який дорівнює

$$P_\omega = \frac{\omega_{n,p}}{\omega_{\partial,p}} = \frac{h_{p,m} B_{p,m} + h_{z,m} (L - B_{p,m})}{h_{p,n} B_{p,n} + h_{z,n} (L - B_{p,n})}, \quad (6.8)$$

тут $\omega_{n,p}$, $\omega_{\partial,p}$ – площі живих поперечних перерізів під мостом відповідно після й до розмивання; решта параметрів – ті ж самі, що у формулі (3.13).

Вираз (6.1) представлений у неявному вигляді, оскільки шукане значення Δz_0 входить як до правої, так і до лівої частини виразу. У зв'язку з цим рів-

няння (6.1) розв'язують методом послідовних наближень. На першому етапі задаються відносним підпором $\varepsilon_1=1$, потім із виразу (6.1) вираховують початковий підпір Δz_{01} при $\varepsilon_1=1$. На другому етапі за формулою (6.3), підставивши у неї значення Δz_{01} , знаходять відносний підпір ε_2 , а далі – за формулою (6.1) відповідний йому початковий підпір Δz_{02} . Процес триває до тих пір, поки не буде виконана умова $|\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1}| \leq 0,01$.

Повний підпір може бути визначений за відомих значень початкового підпору Δz_0 і відстані l_z від моста до створу з повним підпором (див. рис. 6.1) за формулою

$$\Delta z = \Delta z_0 + 0,25 \beta I_n \left(\frac{l_{cm} - l_z}{l_{cm}} \right)^{1,2} (l_{cm} - l_z), \text{ м}, \quad (6.9)$$

де l_{cm} – те ж саме, що у формулі (6.1); l_z – відстань від моста до створу з повним підпором, визначається з виразу

$$l_z = \frac{(\beta / \varepsilon^{5/3}) - 1}{\beta - 1} l_{cm}, \text{ м}. \quad (6.10)$$

Відзначимо відомий висновок (див. [16, с. 307], [17, с. 130], [29, с. 254]): за малих величин побутового ухилу (коли $I_n \leq 0,0001$) значення початкового й повного підпорів практично збігаються. Отже, можна приймати

$$l_z = l_{cm} \quad \text{і} \quad \Delta z = \Delta z_0. \quad (6.11)$$

Підпір біля насипу підходу на лінії розливу повеневої води з його (насипу) верхнього боку (див. рис. 6.1) визначають за формулою

$$\Delta z_n = \Delta z + I_n l_z, \text{ м} \quad (6.12)$$

(тут позначення ті ж самі, що у виразах (6.1), і (6.9)).

7. ОБЧИСЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВОГО СУДНОПЛАВНОГО РІВНЯ (РСР). ПРИЗНАЧЕННЯ ВІДМІТКИ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ МОСТА.

Призначення мінімальної відмітки проїзної частини моста пов'язане з визначенням необхідного підвищення мостових прогонових конструкцій над рівнем води.

Контрольними точками, що обмежують положення проектної лінії земляного полотна по висоті в межах мостового переходу, є такі:

- найменша допустима відмітка низу прогону моста відносно рівня води на судноплавних річках;
- те ж саме, на несудноплавних річках з умов пропускання плотів, малогабаритних барж, корчів тощо;
- найменша допустима відмітка брівки насипу на затоплюваних заплавах.

На мостах через несудноплавні річки мінімальну абсолютну відмітку проїзної частини моста ∇H_M (рис. 7.1, а) визначають із виразу

$$\nabla H_M = PPBB + \Gamma_n + h_{\text{кон}}, \text{ м}, \quad (7.1)$$

де $PPBB$ – абсолютна відмітка розрахункового рівня високої води у створі мостового переходу, m ; Γ_n – висота підмостового габариту в середній частині прогону, відлічувана від $PPBB$ (звичай приймають $\Gamma_n=0,5\dots1,0\approx 0,75$ m при розрахунковому рівні води; при корчеході – збільшують до $\Gamma_n=1,5\dots2,0$ m); $h_{кон}$ – висота конструкції прогонової будови моста, що включає висоту застосованих плит або балок (див. табл. Б.2) разом з опорними частинами h_b та товщину дорожнього одягу $h_{до}$ (приймають $h_{кон}=0,6\dots2,0$ m [27, с. 78-80]).

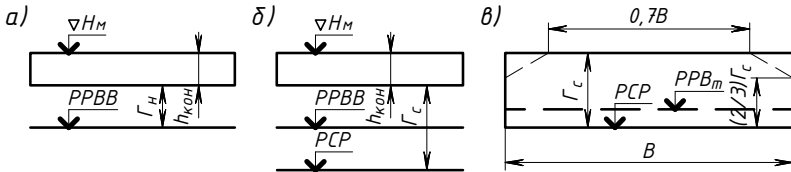


Рис. 7.1. Схеми до визначення відмітки проїзної частини моста: а – для мостів через несудоплавні річки; б – для судноплавних прогонів висоководного моста; в – підмостовий габарит

Для судноплавних і сплавних річок відмітка проїзної частини моста визначається висотою підмостового габариту Γ_c , дозволяючи безпечно пропускати судноплавні засоби під мостом. При цьому мінімальну абсолютну відмітку проїзної частини на довжині судноплавних прогонів висоководного моста ∇H_m (рис. 7.1, б) визначають за формулою

$$\nabla H_m = PCP + \Gamma_c + h_{кон}, \quad (7.2)$$

де PCP – абсолютна відмітка розрахункового судноплавного рівня води, m ; Γ_c – висота підмостового габариту у середній частині прогону (рис. 7.2, в), відлічувана від PCP і призначається за табл. Б.10 залежно від класу водного шляху (ділянки річки) за судноплаством.

ПРИМІТКА. За відсутності інших даних клас водного шляху за судноплаством і тривалість навігації для основних річок України можуть бути прийняті з табл. Б.9.

Відмітка розрахункового судноплавного рівня (PCP) має бути прийнята такою, щоби при проходженні повені заданої ймовірності перевищення перерва в суднопластві під мостом не перевищувала встановленої кількості діб t .

PCP слід визначати відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.3-1-95 [13]. При курсовому проектуванні через відсутність матеріалів гідрометричних спостережень можливе використання спрощеної методики, що викладена нижче та стосується лише ділянок нешлюзованих річок.

Отже, PCP визначають за даними багаторічних спостережень за перевищеннями максимальних річних рівнів повеневої води над нулем графіка водомірного поста $\nabla H_{н.д.}$, які розташовують в убуючому порядку (у так званий ранжируваний ряд; див. розділ 1). У залежності від класу водного шляху (ділянки річки) за судноплаством (див. табл. Б.11) задають ймовірність перевищення зафіксованих рівнів p_d (%) ще більш високими рівнями і, вважаючи, що вона дорівнює емпіричній ймовірності, встановлюють порядковий номер

m розрахункової повені у зазначеному ранжируваному ряді перевищень максимальних річних рівнів води. Цей порядковий номер m визначають із виразу

$$m = \frac{p_d (n+1)}{100}, \text{ ч. о.} \quad (7.3)$$

де p_d – задана ймовірність перевищення розрахункової повені для певного класу водного шляху (ділянки річки) за судноплаванням, % (табл. Б.11); n – кількість систематичних років спостережень за перевищеннями максимальних річних рівнів повеневої води на найближчому до моста водомірному посту.

Абсолютну відмітку рівня високої води PBB_m під час проходження розрахункової повені з порядковим номером m у ранжируваному ряді перевищень максимальних річних рівнів визначають так:

$$PBB_m = \frac{H_{m\%}}{100} + \nabla H_{н.с.}, \text{ м,} \quad (7.4)$$

де $H_{m\%}$ – перевищення максимальних річних рівнів води (см) за заданої ймовірності перевищення p_d (%) у розрахунковому році, що відповідає порядковому номеру m (див. формулу (7.3)); $\nabla H_{н.с.}$ – абсолютна відмітка умовного нуля графіка водомірного поста, м (див. формулу (1.2)).

Під час проходження повені у розрахунковому році з порядковим номером m (див. формулу (7.3)) допустиму для даного класу водного шляху (ділянки річки) тривалість t стояння рівнів води, вище за PCP (тобто – вимушену перерву в судноплаванні на даній ділянці), визначають із виразу

$$t = \frac{K \cdot T}{100}, \text{ доби,} \quad (7.5)$$

де $K/100$ – частка втраченого навігаційного часу по відношенню до повної тривалості навігації у розрахунковому році (параметр K приймають за табл. Б.11), ч. о.; T – середня за всі роки спостережень (згідно з ДСТУ Б В.2.3-1-95 [13, п. Б.1.1 на с. 15] – не менше ніж 10 років) тривалість навігації на даній річці, доби.

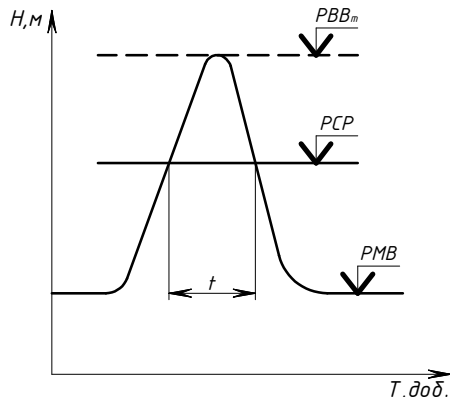


Рис. 7.2. Схема до визначення розрахункового судноплавного рівня (PCP) у розрахунковому році з порядковим номером m (див. формулу (7.3)); PBB_m – абсолютна відмітка рівня високої води під час проходження розрахункової повені з порядковим номером m (див. формулу (7.4)); PMB – абсолютна відмітка рівня меженної води (див. примітку у розділі 2)



Для встановлення *PCP* будують водомірний графік (рис. 7.2) щоденних рівнів води у розрахунковому році з порядковим номером *m* (див. формулу (7.3)) і наносять на графік цей рівень таким чином, щоби більш високі за нього рівні спостерігались не більше, ніж *t* діб. Цей рівень і буде відповідати розрахунковому судноплавному рівню *PCP*.

8. ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОЇ ВІДМІТКИ БРІВКИ ЗАПЛАВНОГО НАСИПУ НА ПІДХОДАХ ДО МОСТА

Мінімальна абсолютна відмітка брівки заплавного насипу на підходах до моста залежить від величини підпору біля насипу Δz_n (див. рис. 6.1) і висоти набігання хвиль на укосу (рис. 8.1).

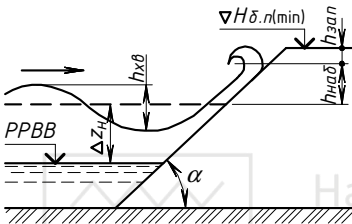


Рис. 8.1. Схема до визначення мінімальної відмітки брівки заплавного насипу на підходах до моста

Мінімальну абсолютну відмітку брівки заплавного земляного насипу на підходах до моста знаходять за формулою

$$\nabla H_{\delta, n(\min)} = PPBB + \Delta z_n + h_{наб} + h_{зан}, \text{ м}, \quad (8.1)$$

де *PPBB* – абсолютна відмітка розрахункового рівня високої води, м; Δz_n – підпір біля насипу підходу на лінії розливу повеневої води з його (насипу) верхнього боку, який визначають із виразу (6.12), м; $h_{наб}$ – висота можливого набігання хвилі на укіс насипу, обчислювана за формулою (8.2); $h_{зан}$ – конструктивний запас, який приймають $h_{зан} \geq 0,5$ м для підходів до моста (із міркувань забезпечення непідтоплення дорожнього одягу та його основи) і $\geq 0,25$ м – для струмененапрямних дамб.

Хвиля, що набігає на укіс насипу, підіймається по ньому від спокійного рівня води на висоту (рис. 8.1)

$$h_{наб} = \frac{4,3k_{ш} h_{xв}}{m_n}, \text{ м}, \quad (8.2)$$

де $k_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості укосу насипу, який приймають залежно від типу укріплення укосу з табл. Б.12; $h_{xв}$ – висота хвилі, яку на неглибоких частинах водотоків приймають $h_{xв} \approx 0,2h_{з(сеп)}$ (тут $h_{з(сеп)}$ – середня глибина водного потоку на заплавах; див. вирази (2.4) і (2.6)); m_n – коефіцієнт закладання укосу насипу, який для підтоплюваних укосів приймають $m_n = 2$.

Тип укріплення укосів заплавних земляних насипів на підходах до моста рекомендують призначати залежно від швидкості течії й висоти хвилі, допустимі значення яких наведені в табл. Б.13.



9. ПРОЕКТУВАННЯ ПОВЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ

Повздовжній профіль мостового переходу в межах ширини розлиття річки складається з таких характерних ділянок: *I* – міст і ділянки високих заплавних насипів, що примикають до нього; *II* – низький заплавний насип; *III* – ділянки спряження низьких і високих заплавних насипів (рис. 9.1).

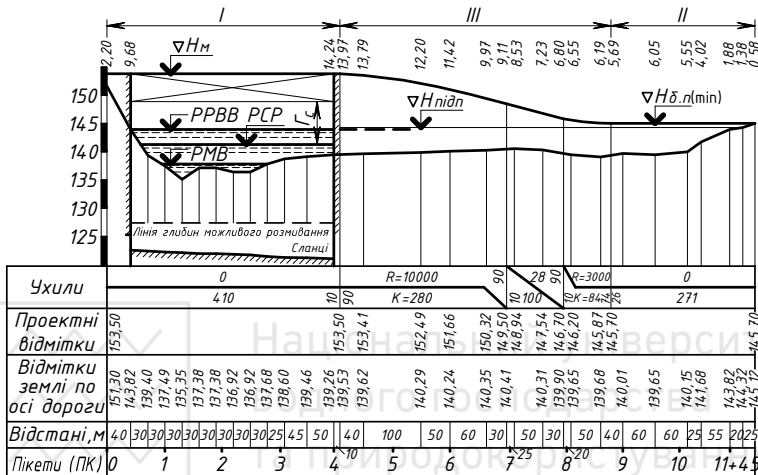


Рис. 9.1. Приклад повздовжнього профілю мостового переходу

При прийнятій величині отвору моста L (див. вступ до розділу 3) його довжину L_m орієнтовно (оскільки схема моста не розробляється) можна визначити за формулою

$$L_m = L + 2m(\nabla H_m - PPBB) + 2l_{он.б}, \text{ м}, \quad (9.1)$$

де L – розрахунковий отвір моста у проєкті; m – коефіцієнт закладання конусів насипів біля моста (приймають $m=1,5 \dots 2,0$); ∇H_m – абсолютна висотна відмітка проїзної частини моста; $PPBB$ – абсолютна відмітка розрахункового рівня високої води; $l_{он.б}$ – розмір берегової опори (так званого **стояна**) уздовж осі моста на рівні $PPBB$ (орієнтовно приймають $l_{он.б}=5 \text{ м}$).

Міст може бути розташований у повздовжньому профілі на ділянці опуклої вертикальної кривої, прямої з ухилом не більше 2%, у тому числі – і на горизонтальній ділянці.

При обранні проектного рішення необхідно враховувати особливості розташування русла річки в поперечному перерізі річкової долини, вимоги забезпечення відведення води з проїзної частини моста, конструктивні особливості прогонових будов.

Нижче наведена послідовність проектування повздовжнього профілю мостового переходу при розташуванні моста на горизонтальній прямій.



Мінімальна сумарна довжина моста й високих заплавних насипів, у межах якої не допускається змін елементів проектної лінії, становить

$$L_{np} = L_M + 20, \text{ м.} \quad (9.2)$$

Якщо ця ділянка запроєктована у вигляді прямої горизонтальної лінії, то її абсолютна відмітка дорівнює ∇H_M .

З метою оптимізації вартості й термінів будівництва при виконанні великих обсягів земляних і укріплювальних робіт на підходах до моста необхідно значну частину поздовжнього профілю проектувати як горизонтальний насип оптимальної висоти з абсолютною відміткою $\nabla H_{\delta.n(\min)}$.

Ділянки спряження високого й низького заплавних насипів складаються з прямої вставки з ухилом $I_{np,\epsilon}$ і прилеглих до неї опуклої й увігнутої вертикальних кривих.

Ухил прямої вставки $I_{np,\epsilon}$, що відповідає найменшому обсягу земляних робіт на ділянці спряження, визначають за формулою

$$I_{np,\epsilon} = \sqrt{(\nabla H_M - \nabla H_{\delta.n(\min)}) / R_{on}}, \quad (9.3)$$

де R_{on} – мінімальний радіус опуклої кривої у поздовжньому профілі, який (радіус) призначають залежно від розрахункової швидкості руху транспорту для конкретної ділянки автомобільної дороги певної категорії (див. табл. Б.14 і табл. Б.15).

Довжина опуклої вертикальної кривої, що спрягає горизонтальну ділянку з ділянкою, котра має ухил $I_{np,\epsilon}$, дорівнює

$$l_{on} = R_{on} I_{np,\epsilon}, \text{ м.} \quad (9.4)$$

Різниця відміток між початком і кінцем кривої складає

$$h_{on} = l_{on}^2 / (2R_{on}), \text{ м.} \quad (9.5)$$

Аналогічні формули застосовують і для увігнутої кривої:

– довжина увігнутої кривої

$$l_{y\epsilon} = R_{y\epsilon} I_{np,\epsilon}, \quad (9.6)$$

де $R_{y\epsilon}$ – мінімальний радіус увігнутої кривої у поздовжньому профілі, який (радіус) призначають залежно від розрахункової швидкості руху транспорту для конкретної ділянки автомобільної дороги певної категорії (див. табл. Б.14 і табл. Б.15);

– різниця відміток між початком і кінцем увігнутої кривої

$$h_{y\epsilon} = l_{y\epsilon}^2 / (2R_{y\epsilon}). \quad (9.7)$$

Довжину прямої вставки з ухилом $I_{np,\epsilon}$ між опуклою й увігнутою кривими визначають за формулою

$$l_{np,\epsilon} = (\nabla H_M - \nabla H_{\delta.n(\min)} - h_{on} - h_{y\epsilon}) / I_{np,\epsilon}. \quad (9.8)$$

Приклад поздовжнього профілю мостового переходу через річку з однією заплавою наведений на рис. 9.1.

Національний університет
10. ПРОЕКТУВАННЯ ПОПЕРЕЧНИХ ПРОФІЛІВ ЗАПЛАВНИХ НАСИПІВ НА ПІДХОДАХ ДО МОСТА

Ширину заплавлених насипів на підходах до моста поверху призначають відповідно до категорії дороги (див. табл. Б.16), а ухил укосів – залежно від виду ґрунтів і висоти насипу, а також умов його (насипу) роботи (див. [1, табл. 6.5 і табл. 7.1], [14, с. 83-88], [16, с. 323-330], [17, с. 138-140], [18, с. 139-146], [22, с. 315-322], [24, с. 33-34], [27, с. 164-165], [29, с. 255-257], [30, с. 776-779]).

У низьких насипів укоси, що омиваються водою практично по всій висоті $\nabla H_{\delta, n(\min)}$, проектують не крутіше ніж 1:2, починаючи безпосередньо від брівки насипу, із виположенням кожних нижніх 6...8 м на 0,25 висоти (рис. 10.1, а).

У високих насипів (рис. 10.1, б) підтоплювану (омивану водою) частину укосу на відмітках нижче $\nabla H_{\delta, n(\min)}$ проектують так само, як і у низьких насипів. Верхню ж непідтоплювану (надводну) частину укосу високого насипу, не піддану впливу течій і хвиль, проектують як звичайний дорожній насип з укосами крутістю 1:1.5, а якщо висота більша ніж 6,0 м, то нижній ділянки надводної частини укосу надають крутість 1:1.75.

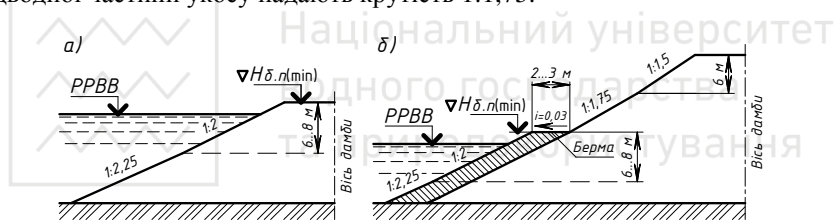


Рис. 10.1. Характерні поперечні профілі підтоплюваних заплавлених насипів на підходах до моста: а – низького насипу; б – високого насипу

Підтоплювану частину високого укосу та його непідтоплювану частину (так званий **сухий укіс**) спрягають горизонтальною площадкою (так званою **бермою**) шириною не менше ніж 2...3 м, влаштовану на рівні низького заплавного насипу (рис. 10.1, б). Улаштування берми забезпечує привантаження нижньої частини укосу насипу й збільшує його (насипу) стійкість, а також передбачає розміщення ремонтних матеріалів на випадок ушкодження укріплення укосів під час повені й підвезення ремонтних матеріалів на регуляційні споруди біля моста.

Укоси заплавлених насипів на підходах до моста, що розташовані в межах розмивання високої води (нижче відмітки $\nabla H_{\delta, n(\min)}$), належним чином укріплюють або захищають різними захисними конструкціями. Так, для укріплення укосів застосовують збірні й монолітні залізобетонні або бетонні плити, кам'яний накид, гнучкі матраці покриття із залізобетонних і бетонних плит, замощення каменем, габіони, асфальтобетонні плити й матраци, хмизові матраци, одернування, насадження чагарників і дерев, засівання травою тощо.

Тип укріплення залежить від багатьох чинників (впливу на укоси течії й хвиль високої води, навалу криги та ін.) і може бути призначений згідно з табл. Б.13.

Укоси насипу на підйомі до моста, що розташовані вище берм, захищають лише від поверхневих вод, спричинених дощами й таненням снігу. Найбільше поширення тут отримало засіювання незатоплюваних укосів травами або їхнє (укосів) одернування.

11. ПРОЕКТУВАННЯ СТРУМЕНЕНАПРЯМНИХ ДАМБ

Заплавні незатоплювані струмененапрямні дамби – це регуляційні споруди, що призначені для розвантаження заплавної ділянки отвору моста від зайвої кількості води, плавного спрямування водного потоку під міст, ліквідації небезпечних місцевих розмивань біля конусів насипу, зменшення швидкості загального розмивання русла під мостом і забезпечення його рівномірності.

Струмененапрямні дамби влаштовують у таких випадках (див. [2, п. 1.22 на с. 7 і п. 1.51 на с. 12-13]; [3, п. 4.7.2 на с. 15-16 і п. 6.1.12 на с. 25]; [16, с. 331-333]):

- за наявності заплав, що пропускають не менше 15% розрахункової втрати води;
- за необхідністю впливу на русловий процес;
- за наявності косини потоку (коли очікуються значні швидкості течії вздовж насипу за напрямком до моста);
- за середніх розрахункових швидкостей течії під мостом до розмивання понад 1 м/с.

За характером спрямування водних струменів дамби поділяють на обтічні та відбійні. **Обтічні дамби** мають криволінійне (еліптичне) окреслення; їх застосовують для спрямування водного потоку на ділянку отвору моста, яка приймає до його стояна (берегової опори) із того самого боку, що й дамба. **Відбійні дамби** – прямолінійні; їх застосовують для відтиснення водного потоку.

Вибір окреслення струмененапрямних дамб визначається умовою створення під мостом після розмивання живого перерізу, форма якого наближена до прямокутної. Більш детально рекомендації до їхнього проектування висвітлені в спеціальній літературі (див. [18, с. 146-153, 157-161], [21, параграф 64 на с. 225-231], [22, с. 299-306], [23, с. 191-193], [24, с. 34-36], [25, с. 196-208], [27, с. 113-120]).

У курсовому проєкті слід запроєктувати (у разі необхідності) заплавну незатоплювану струмененапрямну дамбу криволінійного (еліптичного) окреслення як таку, що найчастіше застосовується в умовах нормального перетину мостовим переходом водного потоку (рис. 11.1).

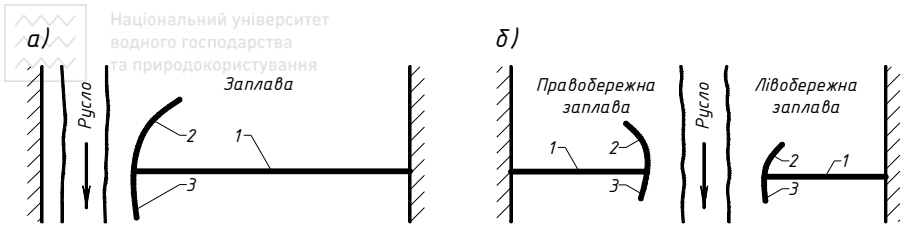


Рис. 11.1. Схеми заплавних незатоплюваних криволінійних (еліптичних) струмененапрямних дамб на річках з однією (а) і двома (б) заплавами: 1 – заплавний насип підходу до моста; 2 – верхова частина струмененапрямної дамби; 3 – те ж саме, низова

Такі дамби в плані розташовують за кривими змінного радіуса (рис. 11.2), що зростає від деякого найменшого значення $\rho_{\min}=R$ у голові дамби до найбільшого ρ_{\max} по осі мостового переходу. Кривина дамби не повинна перевищувати тих граничних величин, за яких уже не забезпечуватиметься безвідривне обтікання.

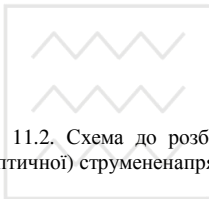


Рис. 11.2. Схема до розбивання осі криволінійної (еліптичної) струмененапрямної дамби



Розміри в плані струмененапрямних дамб мають бути тим більшими, чим сильніше стиснений водний потік підходами до моста й чим потік ширший у плані. Отже, орієнтовно довжину верхової частини струмененапрямної дамби l_v визначають залежно від прийнятого розміру отвору моста L (див. вступ до розділу 3) і коефіцієнта стиснення водного потоку β (див. вираз (3.4)) за формулою (6.5). Довжину низової частини струмененапрямної дамби l_n вважають достатньою, якщо вона не менша за половину довжини верхової частини l_v .

Розбивання осі криволінійної (еліптичної) струмененапрямної дамби (рис. 11.2) виконують за парними координатами (початок координат розташований у точці примикання насипу до стояна – берегової опори моста) із використанням відносних координат, що наведені в табл. Б.17. Координати осі дамби отримують шляхом помноження табличних значень на величину радіуса кривини в голові дамби R , визначуваного з виразу

$$R = (1/3)l_v, \text{ м.} \quad (11.1)$$



Для мостових переходів через річки з двома заплавами за табл. Б.17 визначають сумарну довжину l_6 двох верхових частин струмененапрямних дамб (лівобережної й правобережної) і розподіляють її між ними пропорційно витратам води, що надходять до моста з кожної заплави.

Відмітку верха струмененапрямної дамби призначають такою ж самою, як і у брівки низького заплавного насипу $\nabla H_{6,m(\min)}$ (див. формулу (8.1)). Майже на всій протяжності ширину дамби поверху приймають у межах від 3 до 5 м, а крутість укосів – 1:2. Лише в голові струмененапрямної дамби, де умови роботи найважчі, ширину поверху збільшують до 5...6 м, а крутість укосів виполюють до 1:3, оскільки саме голови піддаються особливо сильному впливу водного потоку. Конструкція криволінійної (еліптичної) струмененапрямної дамби представлена на рис. 11.3.

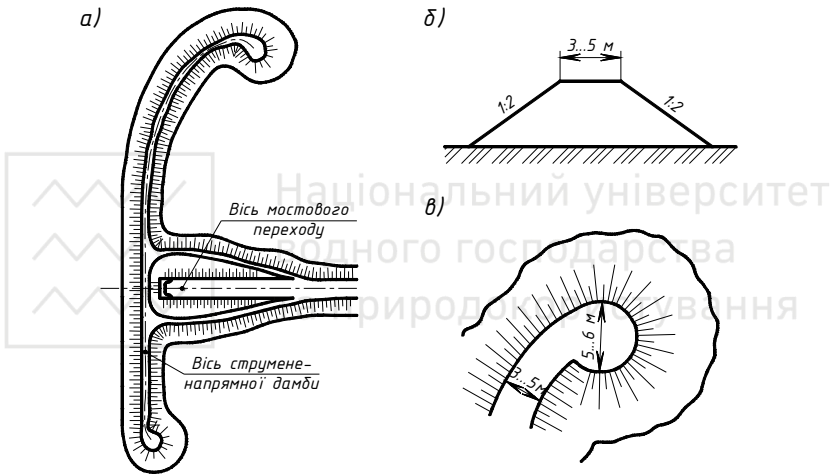


Рис. 11.3. Конструкція криволінійної (еліптичної) струмененапрямної дамби: а – план дамби й підходів до моста на ділянці спряження заплавного насипу підходу з проїздом на мосту; б – поперечний профіль дамби; в – план голови дамби

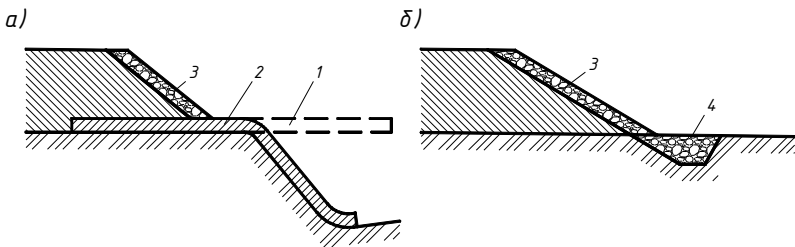


Рис. 11.4. Схеми укріплення підшви струмененапрямних дамб відповідно гнучкими захисними покриттями (матрацами) (а) і рисбермами (б): 1 і 2 – положення матраца відповідно до й після розмивання; 3 – укісне укріплення кам'яним накидом; 4 – рисберма (підпора) у вигляді замоцнення каменем



Укоси струмененапрямних дамб захищають від впливу течій і хвиль та навалу крижин так само, як і укоси насипів на підходах до моста, а підшву – від можливого підмивання гнучкими захисними покриттями (матрацами) чи рисбермами (підпорами) (рис. 11.4).

12. ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ, ЗМІСТ І ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Опанування дисципліни “Штучні споруди на автомобільних дорогах” передбачає виконання курсового проекту на тему “Проектування мостового переходу через річку”.

Основною метою виконання курсового проекту є закріплення й поглиблення знань студентів після вивчення теоретичної частини курсу, що стисло викладена в основній частині цього посібника (див. розділи 1...11), а також ефективне застосування набутих знань при розв’язанні відповідних практичних задач із залученням обчислювальної техніки, комп’ютерних технологій, спеціального програмного забезпечення. Проходження окремих етапів проектування має ознайомити студентів із чинними нормативними документами та сучасною навчальною, спеціальною й довідковою літературою, сформувати їхню (студентів) спроможність до самостійності й упевненості в прийнятті грамотних і зважених інженерних рішень, а також навчити раціонально користуватись накопиченими знаннями, уміннями й навичками у своїй майбутній професійній діяльності.

Курсовий проект складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини у вигляді окремих аркушів креслень. Складовою курсової роботи також може бути розділ із НДРС (науково-дослідної роботи студента), що передбачає більш детальне опрацювання окремих питань із включенням власних наукових досліджень.

Завдання на проектування представлене у додатку А, визначається за персональним шифром (трьома останніми цифрами залікової книжки) і містить таку інформацію:

- вихідні дані до визначення розрахункового рівня високої води (*PPBB*) (див. табл. А.1);
- вихідні дані до морфометричного розрахунку поперечного перерізу (створу) річки (див. табл. А.2);
- вихідні дані інженерно-геологічних вишукувань (див. табл. А.3);
- вихідні дані до побудови кривої швидкості течії у руслі $v=f(H)$.

У розрахунково-пояснювальній записці мають бути висвітлені такі питання:

- 1) визначення рівня високої води під час повені за розрахункової ймовірності перевищення максимальних річних рівнів води над нулем графіка водомірного поста ще більш високими рівнями (гідрологічний розрахунок);
- 2) визначення витрат і швидкостей течії у руслі й на заплавах при пропусканні розрахункових витрат повеневої води (морфометричний розрахунок);

3) призначення декількох варіантів отвору моста, у тому числі мінімального, що забезпечує перекриття лише русла річки;

4) розрахунки для кожного варіанта ширини русла під мостом після розмивання глибин загального розмивання в руслі й на заплавних ділянках отвору моста, місцевих розмивань біля опор моста, відміток підшови фундаментів мостових опор;

5) прийняття оптимального отвору моста;

6) визначення характерних підпорів на мостовому переході;

7) обчислення розрахункового судноплавного рівня (PCP) та призначення відмітки проїзної частини моста;

8) визначення мінімальної відмітки брівки заплавного насипу на підходах до моста;

9) проектування повздовжнього профілю мостового переходу;

10) проектування поперечних профілів заплавних насипів на підходах до моста;

11) проектування струмененапрямних дамб (у разі необхідності).

При написанні текстової частини розрахунково-пояснювальної записки та наповненні її (записки) змісту необхідними ілюстративними матеріалами слід керуватись вимогами чинних стандартів ГОСТ 21.207-2013 [4], ДСТУ 3008:2015 [5], ДСТУ Б А.1.1-100:2013 [7], ДСТУ Б А.2.4-2:2009 [8], ДСТУ Б А.2.4-13:2009 [11].

Розрахунково-пояснювальна записка обсягом 30...35 сторінок має бути набрана на комп'ютері з використанням текстового редактору Microsoft Word, ретельно відредагована та якісно роздрукована (одностороннім друком) на стандартних аркушах білого паперу формату А4 (із розмірами сторін 210×297 мм). При цьому слід дотримуватись таких установок:

– параметри сторінки: поля верхнє й нижнє – по 2,0 см, праве – 1,0 см, ліве – 2,5 см; відступи від краю до верхнього й нижнього колонтитулів – 1,25 см; орієнтування – книжкове (допускається альбомне для окремих сторінок);

– шрифт – Times New Roman, розмір – 14 пт, міжрядковий інтервал – одинарний, абзацний відступ (табуляція) – 1,25 см;

– мова документа – українська, перенесення слів – автоматичне, ширина зони перенесення слів – 0,63 см.

При вставленні формул слід застосовувати вбудований у Microsoft Word редактор формул Equation із такими установками:

– стилі шрифтів: для тексту, функцій (сум, інтегралів і т. п.) і змінних (латинських літер) – курсивом шрифт Times New Roman, для малих грецьких літер – курсивом шрифт Symbol, для великих грецьких літер і символів – звичайний шрифт Symbol, для чисел – звичайний шрифт Times New Roman;

– розміри шрифтів: звичайний (базовий) – 14 пт, для крупних і дрібних індексів – відповідно 8 і 6 пт, для крупних і дрібних символів – відповідно 20 і 14 пт.

Уся текстова частина пояснювальної записки має характеризуватись чіт-

кістю (без зайвих подробиць і повторень) і логічною послідовністю викладення матеріалу, точністю формулювань, обґрунтованістю прийнятих рішень та бути зручною для читання.

Опрацювання кожного питання має супроводжуватись усіма необхідними розрахунками, що представлені в основній частині цього посібника (див. розділ 1...11), та бути проілюстроване відповідними діаграмами, графіками, схемами, рисунками, зведеними таблицями.

Ілюстративний матеріал до розрахунково-пояснювальної записки слід виконувати із застосуванням функціонально призначеного для кожного конкретного випадку програмного забезпечення. Так, побудову діаграм і графіків, а також табличні розрахунки, що повторюються, доцільно здійснювати у програмі для роботи з електронними таблицями Microsoft Excel; рисунки й схеми бажано виконувати в програмному комплексі для автоматизованого проектування AutoCAD. Завершені графічні об'єкти мають бути імпортовані в текст записки опцією “Спеціальна вставка”→“Рисунку (метафайл Windows)”. Далі вставлені об'єкти необхідно змасштабувати та забезпечити відповідними заголовками або підписами, що нумеруються в межах конкретного розділу та розміщуються в тексті після першого згадування про них.

Усі сторінки (крім титульної) нумеруються арабськими цифрами у правому верхньому кутку. На початку розрахунково-пояснювальної записки розміщується її зміст, у кінці – оформлений згідно з ДСТУ 8302:2015 [6] перелік джерел посилання із зазначенням основних елементів бібліографічного опису (прізвища автора(ів), назви праці або документа, місця та року опублікування, назви видавництва, кількості сторінок).

Приклад виконання розрахунково-пояснювальної записки курсового проекту представлений у додатку Г.

До складу курсового проекту також входить відповідна до розрахунково-пояснювальної записки графічна частина у вигляді двох аркушів креслень стандартного ватманського паперу формату А2 (із розмірами сторін 420×594 мм) такого змісту:

– аркуш 1 – елементи поперечного перерізу річкової долини з нанесеними результатами морфометричного розрахунку створу річки (масштаби вертикальний і горизонтальний відповідно 1:350 і 1:3500);

– аркуш 2 – поздовжній профіль мостового переходу через річку (масштаби вертикальний і горизонтальний відповідно 1:350 і 1:3500) та поперечні профілі підтоплованих заплавних насипів (високого й низького) на підходах до моста із зазначенням способів укріплення їхніх (насипів) укосів (масштаб 1:500). Тут відмітки поверхні природного рельєфу та проектні відмітки необхідно позначати відповідно чорним та червоним кольорами.

Креслення слід виконувати в програмному комплексі для автоматизованого проектування AutoCAD. При цьому необхідно дотримуватись вимог чинних стандартів ГОСТ 21.207-2013 [4], ДСТУ Б А.2.4-2:2009 [8], ДСТУ Б А.2.4-4:2009 [9], ДСТУ Б А.2.4-7:2009 [10], ДСТУ Б А.2.4-13:2009 [11].



13. ЗАХИСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект має бути виконаний і захищений у передбачені графіком навчального процесу терміни.

До захисту проект допускається лише після повнообсяжного його виконання згідно з виданим на проектування індивідуальним завданням.

Захист здійснюється перед комісією, що складається з викладачів кафедр, і полягає в стислій доповіді студента по виконаному проекту та його (студента) відповідях на запитання членів комісії. Студент повинен дати пояснення по суті проекту, засвідчивши при цьому знання спеціальних термінів, основних розрахункових положень, послідовності виконання певних розрахунків на окремих етапах проектування та ін.

Курсовий проект оцінюється комплексно з урахуванням якості його змісту й оформлення та продемонстрованого студентом рівня знань.

Перелік основних питань, що виносяться до захисту курсового проекту, наведений нижче.

1. Які завдання мають бути вирішені при проектуванні мостових переходів?
2. У якій послідовності ведуть розрахунки з проектування мостових переходів?
3. Як враховують категорію автомобільної дороги при проектуванні споруд мостового переходу?
4. Як призначають розрахункову ймовірність при визначенні максимальних витрат і рівнів води?
5. Яка основна мета морфометричних розрахунків при проектуванні мостових переходів?
6. Що таке “отвір моста”?
7. У чому відмінність процесів загального розмивання в руслі й на заплавах ділянках отвору моста?
8. Які чинники впливають на збільшення ширини русла під мостом у результаті загального розмивання?
9. Як обчислюють коефіцієнт стиснення водного потоку спорудами мостового переходу?
10. Від чого залежить максимальна глибина в руслі під мостом після розмивання?
11. Як визначають можливість обмеження глибини розмивання в руслі за геологічними умовами?
12. За яких умов можливе загальне розмивання на заплавах ділянках отвору моста?
13. Які основні чинники впливають на глибину місцевого розмивання біля опор моста?



14. Як визначають мінімальну глибину закладання фундаментів мостових опор?
15. Які основні чинники враховують при розрахунках зміни рівнів води в зоні мостового переходу?
16. У чому полягає відмінність у призначенні відмітки проїзної частини мостів через судноплавні й несудноплавні річки?
17. Як розраховують мінімальну відмітку низького заплавного насипу?
18. Що необхідно враховувати при призначенні укріплення укосів заплавних насипів?
19. З яких ділянок складається поздовжній профіль мостового переходу?
20. З якою метою на мостових переходах улаштовують струмененапрямні дамби?





Національний університет
водного господарства
та природокористування

ДОДАТОК А



ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ (вихідні дані)

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця А.1

Вихідні дані до визначення розрахункового рівня високої води (PPBV)

№ вар.	Перевищення максимальних річних рівнів повеневої води H (см) над умовним нулем графіка водомірного поста $\nabla H_{н.г.}$													$\nabla H_{н.г.}$ м	Категорія дороги
	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972		
0	1100	1000	940	880	810	1030	960	900	850	1150	1020	970	930	227,2	II
1	600	710	840	890	810	930	960	830	990	710	830	940	800	216,1	II
2	910	800	840	780	610	930	760	710	840	890	810	930	960	204,8	I
3	810	930	960	830	990	710	1000	940	880	810	1030	830	990	193,5	II
4	840	890	810	930	960	830	810	1030	960	900	850	610	930	182,2	II
5	840	780	610	930	760	990	710	1000	940	880	810	1000	940	171,1	I
6	810	930	960	830	810	830	990	710	1000	940	940	880	710	160,0	II
7	800	840	780	610	930	760	930	960	830	810	940	880	840	148,9	II
8	960	830	990	710	1000	930	760	990	710	930	960	830	910	137,6	I
9	840	780	610	930	760	960	830	810	1030	960	960	830	810	126,3	II
10	760	990	710	1000	940	880	810	610	930	760	930	960	960	115,0	II
11	930	960	830	810	710	1000	930	760	990	810	1030	960	960	103,9	I
12	710	880	810	1030	960	900	930	960	830	810	710	930	960	92,8	II
13	610	930	760	960	830	810	930	760	960	830	810	990	710	82,0	II
14	810	930	960	710	1000	940	960	900	930	830	810	1030	960	92,8	I
15	990	710	1000	940	710	1000	930	760	830	810	710	1000	830	99,8	II
16	960	830	810	810	710	1000	930	880	810	1030	960	900	990	115,5	II
17	890	810	930	960	830	810	1030	760	830	810	760	960	880	126,3	I
18	1000	940	960	900	930	830	810	1030	710	1000	940	960	900	137,6	II
XL	610	930	760	960	830	810	930	760	960	830	810	990	710	82,0	II

ПРИМІТКА. Варіант слід приймати за сумою двох останніх цифр шифру залікової книжки. Наприклад, 576; 7+6=13 – варіант № 13.

Вихідні дані до морфометричного розрахунку поперечного перерізу (створу) річки

Варіант № 0																
Відмітки землі по осі дороги $\nabla H_{3,i}$	240,9	237,5	232,7	227,5	222,1	218,9	216,8	218,9	224,5	227,5	228,5	229,9	231,4	233,1	236,4	240,9
Відстані $l_i, м$	0	50	50	40	40	40	70	70	60	80	120	150	160	150	120	100
Варіант № 1																
Відмітки землі по осі дороги $\nabla H_{3,i}$	230,0	223,3	218,4	216,3	213,3	210,4	206,2	208,3	211,9	216,3	217,5	219,6	221,3	223,3	226,1	230,0
Відстані $l_i, м$	0	40	50	40	60	50	60	80	70	50	120	150	150	150	130	100
Варіант № 2																
Відмітки землі по осі дороги $\nabla H_{3,i}$	218,4	214,4	209,1	205,1	199	196,2	195,4	200,9	205,1	205,8	206,5	206,9	207,5	209,1	213,1	218,4
Відстані $l_i, м$	0	50	40	50	80	80	80	50	60	100	110	120	130	130	120	100
Варіант № 3																
Відмітки землі по осі дороги $\nabla H_{3,i}$	207,8	201,6	196,9	193,9	188,3	184,9	183,6	185,9	190,3	193,9	194,8	195,1	195,8	197,9	202,2	207,8
Відстані $l_i, м$	0	50	40	50	80	80	80	50	60	100	110	120	130	130	120	100
Варіант № 4																
Відмітки землі по осі дороги $\nabla H_{3,i}$	196,3	194	188,7	182,7	177,3	173,6	172,3	173,9	179,2	182,7	183,7	184,5	185,5	187,4	190,3	196,3
Відстані $l_i, м$	0	60	50	30	40	50	50	60	80	80	130	130	160	160	120	100
Варіант № 5																
Відмітки землі по осі дороги $\nabla H_{3,i}$	185,2	178,6	173,9	171,5	168,9	165,4	161,4	163,2	167,3	171,5	173,4	175,4	177,8	179,3	181,6	185,2
Відстані $l_i, м$	0	40	50	40	60	50	60	80	70	50	120	150	150	150	130	100

Варіант № 6																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	173,3	170	165,9	160,3	155,3	152,2	150,1	152,2	158	160,3	162	162,7	163,4	164,1	167,1	173,3
Відстані $l_i, м$	0	80	40	40	30	30	60	60	80	100	110	130	150	150	140	100
Варіант № 7																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	162	155,8	149,1	147,1	143,7	140,5	138,7	141,3	146,3	149,1	150,6	151,1	151,6	152,5	155	162
Відстані $l_i, м$	0	70	40	60	50	40	50	60	60	90	120	130	140	150	140	100
Варіант № 8																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	151	143,2	137,9	134,5	129,4	127,6	128,6	133,1	137,9	139,5	140,1	140,4	140,8	141,4	144,4	151
Відстані $l_i, м$	0	40	60	70	50	70	70	90	70	140	110	90	120	120	120	80
Варіант № 9																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	139,5	133,9	126,7	122,5	118,2	116,7	121	124,5	126,7	127,5	128,3	129,1	129,7	130,5	132,5	139,5
Відстані $l_i, м$	0	70	50	60	100	90	50	40	50	150	110	90	130	130	110	70
Варіант № 10																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	128,5	121,3	115,5	113,2	108,1	105,2	107	111,2	115,5	115,7	116	116,4	117,1	118,5	122,9	128,5
Відстані $l_i, м$	0	50	70	60	100	90	80	50	30	140	110	90	130	130	100	70
Варіант № 11																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	117,1	115,6	111	104,3	97,7	93,3	95	100,1	104,3	105,9	106,5	106,8	107,3	108,6	111	117,1
Відстані $l_i, м$	0	50	70	60	60	90	60	40	80	150	110	90	130	130	100	80
Варіант № 12																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	106,4	103,4	97,1	93,1	87,6	84,4	83,4	88,6	93,1	93,4	93,8	94,2	94,6	96,1	99,6	106,4
Відстані $l_i, м$	0	30	40	50	100	90	90	50	60	120	110	90	130	130	120	90

Варіант № 13																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	96,9	89,4	88,5	78,7	74,5	69,2	72,8	74,8	81,9	85,2	86,5	88,2	91,9	92,3	92,9	96,9
Відстані $l_i, м$	0	50	70	60	100	20	30	10	70	150	110	90	130	130	140	40
Варіант № 14																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	105,9	98,7	93,1	87,1	83,9	82,7	84,3	87,9	93,1	93,8	94,4	95,1	95,7	97,4	100,9	105,9
Відстані $l_i, м$	0	50	50	60	50	50	50	50	70	140	130	140	130	130	100	100
Варіант № 15																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	117,4	115,1	110,3	104,3	97,8	93,5	92,6	95,4	101,3	104,3	106,4	107,4	108,4	109,8	112,4	117,4
Відстані $l_i, м$	0	50	50	40	40	40	60	70	80	80	120	150	160	150	110	100
Варіант № 16																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	129,2	120,8	115,5	113,7	110,2	106,5	105,5	107,6	112,7	115,5	116,6	117,2	117,8	119,3	122,6	129,2
Відстані $l_i, м$	0	60	60	60	60	50	50	50	70	80	100	120	140	160	140	100
Варіант № 17																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	139,6	132,8	126,7	123	119,5	117,5	116,5	121,3	124,7	126,7	127,6	128,2	128,8	130,3	133,6	139,6
Відстані $l_i, м$	0	80	40	30	50	70	70	50	60	80	120	140	160	180	100	70
Варіант № 18																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	151,5	143,9	137,9	134,5	129,9	128,1	129,9	134,7	137,9	138,3	138,7	139,3	140,1	141,3	144,7	151,5
Відстані $l_i, м$	0	50	80	80	60	70	70	50	70	90	110	130	130	130	100	80
Варіант № XY																
Відмітки землі по осі дороги ∇H_{3i}	96,9	89,4	88,5	78,7	74,5	69,2	72,8	74,8	81,9	85,2	86,5	88,2	91,9	92,3	92,9	96,9
Відстані $l_i, м$	0	50	70	60	100	20	30	10	70	150	110	90	130	130	140	40

ПРИМІТКА. Варіант слід приймати за сумою двох останніх цифр шифру залікової книжки. Наприклад, 576; 7+6=13 – варіант № 13.

Таблиця А.3

Вихідні дані інженерно-геологічних вишукувань

№ варіанта	№ ПГЕ	Товщина ПГЕ, м	Геологічний індекс ґрунту	Гранулометричний склад – уміст частинок ґрунту у % крупністю, мм													Фізико-механічні характеристики ґрунту				
				>200	200...50	50...10	10...5	5...2	2...1	1...0,5	0,5...0,25	0,25...0,1	0,1...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	<0,005	ρ , г/см ³	W_L , %	W_p , %	ϕ_n , град	c_n , Кпа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0	ПГЕ-1	6,7	Qe	6,0	6,9	9,6	22,5	32,7	20,4	1,0	0,9	---	---	---	---	---	1,98	---	---	33,0	0,0
	ПГЕ-2	7,4	Qd	---	---	---	---	---	---	---	2,0	13,0	25,0	25,0	25,0	10,0	1,93	28,1	21,6	5,0	1,0
	ПГЕ-3	6,3	Qa	---	---	---	---	---	---	---	5,2	13,3	13,2	22,3	25,0	21,0	1,98	48,9	26,0	23,4	30,1
1	ПГЕ-1	6,3	Qa	1,5	2,5	24,0	27,9	39,0	3,8	1,0	0,3	---	---	---	---	---	2,00	---	---	43,0	0
	ПГЕ-2	8,0	Qe	---	---	---	---	---	1,0	5,0	10,0	19,0	11,0	29,0	17,0	8,0	2,03	23,7	17,8	14,0	4,0
	ПГЕ-3	7,4	Qd	---	---	---	---	---	---	---	4,7	13,9	24,5	23,9	17,3	15,7	2,13	35,1	21,2	25,0	21,1
2	ПГЕ-1	5,0	Qa	1,4	4,0	11,8	13,0	45,4	18,0	6,0	0,4	---	---	---	---	---	1,94	---	---	31,0	0,0
	ПГЕ-2	8,2	Qe	---	---	---	---	---	1,5	2,5	10,1	14,3	16,0	17,0	19,7	18,9	1,97	27,9	13,6	17,2	11,0
	ПГЕ-3	8,4	Qa	4,8	12,2	19,1	17,4	25,5	15,0	6,0	---	---	---	---	---	---	1,95	---	---	28,0	0,0
3	ПГЕ-1	6,3	Qa	7,0	22,2	38,5	29,1	3,2	---	---	---	---	---	---	---	---	1,95	---	---	29,4	0,0
	ПГЕ-2	7,2	Qe	---	---	---	---	---	---	---	1,0	8,0	5,2	20,3	34,5	31,0	2,06	35,7	18,3	11,0	22,0
	ПГЕ-3	9,5	Qa	---	---	---	---	---	---	---	13,6	13,9	22,5	25,6	19,4	5,0	2,01	30,1	23,2	17,8	15,9
4	ПГЕ-1	6,0	Qd	---	---	---	---	---	---	4,2	5,3	13,2	11,6	27,6	21,4	16,7	2,02	29,5	20,8	12,0	16,0
	ПГЕ-2	7,5	Qa	1,0	9,0	10,0	20,0	19,0	19,6	12,7	6,2	2,0	0,5	---	---	---	1,98	---	---	39,0	0,0
	ПГЕ-3	10,2	Qa	---	---	---	---	---	---	---	4,6	12,9	21,5	27,6	29,5	3,9	1,97	39,4	27,2	22,2	19,8
5	ПГЕ-1	6,0	Qe	2,9	12,1	12,5	12,5	15,0	18,0	10,4	10,2	6,4	---	---	---	---	2,01	---	---	42,0	0,0
	ПГЕ-2	8,0	Qd	---	---	---	---	1,0	2,0	2,0	7,0	10,0	27,0	21,0	21,0	9,0	1,89	32,0	26,0	5,0	5,0
	ПГЕ-3	11,2	Qa	4,6	12,8	21,6	22,6	23,4	15,0	---	---	---	---	---	---	---	1,92	---	---	38,1	0,0



продовження табл. А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
6	ПЕ-1	7,0	Qa	---	---	---	---	---	1,2	1,3	2,0	8,0	12,0	24,7	32,3	18,5	1,95	36,5	23,1	11,0	7,0
	ПЕ-2	6,7	Qe	4,0	12,2	12,5	14,7	18,5	24,7	8,2	4,7	0,5	---	---	---	---	---	---	---	36,5	0,0
	ПЕ-3	9,3	Qa	---	---	---	---	---	---	---	5,6	21,9	27,4	27,8	1,6	15,7	1,95	49,2	31,1	23,4	24,7
7	ПЕ-1	7,7	Qd	---	3,0	9,1	18,9	30,7	20,4	15,7	2,0	0,2	---	---	---	---	---	---	---	39,0	0,0
	ПЕ-2	5,7	Qe	---	---	---	---	---	---	---	1,6	12,7	24,3	21,7	24,0	15,7	2,15	26,4	19,0	18,0	6,0
	ПЕ-3	8,4	Qa	5,9	13,9	23,8	23,9	24,5	8,0	---	---	---	---	---	---	---	1,94	---	---	42,9	0,0
8	ПЕ-1	4,4	Qa	2,4	7,0	20,1	20,8	7,0	25,9	12,1	3,0	1,7	---	---	---	---	1,97	---	---	43,0	0,0
	ПЕ-2	9,3	Qd	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3,2	21,0	34,8	41,0	2,11	53,8	24,7	14,0	18,0
	ПЕ-3	10,2	Qa	4,8	13,9	26,8	22,6	23,4	8,5	---	---	---	---	---	---	---	2,02	---	---	37,8	0,0
9	ПЕ-1	6,7	Qe	---	---	---	---	---	---	---	3,5	10,7	20,3	21,2	28,4	15,9	2,09	32,6	18,4	13,0	14,0
	ПЕ-2	8,0	Qa	0,8	2,7	10,4	27,0	30,5	9,1	6,7	6,3	5,4	1,1	---	---	---	1,95	---	---	43,0	0,0
	ПЕ-3	9,1	Qa	6,0	12,3	14,9	18,9	23,9	14,7	4,1	4,7	0,5	---	---	---	---	1,97	---	---	28,1	0,0
XY	ПЕ-1	6,3	Qa	7,0	22,2	38,5	29,1	3,2	---	---	---	---	---	---	---	---	1,95	---	---	29,4	0,0
	ПЕ-2	7,2	Qe	---	---	---	---	---	---	---	1,0	8,0	5,2	20,3	34,5	31,0	2,06	35,7	18,3	11,0	22,0
	ПЕ-3	9,5	Qa	---	---	---	---	---	---	---	13,6	13,9	22,5	25,6	19,4	5,0	2,01	30,1	23,2	17,8	15,9

ПРИМІТКА. Варіант слід приймати за останньою цифрою шифру залікової книжки. Наприклад, 576 – варіант № 6.



Вихідні дані до побудови кривої швидкості течії у руслі $v=f(H)$

№ варіанта	Швид- кість течії v , <i>м/с</i>	Висота рівня води H відносно відмітки $\nabla H_{н.з.}$, <i>см</i>	№ варіанта	Швид- кість течії v , <i>м/с</i>	Висота рівня води H відносно відмітки $\nabla H_{н.з.}$, <i>см</i>	№ варіанта	Швид- кість течії v , <i>м/с</i>	Висота рівня води H відносно відміт- ки $\nabla H_{н.з.}$, <i>см</i>
0	1,11	763	7	1,20	722	14	1,20	690
	1,19	840		1,21	781		1,27	749
	1,27	911		1,29	852		1,35	820
	1,33	971		1,35	912		1,41	880
1	1,17	808	8	1,09	691	15	1,19	752
	1,23	867		1,14	750		1,25	811
	1,31	938		1,22	821		1,34	882
	1,37	998		1,28	881		1,40	942
2	1,15	686	9	1,23	734	16	1,26	714
	1,21	745		1,29	793		1,33	773
	1,29	816		1,38	864		1,41	844
	1,35	876		1,44	924		1,48	904
3	1,13	681	10	1,26	705	17	1,20	742
	1,19	740		1,33	764		1,21	801
	1,27	811		1,41	835		1,29	872
	1,33	871		1,48	895		1,35	932
4	1,20	748	11	1,17	714	18	1,09	716
	1,27	807		1,23	773		1,14	775
	1,35	878		1,31	844		1,22	846
	1,41	938		1,37	904		1,28	906
5	1,19	722	12	1,15	746	XY	1,13	681
	1,25	781		1,21	805		1,19	740
	1,34	852		1,29	876		1,27	811
	1,40	912		1,35	936		1,33	871
6	1,26	711	13	1,13	727			
	1,33	770		1,19	786			
	1,41	841		1,27	857			
	1,48	901		1,33	917			

ПРИМІТКА. Варіант слід приймати за сумою третьої з кінця та останньої цифр шифру залікової книжки. Наприклад, 576; 5+6=11 – варіант № 11.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

ДОДАТОК Б



НОРМАТИВНО-ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ

Національний університет
водного господарства
та природокористування



Таблиця Б.1

Розрахункова ймовірність перевищення максимальних річних рівнів повеневої води (ДБН В.2.3-14:2006 [2, табл. 1.6 на с. 11])

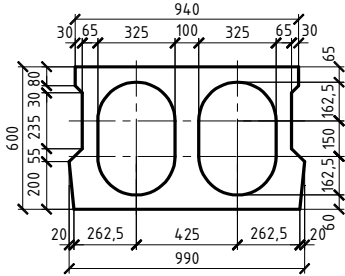
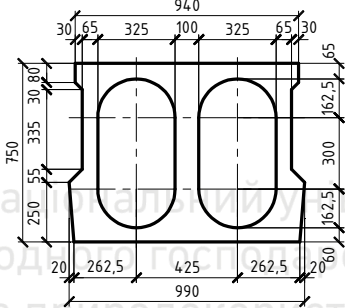
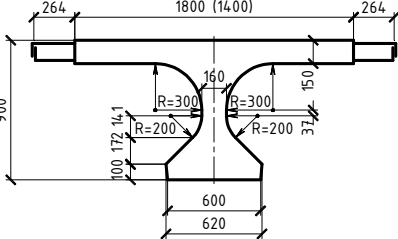
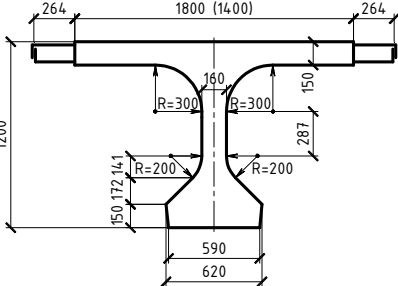
Вид споруди	Категорія автомобільної дороги	Розрахункова ймовірність перевищення максимальних річних рівнів повеневої води, %
Великі та середні мости	I-III, магістральні вулиці та дороги в містах і селищних населених пунктах	1
Великі та середні мости	IV-V	2
Малі мости та труби	I, магістральні вулиці та дороги	1
Малі мости та труби	інші вулиці та дороги	2

Таблиця Б.2

Уніфіковані збірні блоки (плити й балки) плитних і ребристих прогонових будов із попередньо напруженого залізобетону для балкових автодорожніх і міських мостів та шляхопроводів

Повна довжина L_n , м	Розрахунковий прогін $L_{розр}$, м	Поперечний переріз	$H/L_{розр}$ (H – висота, м)
1	2	3	4
Блоки плитних прогонових будов – пустотні плити за типовим проектом (ТП) серії 3.503-12 вип. 16 (інв. № 384/43)			
6,0	5,6		1/18,7
9,0	8,6		1/19,1



1	2	3	4
12,0 15,0	11,6 14,4		1/19,3 1/19,2
18,0	17,4		1/23,2
Блоки ребристых прогоновых будов – балки двотаврового перерізу за типовим проектом (ТП) серії 3.503-12 вип. 19 (інв. № 384/46)			
12,0 15,0	11,4 14,4		1/12,7 1/16
18,0 21,0 24,0	17,4 20,4 23,4		1/14,5 1/17 1/19,5



1	2	3	4
33,0	32,2		1/21,5 (при $H \leq 1,5 \text{ м}$) 1/18,9 (при $H \leq 1,7 \text{ м}$)

Таблиця Б.3

Різновиди великоуламкових ґрунтів і пісків за гранулометричним складом (ДСТУ Б В.2.1-2-96 [12, табл. Б.10 на с. 30])

Різновиди ґрунтів	Уміст уламків і мінеральних частинок	
	крупність d , мм	загальна маса сухого ґрунту, %
<i>Великоуламкові ґрунти</i>		
Валунний (якщо переважають неокатані частинки – глибистий)	>200	>50
Галечниковий (якщо переважають неокатані частинки – щєбенистий)	>10	>50
Гравійний (якщо переважають неокатані частинки – жорствяний)	>2	>50
<i>Піски</i>		
Гравіюватий	>2	>25
Крупний	>0,50	>50
Середньої крупності	>0,25	>50
Дрібний	>0,10	≥ 75
Пилуватий	>0,10	<75
<p>Примітка 1. Установлення назви ґрунту здійснюють послідовним підсумовуванням умісту частинок: спочатку – крупніших за 200 мм, потім – крупніших за 10 мм, далі крупніших за 2 мм і т. д. Назву встановлюють за першою задовільною ознакою.</p> <p>Примітка 2. За наявності у великоуламкових ґрунтах піщаного (більше 40%) або глинистого (більше 30%) заповнювачів у назві ґрунту необхідно вказувати й вид заповнювачів.</p>		



Таблиця Б.4

Різновиди глинистих ґрунтів за числом пластичності
(ДСТУ Б В.2.1-2-96 [12, табл. Б.11 на с. 31])

Різновиди глинистих ґрунтів	Число пластичності $I_p, \%$
Супісок	$1 \leq I_p \leq 7$
Суглинок	$7 < I_p \leq 17$
Глина	$I_p > 17$

Таблиця Б.5

Донні нерозмивальні швидкості потоку для незв'язних ґрунтів (див. [16, табл. 8.4 на с. 252], [18, табл. 4.2 на с. 91], [24, дод. 1 на с. 37], [29, табл. 15.3 на с. 218], [30, табл. 16.5 на с. 742])

Назва ґрунту	Середній діаметр частинок ґрунту $d, \text{мм}$	Донна нерозмивальна швидкість потоку $v_{н.о.}, \text{м/с}$	$v_{н.о.}/d^{1/6}$
Пісок:			
дрібний	0,05...0,25	0,20	0,55...0,60
середньої крупності	0,25...1,00	0,20	0,60...0,65
крупний	1,00...2,50	0,20...0,25	0,65...0,70
Гравій:			
дрібний	2,50...5,00	0,25...0,35	0,70...0,85
середньої крупності	5,00...10,0	0,35...0,50	0,85...1,10
крупний	10,0...15,0	0,50...0,60	1,10...1,25
Галька:			
дрібна	15,0...25,0	0,60...0,80	1,25...1,50
середньої крупності	25,0...40,0	0,80...1,00	1,50...1,70
крупна	40,0...75,0	1,00...1,35	1,70...2,10
Булижник:			
дрібний	75,0...100	1,35...1,60	2,10...2,30
середньої крупності	100...150	1,60...1,95	2,30...2,60
крупний	150...200	1,95...2,25	2,60...2,95
Валуни:			
дрібні	200...300	2,25...2,75	2,95...3,35
середньої крупності	300...400	2,75...3,15	3,35...3,70
крупні	>400	>3,15	>3,70



Донні та середні нерозмивальні швидкості водного потоку для зв'язних ґрунтів (див. [18, табл. 4.4 на с. 100], [24, дод. 2 на с. 38], [29, табл. 15.5 на с. 220])

Назва ґрунту	Донна нерозмивальна швидкість потоку $v_{н.д.}$, м/с	Середні нерозмивальні швидкості потоку $v_{нер.}$, м/с, при глибині в руслі, м			
		0,2...0,5	1	2	3 і більше
Супісок:					
малощільний	0,20	0,20	0,25	0,30	0,35
середньої щільності ...	0,30	0,30	0,40	0,45	0,50
щільний	0,40	0,40	0,50	0,55	0,60
дуже щільний	0,50	0,50	0,60	0,70	0,80
Глина й суглинок:					
малощільні	0,35	0,35	0,40	0,45	0,50
середньої щільності ...	0,70	0,70	0,85	0,95	1,10
щільні	1,00	1,00	1,20	1,40	1,50
дуже щільні	1,40	1,55	1,40	1,90	2,10
Лесовий ґрунт:					
малощільний	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
середньої щільності ...	0,60	0,60	0,70	0,80	0,85
щільний	0,80	0,80	1,00	1,20	1,30
дуже щільний	1,10	1,10	1,30	1,50	1,70

Таблиця Б.7

Форми опор моста у плані й значення коефіцієнта $k_{ф.оп}$ (див. [14, табл. 20.1 на с. 58], [16, рис. 10.1 на с. 294], [18, табл. 4.5 на с. 107], [25, додаток 1 на с. 271], [29, рис. 16.9 на с. 252], [30, рис. 16.16 на с. 755])

	$k_{ф.оп}=0,85$		$k_{ф.оп}=0,85$
	$k_{ф.оп}=1,05$		$k_{ф.оп}=1,05$
	$k_{ф.оп}=1,00$		$k_{ф.оп}=1,00$

Таблиця Б.8

Коефіцієнт стиснення водного потоку β і відношення s довжини верхньої частини струмененапрямної дамби l_6 до розміру отвору моста L (див. [14, с. 99], [16, с. 340], [17, с. 147], [18, табл. 6.2 на с. 160], [24, табл. 6.1 на с. 26], [29, с. 257])

$\beta=Q/Q_{м.н}$	1,0...1,2	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5
$s=l_6/L$	0	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75



Клас водного шляху за судноплаством і тривалість навігації для основних річок України (див. [27, табл. 4.1 на с. 94])

Назва області	Назва річки	Клас водного шляху	Тривалість навігації, доби
Вінницька	Південний Буг	6	290
Волинська	Прип'ять	7	280
Дніпропетровська	Дніпро	2	295
Донецька	Сіверський Донець	7	295
Житомирська	Тетерів	7	280
Закарпатська	Тиса	7	295
Запорізька	Дніпро	2	285
Івано-Франківська	Дністер	6	280
Київська	Рось	7	270
Кіровоградська	Синюха	7	290
Львівська	Дністер	7	265
Луганська	Сіверський Донець	7	275
Миколаївська	Південний Буг	3	290
Одеська	Дністер	6	295
Полтавська	Ворскла	7	285
Рівненська	Горинь	7	280
Сумська	Псьол	7	275
Тернопільська	Дністер	7	270
Харківська	Сіверський Донець	7	275
Херсонська	Інгулець	7	290
Хмельницька	Дністер	7	290
Черкаська	Рось	7	285
Чернівецька	Дністер	7	295
Чернігівська	Десна	6	260

Таблиця Б.10

Підмостові габарити судноплавних прогонів мостів залежно від класу водного шляху (ділянки річки) за судноплаством (див. [13, табл. 2 на с. 4], [14, табл. 21.1 на с. 81], [24, табл. 7.2 на с. 29], [25, табл. 8.12 на с. 117])

Клас водного шляху (ділянки річки)	1	2	3	4	5	6	7
Висота підмостового габариту G (м) не менше	17	15	13,5	12	10,5	9,5	7
Ширина підмостового габариту (по лінії PCP) B (м) не менше для прогону:							
– нерозвідного;	140	140	120	120	100/60	60/40	40/30
– розвідного	60	60	50	40	30	---	---

Примітка 1. Наведені у таблиці значення є габаритами суднового ходу під судноплавними прогонами.

Примітка 2. У знаменнику наведено ширину для другого та наступних судноплавних прогонів.



Таблиця Б.11

Параметри p_d і K залежно від класу водного шляху (ділянки нешлюзованої річки) за судноплаванням (див. [13, пп. Б.1.2 і Б.1.5], [14, табл. 21.2 на с. 82], [22, табл. X-2 на с. 288], [24, табл. 7.1 на с. 27], [30, табл. I-20 на с. 41])

Клас водного шляху (ділянки нешлюзованої річки)	1	2	3	4	5	6	7
$p_d, \%$	2	3	4	5	5	4	4
$K, \%$	5	6	6	5	3	2	2

Таблиця Б.12

Значення коефіцієнта шорсткості укосу насипу $k_{ш}$ залежно від типу укріплення укосу (див. [14, с. 77], [16, с. 321], [18, с. 134], [24, табл. 8.1 на с. 30], [27, табл. 4.8 на с. 113], [30, с. 772-773])

Тип укріплення укосу	$k_{ш}$
Суцільне непроникне гладке покриття (монолітний бетон, асфальтобетон)	1,00
Збірні бетонні плити	0,90
Кам'яна кладка (замощення) і дерен	0,75...0,80
Накид із буличного каменю	0,60...0,65
Те ж саме, із рваного каменю	0,55
Те ж саме, із тетраподів (фігурних бетонних блоків)	0,50

Таблиця Б.13

Призначення типу укріплення укосу насипу залежно від швидкості течії й висоти хвилі (див. [16, с. 324-331], [18, табл. 5.3 на с. 143], [24, табл. 8.2 на с. 30])

Тип укріплення укосу	Допустима швидкість течії, м/с	Допустима висота хвилі, м
Дерен «плиском»	$\leq 1,5$	0,25
Одиночне кам'яне замощення	$\leq 3,0$	0,5
Подвійне кам'яне замощення	$\leq 5,0$	0,7
Бетонні плити	$> 5,0$	Залежно від розмірів плит

Таблиця Б.14

Розрахункові швидкості руху транспортних засобів для проектування геометричних елементів автомобільної дороги (ДБН В.2.3-4:2015 [1, табл. 4.2 на с. 7])

Категорія дороги	Розрахункова швидкість руху, км/год		
	основна на рівнинній місцевості	горбистій	гірській
I-a	130	100	80
I-b	110	90	70
II	90	70	60
III	90	60	50
IV	90	50	30
V	90	40	30



Таблиця Б.15

Параметри елементів плану й поздовжнього профілю автомобільної дороги, що залежать від проектних та розрахункових швидкостей руху транспортних засобів (ДБН В.2.3-4:2015 [1, табл. 5.5 на с. 19-20])

Найменування елементів	Параметри залежно від розрахункових швидкостей, км/год										
	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30
Найбільший поздовжній ухил, %	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100
Найменший радіус кривої у плані, м	1000	800	700	600	450	300	225	150	100	65	30
Найменший радіус кривої у профілі, м:											
– опуклої;	15000	12000	11000	10000	9000	8500	5500	3500	2000	1000	500
– увігнутої	4400	3700	3200	2600	2100	1700	1300	1000	700	500	300
Найменша відстань видимості, м:											
– для зупинки автомобіля;	335	290	250	210	175	145	115	90	70	50	35
– зустрічного автомобіля	---	---	---	---	320	270	220	180	150	120	---

Таблиця Б.16

Параметри поперечного профілю автомобільної дороги (ДБН В.2.3-4:2015 [1, табл. 5.1 на с. 15])

Показник	Одиниця вимірювання	Категорії доріг					
		I-a	I-б	II	III	IV	V
Кількість смуг руху	<i>шт.</i>	4;6;8	4;6	2	2	2	1
Ширина смуги руху	<i>м</i>	3,75	3,75	3,75	3,50	3,00	4,50
Ширина узбіччя, у тому числі:		3,75	3,75	3,75	2,50	2,00	1,75
– ширина зупиночної смуги							
разом з укріпленою смугою;	<i>м</i>	2,50	2,50	2,50	---	---	---
– ширина укріпленої смуги	<i>м</i>	0,75	0,50	0,50	0,50	0,50	---
Ширина розділювальної смуги	<i>м</i>	6,00	3,00	---	---	---	---
Ширина укріпленої смуги на розділювальній смузі	<i>м</i>	0,75	0,50	---	---	---	---

Примітка 1. При реконструкції існуючих автомобільних доріг I категорії ширину існуючої розділювальної смуги можна не змінювати.

Примітка 2. На дорогах V категорії з автобусним рухом ширину укріплених узбічч необхідно призначати по 0,75 м.

Примітка 3. При влаштуванні на розділювальній смузі дорожнього огороження першої групи ширину розділювальної смуги можна приймати такою, що дорівнює ширині огороження плюс ширина укріпленої смуги на розділювальній смузі з кожного боку огороження.

Примітка 4. У населених пунктах, в яких діє обмеження швидкості до 60 км/год, дозволяється звужувати ширину смуги руху до 3,25 м із відповідно встановленими дорожніми знаками згідно з національними стандартами.



Таблиця Б.17

Координати для побудови осі криволінійних струмененапрямних дамб
(див. [14, табл. 21.3 на с. 98], [17, табл. 31.2 на с. 147], [18, табл. 6.17 на с.
159], [24, табл. 11.1 на с. 35], [29, табл. 16.7 на с. 258])

№ точок	S/R	x/R	y/R	№ точок	S/R	x/R	y/R
Верхова частина дамби				12	2,2	0,805	0,087
1	0,0	2,321	1,435	13	2,4	0,610	0,050
2	0,2	2,300	1,237	14	2,6	0,410	0,023
3	0,4	2,243	1,036	15	2,8	0,210	0,006
4	0,6	2,151	0,870	16	3,0	0	0
5	0,8	2,027	0,710	Низова частина дамби			
6	1,0	1,886	0,570	17	3,2	-0,192	0,005
7	1,2	1,732	0,453	18	3,4	-0,393	0,020
8	1,4	1,556	0,348	19	3,6	-0,592	0,041
9	1,6	1,375	0,254	20	3,8	-0,791	0,062
10	1,8	1,186	0,193	21	4,0	-0,990	0,082
11	2,0	1,000	0,134	22	4,2	-1,189	0,103

Примітка 1. Точка з координатами $x=0$ і $y=0$ відповідає місцю примикання струмененапрямної дамби до осі моста.

Примітка 2. S – довжина струмененапрямної дамби від її голови до розглядуваної точки.

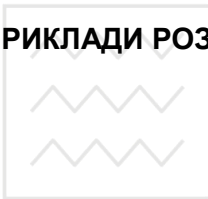




Національний університет
водного господарства
та природокористування

ДОДАТОК В

ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ



Національний університет
водного господарства
та природокористування



ПРИКЛАД В.1

Вихідні дані:

За вихідними даними про перевищення максимальних річних рівнів повеневої води H (см) у створі річкової долини над умовним нулем графіка водомірного поста $\nabla H_{н.з.}$ за період гідрометричних спостережень 1960-1972 рр. ($n=13$ років; див. табл. В.1) визначити $PPBV$ графоаналітичним способом із використанням клітковини ймовірностей. Розрахункову ймовірність перевищення призначити $p=1\%$ за ДБН В.2.3-14:2006 [2] як для автомобільної дороги II-ої категорії (див. табл. В.1 і табл. Б.1).

Таблиця В.1

Перевищення максимальних річних рівнів повеневої води H (см) над умовним нулем графіка водомірного поста $\nabla H_{н.з.}$ за період гідрометричних спостережень 1960-1972 рр. (13 років)

1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	$\nabla H_{н.з.}, M$	Категорія дороги
760	990	710	1000	940	880	810	610	930	760	930	960	960	90	II

Розв'язання задачі:

Попередньо будемо хронологічну (рис. В.1) та ранжирувану в убуюаючому порядку (рис. В.2) діаграми перевищень максимальних річних рівнів повеневої води.

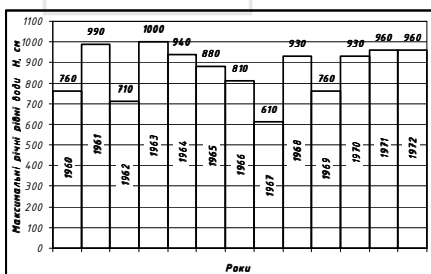


Рис. В.1. Хронологічна діаграма перевищень максимальних річних рівнів води H (см) над нулем графіка водомірного поста

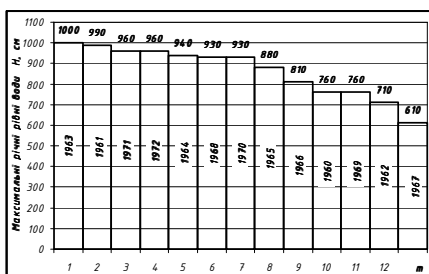


Рис. В.2. Ранжирувана в убуюаючому порядку діаграма перевищень максимальних річних рівнів води H (см) над нулем графіка водомірного поста

Визначаємо емпіричну ймовірність перевищення кожного з максимальних річних рівнів води у ранжируваному ряді за формулою М.М.Чегодаєва (1.1)

$$p_e = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} 100\%$$

і складаємо табл. В.2.



та Розрахунок емпіричних імовірностей перевищення максимальних річних рівнів повеневої води у ранжируваному ряді

n	m	Рік	$H, \text{ см}$	$p_{\text{ем}}, \%$
13	1	1963	1000	5,22
	2	1961	990	12,69
	3	1971	960	20,15
	4	1972	960	27,61
	5	1964	940	35,07
	6	1968	930	42,54
	7	1970	930	50,00
	8	1965	880	57,46
	9	1966	810	64,93
	10	1960	760	72,39
	11	1969	760	79,85
	12	1962	710	87,31
	13	1967	610	94,78

Результати обчислень у вигляді точок із координатами $(p_e; H)$ наносимо на клітковину емпіричних імовірностей і будуємо за ними плавну криву розрахункової (теоретичної) імовірності перевищення (рис. В.3). Для заданої ймовірності перевищення $p=1\%$ (як для автодороги II-ої категорії; див. табл. Б.1) визначаємо розрахункове перевищення максимальних річних рівнів повеневої води $H_{p\%}$ (см) над відміткою $\nabla H_{н.з.}$ як це показано на рис. В.3.

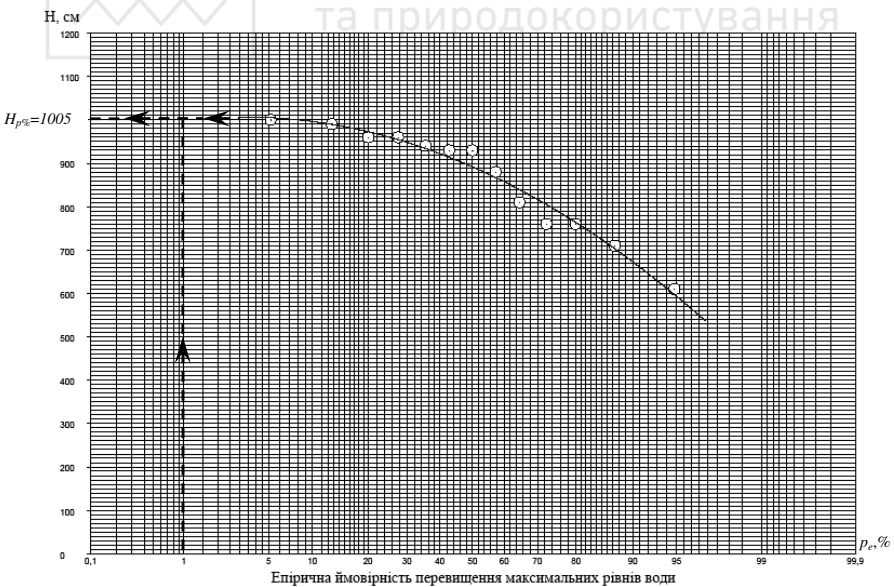


Рис. В.3. Клітковина емпіричних імовірностей перевищення максимальних річних рівнів повеневої води



Абсолютну відмітку розрахункового рівня високої води (*PPBV*) визначаємо, додавши до знайденого розрахункового перевищення максимальних річних рівнів води $H_{p\%}$ (м) (див. рис. В.3) задану абсолютну відмітку умовного нуля графіка водомірного поста $\nabla H_{н.з.}$ у місці мостового переходу (див. табл. В.1) за формулою (1.5):

$$PPBV = \frac{H_{p\%}}{100} + \nabla H_{н.з.} = \frac{1005}{100} + 90 = 100,05 \text{ м.}$$

ПРИКЛАД В.2

Вихідні дані:

Знайти витрати води в русловій $Q_{p,n}$ і заплавних (лівій $Q_{л.з}$ і правій $Q_{н.з}$) частинах перерізу річки під час повені, якщо відомо:

- розрахункове перевищення над відміткою $\nabla H_{н.з.}$ максимальних річних рівнів повеневої води $H_{p\%}=1000 \text{ см}$;
- витратні характеристики $K_{p,n}=1220$, $K_{л.з}=592$, $K_{н.з}=557$;
- площа поперечного перерізу потоку води руслової частини $\omega_{p,n}=222 \text{ м}^2$.

Графік кривої швидкості течії у руслі $v=f(H)$ представлений на рис. В.4.



Національний університет
водного господарства та природокористування

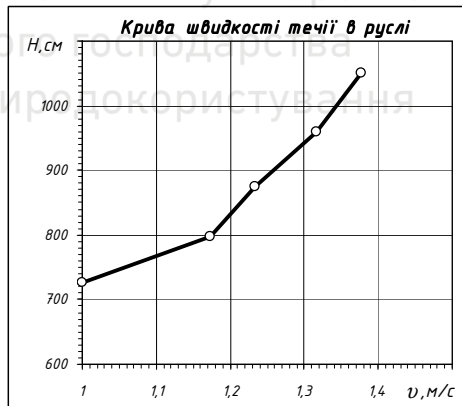


Рис. В.4. Крива швидкості течії у руслі $v=f(H)$ (вихідні дані)

Розв'язання задачі:

З графіка кривої швидкості течії у руслі $v=f(H)$ на рис. В.4 графічно (так, як це показано на рис. В.5) знаходимо середню швидкість течії у головному руслі $v_{p,n}$, що відповідає розрахунковому перевищенню максимальних річних рівнів повеневої води $H_{p\%}=1000 \text{ см}$ над відміткою $\nabla H_{н.з.}$. У результаті маємо $v_{p,n}=1,345 \text{ м/с}$.

За формулою (2.12) обчислюємо параметр τ

$$\tau = K_{p,n} / (K_{л.з} + K_{p,n} + K_{н.з}) = 1220 / (592 + 1220 + 557) = 0,515.$$

Далі визначаємо побутову витрату води в руслі $Q_{p,n}$ і повні витрати Q від-



повідно з виразів (2.19) і (2.20):

$$Q_{p.n} = v_{p.n} \omega_{p.n} = 1,345 \cdot 222 = 298,59 \text{ м}^3/\text{с}$$

і

$$Q = Q_{p.n} / \tau = 298,59 / 0,515 = 579,79 \text{ м}^3/\text{с}.$$

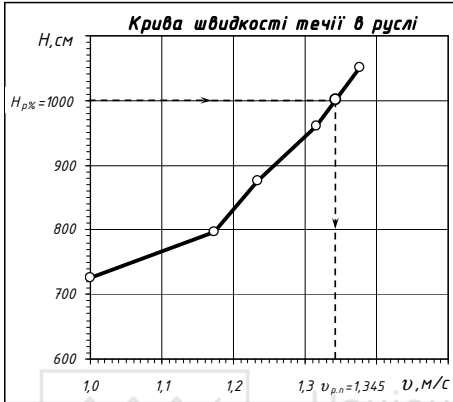


Рис. В.5. Схема до графічного визначення середньої швидкості течії в головному руслі $v_{p.n}$, що відповідає розрахунковому перевищенню максимальних річних рівнів повеневої води $H_{p\%}$ над відміткою $\nabla H_{н.г.}$

Нарешті, розраховуємо заплавні витрати $Q_{л.з}$ і $Q_{н.з}$ за формулами відповідно (2.14) і (2.15):

$$Q_{л.з} = \frac{Q - Q_{p.n}}{K_{л.з} + K_{п.з}} K_{л.з} = \frac{579,79 - 298,59}{592 + 557} \cdot 592 = 144,88 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{п.з} = \frac{Q - Q_{p.n}}{K_{л.з} + K_{п.з}} K_{п.з} = \frac{579,79 - 298,59}{592 + 557} \cdot 557 = 136,32 \text{ м}^3/\text{с}.$$

ПРИКЛАД В.3

Вихідні дані:

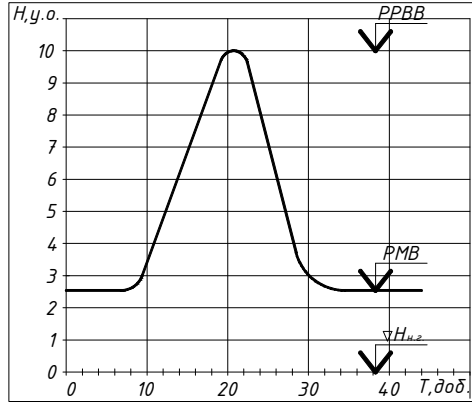
Обчислити повноту розрахункової повені за такими даними (рис. В.6):

– розрахункове перевищення над відміткою $\nabla H_{н.г.}$ середнього рівня рельєфу заплави $H_{з(сєр)}\% = 4,5$ у. о.;

– розрахункове перевищення над відміткою $\nabla H_{н.г.}$ максимальних річних рівнів повеневої води $H_{p\%} = 10$ у. о.



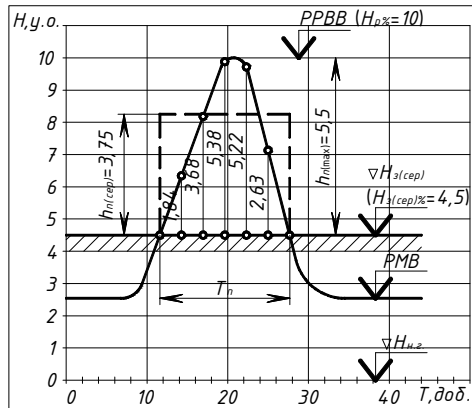
Рис. В.6. Водомірний графік розрахункової повені $H=f(T)$ (вихідні дані)



Розв'язання задачі:

Відкладаємо на криволінійному водомірному графіку розрахункової повені $H=f(T)$ перевищення середнього рівня рельєфу заплави $H_{з(сеп)}=4,5$ у. о. над відміткою $\nabla H_{н.з.}$ (рис. В.7). Розбиваємо відрізок тривалості розрахункової повені T_n (коли рівень води в річці перевищує абсолютну відмітку заплави $\nabla H_{з(сеп)}$) на 6 однакових ділянок (кількість таких ділянок має бути не менше 6). Отримані точки проектуємо на графік $H=f(T)$ і фіксуємо числові значення отриманих ординат часткових визначень висоти $h_{n,i}$ розрахункової повені над середнім рівнем рельєфу заплави.

Рис. В.7. Схема до графічного визначення повноти розрахункової повені: $PPBB$ і PMB – абсолютні відмітки розрахункового рівня високої води під час розрахункової повені та рівня меженої води в період середньої межені; $\nabla H_{з(сеп)}$ – абсолютна відмітка середнього рівня рельєфу заплави



Визначаємо середню висоту $h_{n(сеп)}$ розрахункової повені над абсолютною відміткою середнього рівня рельєфу заплави $\nabla H_{з(сеп)}$ за формулою (3.7):

$$h_{n(сеп)} = \sum_{i=1}^n h_{n,i} / n = (1,84 + 3,68 + 5,38 + 5,22 + 2,63) / 5 = 18,75 / 5 = 3,75 \text{ у. о.}$$

Знаходимо максимальну висоту $h_{n(max)}$ розрахункової повені над абсолют-



ною відміткою середнього рівня рельєфу заплави $\nabla H_{з(сеп)}$ із виразу (3.5):

$$h_{n(\max)} = H_{р\%} - H_{з(сеп)\%} = PPBB - \nabla H_{з(сеп)} = 10,0 - 4,5 = 5,5 \text{ у. о.}$$

Обчислюємо повноту розрахункової повені за формулою (3.6):

$$П = h_{n(сеп)} / h_{n(\max)} = 3,75 / 5,5 = 0,68.$$

ПРИКЛАД В.4

Вихідні дані:

Визначити можливість обмеження максимальної глибини розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами (побудувавши графік $v_{нер} = f(h)$), якщо відомо:

- побутова глибина рельєфу в руслі, відлічувана від відмітки $PPBB$, $h_{р.п} = 2,5 \text{ м}$;
- швидкість водного потоку в підмостовому руслі після завершення загального розмивання $v_{р.м} = 1,2 \text{ м/с}$;
- характеристики незв'язних (сипких) ґрунтів окремих інженерно-геологічних елементів ($ІГЕ$), що залягають у руслі (так званих донних відкладень), наведені в табл. В.3.

Національний університет
водного господарства та прибережної інженерії

Таблиця В.3

Номер ІГЕ	Товщина ІГЕ, м	Середня крупність твердих мінеральних частинок ґрунту d , мм
1	2,2	1,1
2	1,8	10,0
3	5,0	35,2

Розв'язання задачі:

Для кожного з інженерно-геологічних елементів ($ІГЕ$) донних відкладень на їхніх границях визначаємо середні нерозмивальні швидкості потоку за формулою (3.16)

$$v_{нер,i} = \frac{v_{н.д,i}}{d_i^{1/6}} \cdot h_i^{1/6}, \text{ м/с,}$$

де $v_{н.д,i}$ – середня донна нерозмивальна швидкість для ґрунту i -го $ІГЕ$, $м/с$; d_i – середній діаметр частинок ґрунту i -го $ІГЕ$, $м$; h_i – глибина в руслі, яку відлічують від відмітки $PPBB$.

Значення d_i і відповідні співвідношення $v_{н.д,i}/d_i^{1/6}$ для різних типів незв'язних ґрунтів приймаємо з табл. Б.5.

У результаті матимемо таке:

– для $ІГЕ-1$ ($h_{ІГЕ-1} = 2,2 \text{ м}$)

$$v_{нер(ІГЕ-1);1} = 0,653 \times 2,5^{1/6} = 0,761 \text{ м/с};$$

$$v_{нер(ІГЕ-1);2} = 0,653 \times (2,5 + 2,2)^{1/6} = 0,845 \text{ м/с};$$



Національний університет

– для ІГЕ-2 ($h_{ІГЕ-2}=1,8$ м)

$$v_{нер(ІГЕ-2);1}=1,10 \times (2,5+2,2)^{1/6}=1,424 \text{ м/с};$$

$$v_{нер(ІГЕ-2);2}=1,10 \times (2,5+2,2+1,8)^{1/6}=1,503 \text{ м/с};$$

– для ІГЕ-3 ($h_{ІГЕ-3}=5,0$ м)

$$v_{нер(ІГЕ-3);1}=1,636 \times (2,5+2,2+1,8)^{1/6}=2,235 \text{ м/с};$$

$$v_{нер(ІГЕ-3);2}=1,636 \times (2,5+2,2+1,8+5,0)^{1/6}=2,458 \text{ м/с}.$$

Отримані значення у вигляді точок наносимо на графік $v_{нер}=f(h)$ і будемо епюру нерозмивальних швидкостей потоку $v_{нер}$ так, як це показано на рис. В.8.

На горизонтальній осі $0-v_{нер}$ фіксуємо швидкість водного потоку в підмостовому руслі після завершення загального розмивання $v_{р,м}=1,2$ м і через цю точку проводимо вертикаль. Точка перетину зазначеної вертикалі з епюрою $v_{нер}$ відповідатиме максимальній глибині розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами $h_{геол}=4,7$ м (див. рис. В.8).

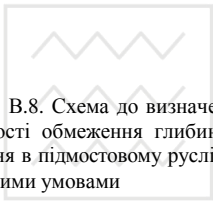
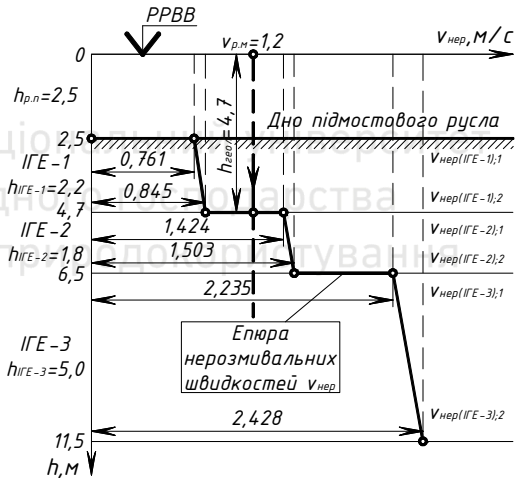


Рис. В.8. Схема до визначення можливості обмеження глибини розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами





Національний університет
водного господарства
та природокористування

ДОДАТОК Г



**ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-
ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Національний університет
водного господарства
та природокористування



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Кафедра автомобільних доріг, основ і фундаментів

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

з дисципліни «Штучні споруди на автомобільних дорогах»
на тему:
«Проектування мостового переходу через річку»

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Розробив:

студ. 4-го курсу ННІБіА,
групи АДіА-41(інт.)

Полюхович М.І.

Шифр зал. кн. - ХУ

Перевірив:

к.т.н., доцент **Крусь Ю.О.**

Рівне - 2018



ЗМІСТ

Г.1. Визначення розрахункового рівня високої води (РРВВ) (гідрологічний розрахунок)	71
Г.2. Морфометричний розрахунок створу річки	73
Г.3. Розрахунок глибини загального розмивання під мостом і місцевого розмивання біля опор моста. Призначення глибини закладання фундаментів опор і вибір оптимального отвору моста	78
Г.3.1. Розрахунок глибини загального розмивання під мостом	81
Г.3.1.1. Розрахунок максимальної глибини після загального розмивання в русловій частині отвору моста	81
Г.3.1.2. Перевірка можливості обмеження максимальної глибини розмивання в русловій частині отвору моста за геологічними умовами	82
Г.3.1.3. Розрахунок загального розмивання на заплавній ділянці отвору моста	87
Г.3.2. Розрахунок глибини місцевого розмивання $h_{в.м}$ біля опор моста	90
Г.3.3. Призначення глибини закладання фундаментів опор моста H_{ϕ} і вибір оптимального отвору моста L	90
Г.4. Визначення характерних підпорів на мостовому переході	94
Г.5. Визначення розрахункового судноплавного рівня (РСР). Обчислення відмітки проїзної частини моста	96
Г.6. Визначення мінімальної відмітки заплавного земляного насипу на підходах до моста	96
Г.7. Проектування поздовжнього профілю мостового переходу	97
Г.8. Проектування поперечних профілів заплавних насипів на підходах до моста	99
Г.9. Проектування струмененапрямних дамб	101
Перелік джерел посилання	101

Національний університет
Г.1. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОГО РІВНЯ ВИСОКОЇ ВОДИ (РРВВ) (гідрологічний розрахунок)

Згідно із завданням на проектування (варіант № ХУ) за вихідні дані для гідрологічного розрахунку приймаємо відомості про перевищення максимальних річних рівнів повеневої води над нулем графіка водомірного поста за період безперервних гідрометричних спостережень за режимом річки на спеціальних водомірних постах Гідрометеослужби $n=13$ років (з 1960 р. по 1972 р.; див. табл. А.1), що передують проектуванню мостового переходу. На підставі цих даних визначатимемо розрахунковий рівень високої води (РРВВ), застосовуючи графоаналітичний метод із побудовою *кривої ймовірностей* на спеціальній клітковині нормального розподілу. Згідно з ДБН В.2.3-14:2006 [2] розрахункову ймовірність перевищення будь-якого із максимальних річних рівнів води під час повені ще більш високими рівнями призначаємо $p=1\%$ як для автомобільної дороги II-ої категорії (див. табл. Б.1)).

Попередньо будемо стовпчасті діаграми зазначених перевищень рівнів: хронологічну (рис. Г.1) і ранжирувану в убуваючому порядку (рис. Г.2).

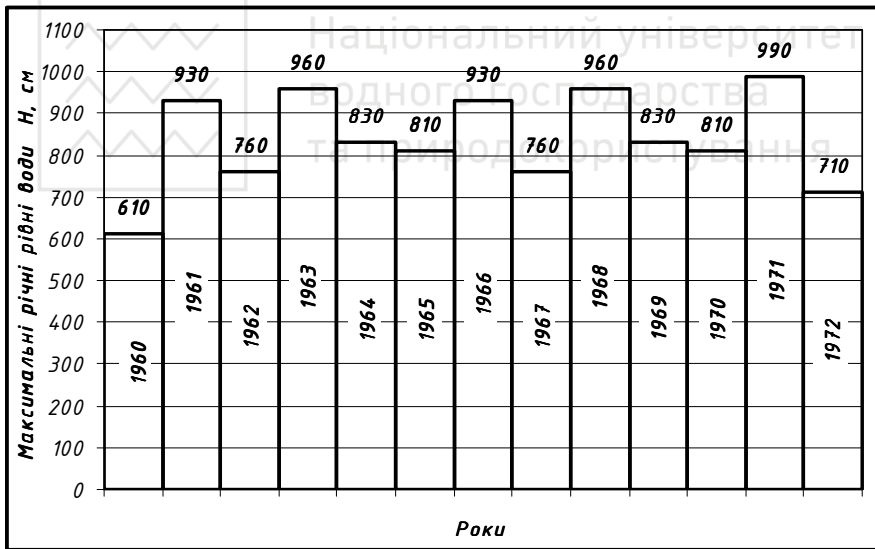


Рис. Г.1. Хронологічна діаграма перевищень максимальних річних рівнів повеневої води H (см) над нулем графіка водомірного поста

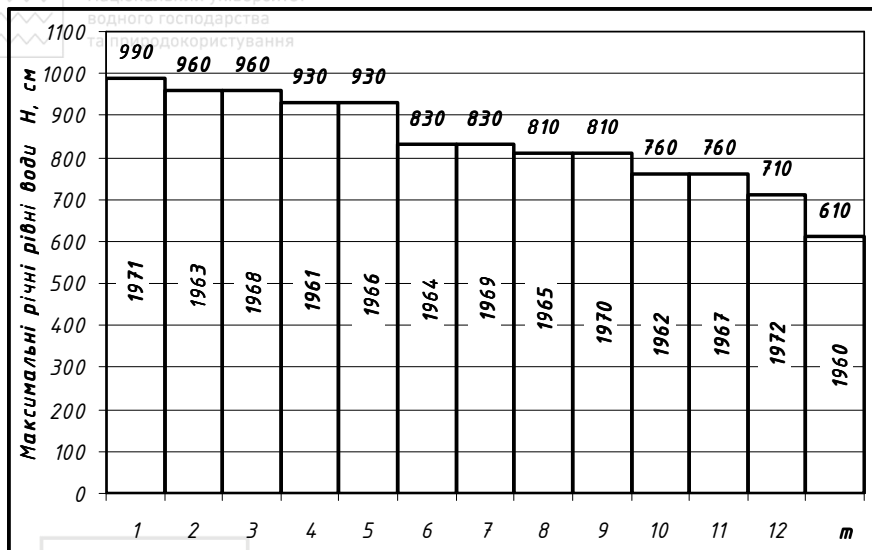


Рис. Г.2. Ранжирувана в убуюаючому порядку діаграма перевищень максимальних річних рівнів повеневої води H (см) над нулем графіка водомірного поста

Обчислюємо емпіричну ймовірність перевищення кожного з максимальних річних рівнів води у ранжируваному ряді за формулою М.М.Чегодаєва (1.1)

$$p_e = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} 100\%$$

і складаємо табл. Г.1.

Таблиця Г.1

Розрахунок емпіричних імовірностей перевищення максимальних річних рівнів повеневої води у ранжируваному ряді

n	m	Рік	$H, \text{ см}$	$p_e, \%$
13	1	1971	990	5,22
	2	1963	960	12,69
	3	1968	960	20,15
	4	1961	930	27,61
	5	1966	930	35,07
	6	1964	830	42,54
	7	1969	830	50,00
	8	1965	810	57,46
	9	1970	810	64,93
	10	1962	760	72,39
	11	1967	760	79,85
	12	1972	710	87,31
	13	1960	610	94,78

Результати обчислень у вигляді точок із координатами $(p_e; H)$ наносимо на клітковину ймовірностей (рис. Г.3). Отримане поле експериментальних точок апроксимуємо плавною кривою лінією, екстраполюючи її до заданої розрахункової ймовірності перевищення $p=1\%$. Спроекувавши точку перетину на вертикальну вісь $0-H$, фіксуємо розрахункове перевищення кожного з максимальних річних рівнів води $H_{p\%}$ (см).

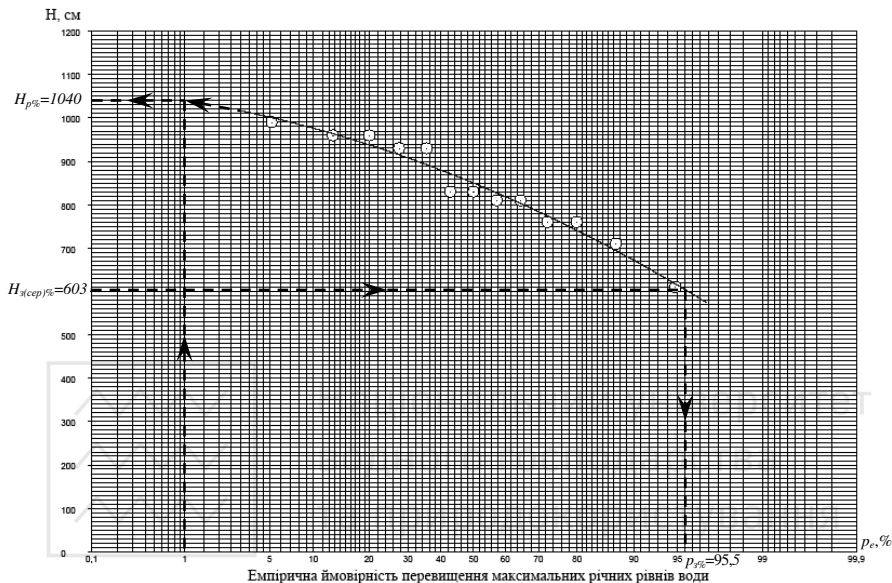


Рис. Г.3. Графоаналітичний метод визначення розрахункового перевищення максимальних річних рівнів води $H_{p\%}$ у річці під час повені за допомогою клітковини ймовірностей

Абсолютну відмітку розрахункового рівня високої води ($PPBB$) визначасмо, додавши до знайденого розрахункового перевищення максимальних річних рівнів води $H_{p\%}$ (м) (див. рис. Г.3) задану абсолютну відмітку відносного нуля графіка водомірного поста $\nabla H_{н.с.}$ у місці мостового переходу (див. табл. А.1), за формулою (1.5):

$$PPBB = \frac{H_{p\%}}{100} + \nabla H_{н.с.} = \frac{1040}{100} + 82,0 = 92,4 \text{ м.}$$

Г.2. МОРФОМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТВОРУ РІЧКИ

Морфометричний розрахунок створу річки виконуємо з метою визначення розподілу витрати повеневої води між руслом і заплавами, швидкостей течії у руслі й на заплавах при розрахунковому перевищенні максимальних річних рівнів води $H_{p\%}$, ухилу водної поверхні.

За вихідними даними для варіанта № XY, що наведені в табл. А.2 і А.3, викреслимо поперечний переріз річкової долини; нанесемо на ньому абсолютні відмітки розрахункового рівня високої води $PPBB=92,4$ м і рівня води в період середньої межні $PMB=82,2$ м; виділимо головне русло, ліву і праву заплави (рис. Г.4).

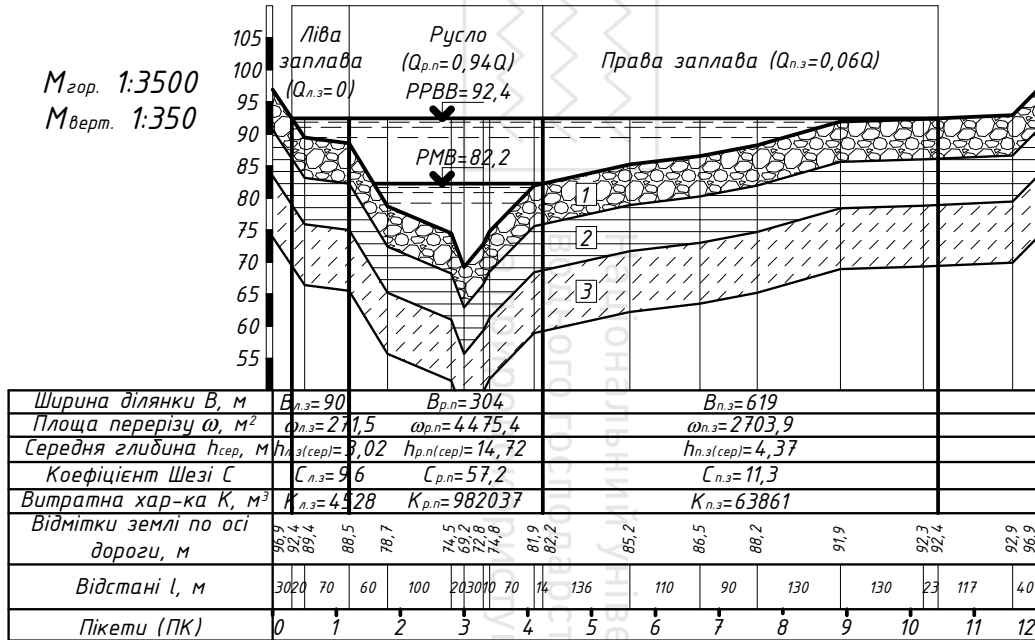


Рис. Г.4. Елементи поперечного перерізу річкової долини: 1 – ґрунт галечниковий алювіальний (Qa); 2 – глина елювіальна (Qe); 3 – супісок алювіальний (Qa)



Для головного русла і кожної із заплав по відмітці розрахункового рівня високих вод *PPBB* визначаємо такі параметри (табл. Г.2):

- глибини річки h_i на кожній вертикалі за формулою (2.1);
- середні глибини річки $h_{сеп,i}$ на ділянці довжиною l_i між двома сусідніми вертикалями за формулою (2.2);
- елементарні площі поперечного перерізу потоку води ω_i за формулою (2.3);
- ширини по відмітці *PPBB* лівої заплави $B_{л,з}$, головного русла $B_{р,н}$ і правої заплави $B_{п,з}$ підсумовуванням ділянок довжиною l_i у їхніх межах як $B = \sum l_i$;

$$B_{л,з} = 90 \text{ м}; B_{р,н} = 304 \text{ м}; B_{п,з} = 619 \text{ м};$$

- площі поперечних перерізів потоків води лівої заплави $\omega_{л,з}$, головного русла $\omega_{р,н}$ і правої заплави $\omega_{п,з}$ підсумовуванням елементарних площ ω_i у їхніх межах як $\omega = \sum \omega_i$;

$$\omega_{л,з} = 217,5 \text{ м}^2; \omega_{р,н} = 4475,4 \text{ м}^2; \omega_{п,з} = 270,9 \text{ м}^2;$$

- середні глибини річки на лівій заплаві $h_{л,з(сеп)}$, у головному руслі $h_{р,н(сеп)}$ і на правій заплаві $h_{п,з(сеп)}$ за формулами відповідно (2.4), (2.5) і (2.6):

$$h_{л,з(сеп)} = \omega_{л,з} / B_{л,з} = 217,5 / 90 = 3,02 \text{ м};$$

$$h_{р,н(сеп)} = \omega_{р,н} / B_{р,н} = 4475,4 / 304 = 14,72 \text{ м};$$

$$h_{п,з(сеп)} = \omega_{п,з} / B_{п,з} = 270,9 / 619 = 4,37 \text{ м};$$

- коефіцієнти Шезі для лівої заплави $C_{л,з}$, головного русла $C_{р,н}$ і правої заплави $C_{п,з}$ із виразу (2.7):

$$C_{л,з} = 87 / \left(1 + \gamma_3 / \sqrt{h_{л,з(сеп)}} \right) = 87 / \left(1 + 14 / \sqrt{3,02} \right) = 9,6;$$

$$C_{р,н} = 87 / \left(1 + \gamma_p / \sqrt{h_{р,н(сеп)}} \right) = 87 / \left(1 + 2 / \sqrt{14,72} \right) = 57,2;$$

$$C_{п,з} = 87 / \left(1 + \gamma_3 / \sqrt{h_{п,з(сеп)}} \right) = 87 / \left(1 + 14 / \sqrt{4,37} \right) = 11,3;$$

- витратні характеристики лівої заплави $K_{л,з}$, головного русла $K_{р,н}$ і правої заплави $K_{п,з}$ за формулами відповідно (2.9), (2.10) і (2.11):

$$K_{л,з} = \omega_{л,з} C_{л,з} \sqrt{h_{л,з(сеп)}} = 217,5 \cdot 9,6 \sqrt{3,02} = 4528 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$K_{р,н} = \omega_{р,н} C_{р,н} \sqrt{h_{р,н(сеп)}} = 4475,4 \cdot 57,2 \sqrt{14,72} = 982037 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$K_{п,з} = \omega_{п,з} C_{п,з} \sqrt{h_{п,з(сеп)}} = 270,9 \cdot 11,3 \sqrt{4,37} = 63861 \text{ м}^3/\text{с};$$

- співвідношення τ між побутовою витратою води в руслі $Q_{р,н}$ і повною розрахунковою витратою води Q із виразу (2.12):

$$\tau = \frac{Q_{р,н}}{Q} = \frac{K_{р,н}}{K_{л,з} + K_{р,н} + K_{п,з}} = \frac{982037}{4528 + 982037 + 63861} = 0,93;$$

- середню швидкість течії у головному руслі $v_{р,н}$ за вихідними даними координат кривої швидкості в залежності від висоти рівня води $v = f(H)$ для варіанта № XY, що наведені в табл. А.4, після побудови зазначеної кривої та її графоаналітичної екстраполяції до ординати розрахункового перевищення максимальних річних рівнів повеневої води $H_{р\%}$ над відміткою $\nabla H_{н.з.}$ (у спосіб, наприклад, проведення лінії тренда через задані точки за допомогою про-

Національний університет
 грами обробки електронних форм Excel із програмного пакета Microsoft Office) як це показано на рис. Г.5. У результаті матимемо $v_{p,n}=1,515$ м/с;

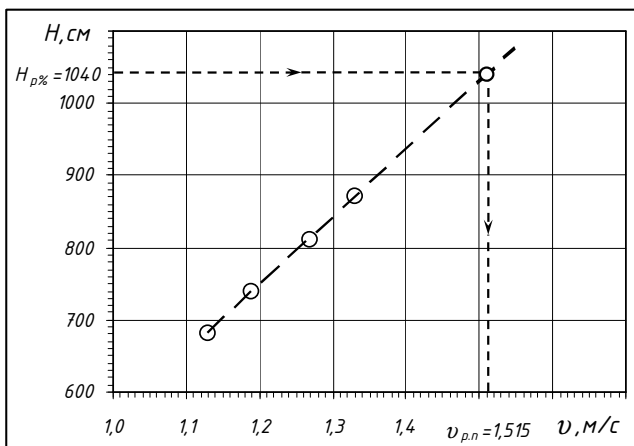


Рис. Г.5. Схема до графічного визначення середньої швидкості течії в головному руслі $v_{p,n}$, що відповідає розрахунковому перевищенню максимальних річних рівнів повеневої води $H_{p\%}$ над відміткою $\nabla H_{н.з.}$

– побутову витрату води в руслі $Q_{p,n}$ і повну витрату Q із виразів відповідно (2.19) і (2.20):

$$Q_{p,n} = v_{p,n} \omega_{p,n} = 1,515 \cdot 4475,4 = 6780 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q = Q_{p,n} / \tau = 6780 / 0,93 = 7252;$$

– заплавні витрати $Q_{л.з}$ і $Q_{н.з}$ та швидкості течії $v_{л.з}$ і $v_{н.з}$ за формулами відповідно (2.14)...(2.15) і (2.17)...(2.18):

$$Q_{л.з} = \frac{Q - Q_{p,n}}{K_{л.з} + K_{н.з}} K_{л.з} = \frac{7252 - 6780}{4528 + 63861} 4528 = 31 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{н.з} = \frac{Q - Q_{p,n}}{K_{л.з} + K_{н.з}} K_{н.з} = \frac{7252 - 6780}{4528 + 63861} 63861 = 441 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$v_{л.з} = Q_{л.з} / \omega_{л.з} = 31 / 271,5 = 0,115 \text{ м/с};$$

$$v_{н.з} = Q_{н.з} / \omega_{н.з} = 441 / 2703,9 = 0,163 \text{ м/с};$$

– побутовий ухил вільної поверхні потоку I_n при пропусканні розрахункової побутової витрати води $Q_{p,n}$ із виразу (2.21):

$$I_n = \frac{v_{p,n}^2}{C_{p,n}^2 \cdot h_{p,n(сеп)}} = \frac{1,515^2}{57,2^2 \cdot 14,72} = 0,00005 \text{ ч.о.} = 0,005\%.$$

Результати морфометричного розрахунку заносимо в табл. Г.2.

Г.3. РОЗРАХУНОК ГЛИБИН ЗАГАЛЬНОГО РОЗМИВАННЯ ПІД МОСТОМ І МІСЦЕВОГО РОЗМИВАННЯ БІЛЯ ОПОР МОСТА. ПРИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИНИ ЗАКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТІВ ОПОР І ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ОТВОРУ МОСТА

За розмір отвору моста L приймають відстань між передніми гранями опор фундаментів (чи між укосами конусів для обсіпних фундаментів), яку визначають на відмітці $PPBB$ за відрахуванням сумарної ширини проміжних опор.

Задача полягає у визначенні такого розміру отвору, що відповідає мінімуму зведених будівельних і експлуатаційних витрат. Ця задача може бути розв'язана шляхом розроблення декількох конкуруючих варіантів мостового переходу при різних величинах отвору моста L_i . Порівняння зазначених варіантів дозволить знайти оптимальний розмір отвору.

Мінімальний розмір отвору моста L_{\min} призначасмо за формулою (3.1):

$$L_{\min} = \frac{\delta \cdot B_{p,n}}{1 - \lambda} = \frac{1,05 \cdot 304}{1 - 0,05} = 336,00 \text{ м},$$

де $\delta=1,05$; $\lambda=0,05$.

Максимальний розмір отвору моста L_{\max} визначаємо з виразу (3.2):

$$L_{\max} = \frac{B_{p,n}}{1 - \lambda} \left(\frac{Q}{Q_{p,n}} \right)^{4/3} = \frac{304}{1 - 0,05} \left(\frac{7252}{6780} \right)^{4/3} = 350,05 \approx 350 \text{ м}.$$

Для пошуку оптимального розміру отвору моста поділимо відстань між L_{\min} і L_{\max} на 4 однакові ділянки довжиною

$$\Delta = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{4} = \frac{350,05 - 336,00}{4} = 3,513 \text{ м}$$

і додатково розглянемо ще $i=3$ різні величини отвору L_i за формулою

$$L_i = L_{\min} + i \cdot \Delta,$$

а саме такі:

$$L_1 = L_{\min} + 1 \cdot \Delta = 336,00 + 1 \cdot 3,513 \approx 340 \text{ м};$$

$$L_2 = L_{\min} + 2 \cdot \Delta = 336,00 + 2 \cdot 3,513 \approx 343 \text{ м};$$

$$L_3 = L_{\min} + 3 \cdot \Delta = 336,00 + 3 \cdot 3,513 \approx 347 \text{ м}.$$

Подальші розрахунки виконуємо у табличній формі (див. табл. Г.6).

1. Визначаємо побутову витрату води, яка проходить запланованою ділянкою отвору моста до перекриття заплави (див. у формулі (3.4)):

$$Q_{з.м.п} = \frac{Q_{n,з}}{B_{n,з}} (L_i - B_{p,n}),$$

де $Q_{n,з}=441 \text{ м}^3/\text{с}$ – побутова витрата води на правій заплаві (див. табл. Г.2 і рис. Г.4);

$B_{p,n}=304 \text{ м}$ і $B_{n,з}=619 \text{ м}$ – побутова ширина відповідно русла та правої заплави (див. табл. Г.2 і рис. Г.4).

У результаті матимемо таке:

$$Q_{з.м.п}^{(L_{\min})} = \frac{Q_{н.з}}{B_{н.з}} (L_{\min} - B_{р.п}) = \frac{441}{619} (336 - 304) = 22,79 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{з.м.п}^{(L_1)} = \frac{Q_{н.з}}{B_{н.з}} (L_1 - B_{р.п}) = \frac{441}{619} (340 - 304) = 25,30 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{з.м.п}^{(L_2)} = \frac{Q_{н.з}}{B_{н.з}} (L_2 - B_{р.п}) = \frac{441}{619} (343 - 304) = 27,80 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{з.м.п}^{(L_3)} = \frac{Q_{н.з}}{B_{н.з}} (L_3 - B_{р.п}) = \frac{441}{619} (347 - 304) = 30,30 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{з.м.п}^{(L_{\max})} = \frac{Q_{н.з}}{B_{н.з}} (L_{\max} - B_{р.п}) = \frac{441}{619} (350 - 304) = 32,80 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Обчислюємо коефіцієнт стиснення потоку β за формулою (3.4)

$$\beta = \frac{Q}{Q_{р.п} + Q_{з.м.п}},$$

де $Q=7252 \text{ м}^3/\text{с}$ – повна (загальна) розрахункова витрата води (див. табл. Г.2), що проходить русловою й заплавною ділянками річкової долини.

Отримаємо таке:

$$\beta^{(L_{\min})} = \frac{Q}{Q_{р.п} + Q_{з.м.п}^{(L_{\min})}} = \frac{7252}{6780 + 22,79} = 1,066;$$

$$\beta^{(L_1)} = \frac{Q}{Q_{р.п} + Q_{з.м.п}^{(L_1)}} = \frac{7252}{6780 + 25,30} = 1,066;$$

$$\beta^{(L_2)} = \frac{Q}{Q_{р.п} + Q_{з.м.п}^{(L_2)}} = \frac{7252}{6780 + 27,80} = 1,065;$$

$$\beta^{(L_3)} = \frac{Q}{Q_{р.п} + Q_{з.м.п}^{(L_3)}} = \frac{7252}{6780 + 30,30} = 1,065;$$

$$\beta^{(L_{\max})} = \frac{Q}{Q_{р.п} + Q_{з.м.п}^{(L_{\max})}} = \frac{7252}{6780 + 32,80} = 1,064.$$

3. Визначаємо ймовірність затоплення правої заплави $p_3\%$ у місці переходу під час розрахункової повені графоаналітичним способом із використанням уже раніше застосовуваної клітковини ймовірностей так, як це показано на рис. Г.3.

Отже, перевищення середнього рівня рельєфу правої заплави $H_{н.з(сеп)}\%$ над нулем графіка водомірного поста $\nabla H_{\mu.г.}$ становить (див. формулу (3.5) і табл. Г.2)

$$H_{н.з(сеп)}\% = H_{р\%} - (h_{н.з(сеп)} \times 100) = 1040 - 4,37 \times 100 = 603 \text{ см}.$$

Як бачимо з рис. Г.3, обчисленому рівню $H_{н.з(сеп)}\%=603 \text{ см}$ відповідає ймовірність затоплення заплави $p_3\%=95,5\%$.

4. Визначаємо повноту розрахункової повені Π за відомих абсолютних відміток розрахункового рівня високих вод $PPBV=92,4 \text{ м}$, рівня води в період се-

редньої межні $PMB=82,2$ м (див. рис. Г.4) та середньої глибини річки на правій заплаві $h_{n.з(сеп)}=4,37$ м або перевищення середнього рівня рельєфу заплави $H_{n.з(сеп)}=603$ см над нулем графіка водомірного поста $\nabla H_{н.з.}$

$$\nabla H_{n.з(сеп)} = PPBB - h_{n.з(сеп)} = 92,4 - 4,37 = 88,03 \text{ м}$$

або інакше –

$$\nabla H_{n.з(сеп)} = \nabla H_{н.з.} + H_{n.з(сеп)}\% / 100 = 82,0 + 603 / 100 = 88,03 \text{ м},$$

застосувавши наведений на рис. Г.6 водомірний графік розрахункової повені $H=f(T)$ за період $T_n \approx 8$ діб (наведений графік умовний, отже, використовуємо його лише у курсовому проєкті з навчальною метою).

Обчислення виконуємо за формулою (3.6):

$$\Pi = \frac{h_{n(сеп)}}{h_{n(max)} = h_{n.з(сеп)}} = \frac{I}{4,37} (0,98 + 1,96 + 2,93 + 3,90 + 4,24 + 4,36 + 4,35 + 4,22 + 3,79 + 2,53 + 1,27) / 5 = \frac{34,53/5}{4,37} = \frac{3,14}{4,37} = 0,72.$$

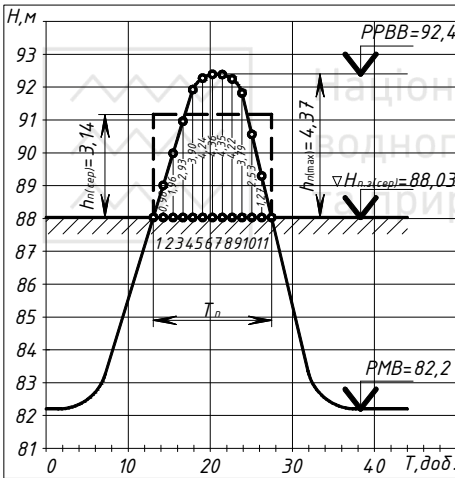


Рис. Г.6. Схема до графічного визначення повноти розрахункової повені: $PPBB$ і PMB – абсолютні висотні відмітки розрахункового рівня високої води під час повені та рівня меженної води в період середньої межні; $\nabla H_{н.з(сеп)}$ – абсолютна висотна відмітка середнього рівня рельєфу заплави

5. Визначаємо коефіцієнт $K_{p\%}$, який урахує ймовірність затоплення заплави $p_{3\%}$ біля моста за формулами (3.8) або (3.9).

Оскільки $p_{3\%}=95,5 > 95\%$, приймаємо $K_{p\%}=1$ (див. формулу (3.9)).

6. Визначаємо коефіцієнт K_{Π} , який урахує повноту розрахункової повені Π і коефіцієнт стиснення потоку β за формулами (3.10), (3.11) або (3.12).

Оскільки $\beta^{(L_{min} \dots L_{max})} = 1,064 \dots 1,066 < 4,5$ і $p_{3\%}=95,5 > 95\%$, матимемо (див. формулу (3.12))

$$K_{\Pi}^{(L_{min} \dots L_{max})} = 0,79 \Pi^{0,5} = 0,79 \cdot 0,72^{0,5} = 0,67.$$



Г.3.1. Розрахунок глибини загального розмивання під мостом

Г.3.1.1. Розрахунок максимальної глибини після загального розмивання в русловій частині отвору моста

7. Визначаємо ширину усталеного підмостового русла $B_{p,m}$ з урахуванням його штучного розширення (зрізування) за формулою (3.3):

$$B_{p,m}^{(L_{\min})} = B_{p,n} \left[\left((\beta^{(L_{\min})})^{0,93} - 1 \right) K_{II} K_{p\%} + 1 \right] = 304,0 \left[(1,066^{0,93} - 1) 0,67 \cdot 1,00 + 1 \right] = 316,48 \text{ м};$$

$$B_{p,m}^{(L_i)} = B_{p,n} \left[\left((\beta^{(L_i)})^{0,93} - 1 \right) K_{II} K_{p\%} + 1 \right] = 304,0 \left[(1,066^{0,93} - 1) 0,67 \cdot 1,00 + 1 \right] = 316,41 \text{ м};$$

$$B_{p,m}^{(L_2)} = B_{p,n} \left[\left((\beta^{(L_2)})^{0,93} - 1 \right) K_{II} K_{p\%} + 1 \right] = 304,0 \left[(1,065^{0,93} - 1) 0,67 \cdot 1,00 + 1 \right] = 316,33 \text{ м};$$

$$B_{p,m}^{(L_3)} = B_{p,n} \left[\left((\beta^{(L_3)})^{0,93} - 1 \right) K_{II} K_{p\%} + 1 \right] = 304,0 \left[(1,065^{0,93} - 1) 0,67 \cdot 1,00 + 1 \right] = 316,26 \text{ м};$$

$$B_{p,m}^{(L_{\max})} = B_{p,n} \left[\left((\beta^{(L_{\max})})^{0,93} - 1 \right) K_{II} K_{p\%} + 1 \right] = 304,0 \left[(1,064^{0,93} - 1) 0,67 \cdot 1,00 + 1 \right] = 316,19 \text{ м}.$$

8. Обчислюємо максимальну побутову глибину в руслі (тобто в нестисненому насипами підходів до моста руслі) до його розмивання з виразу (3.14):

$$h_{p,n(\max)} = PPBB - \nabla H_{3,\min} = 92,4 - 69,2 = 23,2 \text{ м}.$$

9. Визначаємо максимальну глибину в підмостовому руслі після його розмивання (тобто після стиснення водотоку незатоплюваними насипами підходів до моста) при проходженні розрахункової повені за формулою (3.13):

$$h_{p,m(\max)}^{(L_{\min})} = h_{p,n(\max)} \left[\left((\beta^{(L_{\min})})^{8/9} - 1 \right) \Pi^{1/2} + 1 \right] \cdot \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}^{(L_{\min})} (1 - \lambda)} \right]^{2/3} =$$

$$= 23,2 \cdot \left[(1,066)^{8/9} - 1 \right] 0,72^{1/2} + 1 \cdot \left[\frac{304,0}{316,48(1 - 0,05)} \right]^{2/3} = 24,53 \text{ м};$$

$$h_{p,m(\max)}^{(L_i)} = h_{p,n(\max)} \left[\left((\beta^{(L_i)})^{8/9} - 1 \right) \Pi^{1/2} + 1 \right] \cdot \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}^{(L_i)} (1 - \lambda)} \right]^{2/3} =$$

$$= 23,2 \cdot \left[(1,066)^{8/9} - 1 \right] 0,72^{1/2} + 1 \cdot \left[\frac{304,0}{316,41(1 - 0,05)} \right]^{2/3} = 24,53 \text{ м};$$



$$h_{p,m}^{(L_2)} = h_{p,n}^{(max)} \left[\left((\beta^{(L_2)})^{8/9} - 1 \right) \Pi^{1/2} + 1 \right] \cdot \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}^{(L_2)} (1 - \lambda)} \right]^{2/3} =$$

$$= 23,2 \cdot \left[\left((1,065)^{8/9} - 1 \right) 0,72^{1/2} + 1 \right] \cdot \left[\frac{304,0}{316,33(1-0,05)} \right]^{2/3} = 24,52 \text{ м};$$

$$h_{p,m}^{(L_3)} = h_{p,n}^{(max)} \left[\left((\beta^{(L_3)})^{8/9} - 1 \right) \Pi^{1/2} + 1 \right] \cdot \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}^{(L_3)} (1 - \lambda)} \right]^{2/3} =$$

$$= 23,2 \cdot \left[\left((1,065)^{8/9} - 1 \right) 0,72^{1/2} + 1 \right] \cdot \left[\frac{304,0}{316,26(1-0,05)} \right]^{2/3} = 24,52 \text{ м};$$

$$h_{p,m}^{(L_{max})} = h_{p,n}^{(max)} \left[\left((\beta^{(L_{max})})^{8/9} - 1 \right) \Pi^{1/2} + 1 \right] \cdot \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}^{(L_{max})} (1 - \lambda)} \right]^{2/3} =$$

$$= 23,2 \cdot \left[\left((1,064)^{8/9} - 1 \right) 0,72^{1/2} + 1 \right] \cdot \left[\frac{304,0}{316,19(1-0,05)} \right]^{2/3} = 24,52 \text{ м}.$$

10. Визначаємо коефіцієнт загального розмивання в підмостовому руслі P із виразу

$$P = h_{p,m}^{(max)} / h_{p,n}^{(max)}.$$

У результаті матимемо таке:

$$P^{(L_{min})} = h_{p,m}^{(L_{min})} / h_{p,n}^{(max)} = 24,53 / 23,2 = 1,06 < 1,75;$$

$$P^{(L_1)} = h_{p,m}^{(L_1)} / h_{p,n}^{(max)} = 24,53 / 23,2 = 1,06 < 1,75;$$

$$P^{(L_2)} = h_{p,m}^{(L_2)} / h_{p,n}^{(max)} = 24,52 / 23,2 = 1,06 < 1,75;$$

$$P^{(L_3)} = h_{p,m}^{(L_3)} / h_{p,n}^{(max)} = 24,52 / 23,2 = 1,06 < 1,75;$$

$$P^{(L_{max})} = h_{p,m}^{(L_{max})} / h_{p,n}^{(max)} = 24,52 / 23,2 = 1,06 < 1,75.$$

Оскільки в усіх випадках коефіцієнт загального розмивання $P=1,06 < 1,75$, то огоління фундаментів опор моста не матиме місця (див. вступ до розділу 3).

Г.3.1.2. Перевірка можливості обмеження максимальної глибини розмивання в русловій частині отвору моста за геологічними умовами

11. Величину швидкості водного потоку в підмостовому руслі після завершення загального розмивання $v_{p,m}$ обчислюємо за формулою (3.17):



$$v_{p,m}^{(L_{\min})} = v_{p,n} \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}^{(L_{\min})} (1-\lambda)} \right]^{1/4} \left(\frac{h_{p,m(\max)}}{h_{p,n(\max)}} \right)^{1/8} =$$
$$= 1,515 \left[\frac{304,0}{316,48(1-0,05)} \right]^{1/4} \left(\frac{24,53}{23,2} \right)^{1/8} = 1,53 \text{ м/с};$$

$$v_{p,m}^{(L_1)} = v_{p,n} \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}^{(L_1)} (1-\lambda)} \right]^{1/4} \left(\frac{h_{p,m(\max)}}{h_{p,n(\max)}} \right)^{1/8} =$$
$$= 1,515 \left[\frac{304,0}{316,41(1-0,05)} \right]^{1/4} \left(\frac{24,53}{23,2} \right)^{1/8} = 1,53 \text{ м/с};$$

$$v_{p,m}^{(L_2)} = v_{p,n} \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}^{(L_2)} (1-\lambda)} \right]^{1/4} \left(\frac{h_{p,m(\max)}}{h_{p,n(\max)}} \right)^{1/8} =$$
$$= 1,515 \left[\frac{304,0}{316,33(1-0,05)} \right]^{1/4} \left(\frac{24,52}{23,2} \right)^{1/8} = 1,53 \text{ м/с};$$

$$v_{p,m}^{(L_3)} = v_{p,n} \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}^{(L_3)} (1-\lambda)} \right]^{1/4} \left(\frac{h_{p,m(\max)}}{h_{p,n(\max)}} \right)^{1/8} =$$
$$= 1,515 \left[\frac{304,0}{316,26(1-0,05)} \right]^{1/4} \left(\frac{24,52}{23,2} \right)^{1/8} = 1,53 \text{ м/с};$$

$$v_{p,m}^{(L_{\max})} = v_{p,n} \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}^{(L_{\max})} (1-\lambda)} \right]^{1/4} \left(\frac{h_{p,m(\max)}}{h_{p,n(\max)}} \right)^{1/8} =$$
$$= 1,515 \left[\frac{304,0}{316,19(1-0,05)} \right]^{1/4} \left(\frac{24,52}{23,2} \right)^{1/8} = 1,53 \text{ м/с}.$$

12. Здійснюємо перевірку можливості обмеження максимальної глибини загального розмивання в русловій частині отвору моста за геологічними умовами.

12.1. За наведеними в табл. А.3 вихідними даними інженерно-геологічних вишукувань та результатами лабораторних досліджень відібраних на будівельній ділянці ґрунтів окремих інженерно-геологічних елементів (*ІГЕ*) для варіанта № **ХУ** встановлюємо типи й різновиди ґрунтів, що залягають у руслі (так званих донних відкладень), згідно з ДСТУ Б В.2.1-2-96 [12].

ІГЕ-1 – товщина шару ґрунту 6,3 м. Гранулометричний склад і фізико-механічні характеристики ґрунту *ІГЕ-1* наведені в табл. Г.3.



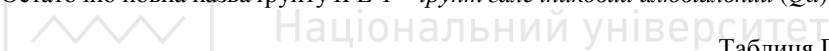
Гранулометричний склад і фізико-механічні характеристики ґрунту *ПЕ-1*
(див. вихідні дані в табл. А.3)

№ ПЕ	Гранулометричний склад – уміст твердих мінеральних частинок ґрунту в % крупністю, мм											Фізико-механічні характеристики ґрунту				
	>200	200-50	50-10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005	ρ , г/см ³	φ_n , град	c_n , кПа
<i>ПЕ-1</i>	7,0	22,2	38,5	29,1	3,2	---	---	---	---	---	---	---	---	1,95	29,4	---

Для ґрунту *ПЕ-1* границі пластичності W_L і W_P відсутні. Це означає, що число пластичності $I_p = W_L - W_P = 0$, тобто це – незв'язний (сипкий) ґрунт.

Визначаємо його різновид за гранулометричним складом. Оскільки в даному ґрунті сумарний уміст твердих мінеральних частинок, крупніших за 10 мм, складає $7,0 + 22,2 + 38,5 = 67,7\% > 50\%$ (див. табл. Г.4), то різновид ґрунту – галечниковий (згідно з табл. Б.3).

Остаточна повна назва ґрунту *ПЕ-1* – ґрунт галечниковий алювіальний (*Qa*).



Таблиця Г.4

Результати аналізу гранулометричного складу ґрунту *ПЕ-1*

№ ПЕ	Розмір фракцій d , мм	>200	200-50	50-10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
		<i>ПЕ-1</i>	Уміст фракцій, %	7,0	22,2	38,5	29,1	3,2						
	Сумарний уміст частинок, більших за даний діаметр d , %	>200 7,0	>50 29,2	>10 67,7	>5 96,8	>2 100,0								
	Сумарний уміст частинок, менших за даний діаметр d , %	<200 93,0	<50 70,8	<10 32,3	<5 3,2	<2 0								

ПЕ-2 – товщина шару ґрунту 7,2 м. Гранулометричний склад і фізико-механічні характеристики ґрунту *ПЕ-2* наведені в табл. Г.5.

Таблиця Г.5

Гранулометричний склад і фізико-механічні характеристики ґрунтів
ПЕ-2 та *ПЕ-3* (див. вихідні дані в табл. А.3)

№ ПЕ	Гранулометричний склад – уміст твердих мінеральних частинок ґрунту в % крупністю, мм											Фізико-механічні характеристики ґрунту				
	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005	ρ , г/см ³	W_L , %	W_P , %	φ_n , град	c_n , кПа
<i>ПЕ-2</i>	---	---	---	---	---	1,0	8,0	5,2	20,3	34,5	31,0	2,06	35,7	18,3	11,0	22,0
<i>ПЕ-3</i>	---	---	---	---	---	13,6	13,9	22,5	25,6	19,4	5,0	2,01	30,1	23,2	17,8	15,9



Грунт ІГЕ-2 має границі пластичності $W_L=35,7\%$ і $W_P=18,3\%$. Отже, це – зв’язний ґрунт.

Вирахуємо число пластичності I_P ґрунту ІГЕ-2:

$$I_P=W_L-W_P=35,7-18,3=17,4\%.$$

Оскільки $I_P=17,4\%>17\%$, то різновид ґрунту – глина (згідно з табл. Б.4).

Остаточна повна назва ґрунту ІГЕ-2 – *глина елювіальна (Qe)*.

ІГЕ-3 – товщина шару ґрунту 9,5 м. Гранулометричний склад і фізико-механічні характеристики ґрунту ІГЕ-3 наведені в табл. Г.5.

Грунт ІГЕ-3 має границі пластичності $W_L=30,1\%$ і $W_P=23,2\%$. Отже, це – зв’язний ґрунт.

Вирахуємо число пластичності I_P ґрунту ІГЕ-3:

$$I_P=W_L-W_P=35,7-18,3=17,4\%.$$

Оскільки $I_P=6,9\%$ знаходиться в діапазоні $I_P=1...7\%$, то різновид ґрунту – супісок (згідно з табл. Б.4).

Остаточна повна назва ґрунту ІГЕ-3 – *супісок алювіальний (Qa)*.

12.2. Перевірку можливості обмеження максимальної глибини загального розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами виконуємо графо-аналітичним методом, що дозволяє визначити глибину, на якій нерозмивальна швидкість $v_{нер}$ для ґрунтів донних відкладень стає рівною чи більшою за швидкість $v_{р.м}$, що відповідає моменту припинення загального розмивання в підмостовому руслі унаслідок відновлення балансу руслоформувальних наносів.

Отже, для i -их ІГЕ донних відкладень на їхніх границях визначаємо середні нерозмивальні швидкості потоку $v_{нер,i}$.

– для ІГЕ з незв’язних (сипких) ґрунтів – за формулою (3.16) із використанням табл. Б.5 залежно від назви ґрунту, середнього діаметра частинок ґрунту d_i , співвідношення $v_{н.о,i}/d_i^{1/6}$ і глибини в руслі h_i , відлічуваної від *PPBB*;

– для ІГЕ зі зв’язних ґрунтів – із табл. Б.6 залежно від назви ґрунту та глибини в руслі h_i , відлічуваної від *PPBB*.

У формулі (3.16) для незв’язного (сипкого) ґрунту ІГЕ-1 (ґрунту галечникового алювіального) приймаємо середній діаметр твердих мінеральних частинок $d_{ІГЕ-1}=28$ мм, що відповідає 50% (за масою) від їхнього загального вмісту, побудувавши відповідну криву гранулометричного складу (див. табл. Г.4 і рис. Г.7). Відповідне до $d_{ІГЕ-1}=28$ мм співвідношення $v_{н.о(ІГЕ-1)}/d_{(ІГЕ-1)}^{1/6}=1,54$ приймаємо інтерполяцією з табл. Б.5.

Для зв’язних ґрунтів ІГЕ-2 (глини елювіальної) та ІГЕ-3 (супіску алювіального) приймаємо $v_{нер(ІГЕ-2)}$ і $v_{нер(ІГЕ-3)}$ залежними від h_i як для відповідних ґрунтів середньої щільності.

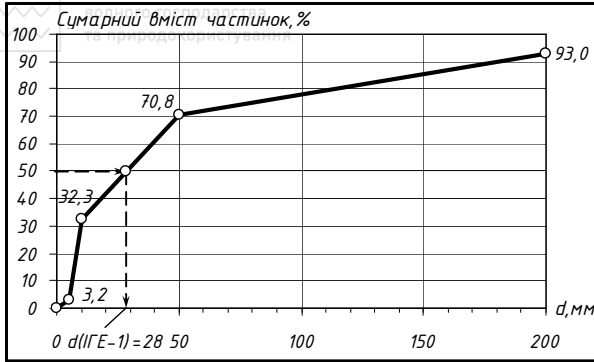


Рис. Г.7. Крива гранулометричного складу ґрунту ІГЕ-1 (ґрунту галечникового алювіального)

У результаті при $h_{p,l(\max)}=23,2$ м для кожного з ґрунтів донних відкладень (товщин окремих ІГЕ представлені в табл. А.3) на їхніх границях матимемо такі величини $v_{\text{нер},i}$ (див. разом із рис. Г.8):

– для ІГЕ-1 (ґрунту галечникового алювіального; $h_{\text{ІГЕ-1}}=6,3$ м)

$$v_{\text{нер(ІГЕ-1);1}} = \frac{v_{\text{н.д(ІГЕ-1)}}}{d_{\text{ІГЕ-1}}^{1/6}} \cdot h_{p,l(\max)}^{1/6} = 1,54 \cdot 23,2^{1/6} = 2,60 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{нер(ІГЕ-1);2}} = \frac{v_{\text{н.д(ІГЕ-1)}}}{d_{\text{ІГЕ-1}}^{1/6}} \cdot (h_{p,l(\max)} + h_{\text{ІГЕ-1}})^{1/6} = 1,54 \cdot (23,2 + 6,3)^{1/6} = 2,71 \text{ м/с};$$

– для ІГЕ-2 (глини елювіальної; $h_{\text{ІГЕ-2}}=7,2$ м)

$$v_{\text{нер(ІГЕ-2);1}} = v_{\text{нер(ІГЕ-2);2}} = 1,1 \text{ м/с};$$

– для ІГЕ-3 (супіску алювіального; $h_{\text{ІГЕ-3}}=9,5$ м)

$$v_{\text{нер(ІГЕ-3);1}} = v_{\text{нер(ІГЕ-3);2}} = 0,5 \text{ м/с}.$$

Отримані значення у вигляді точок наносимо на графік $v_{\text{нер}}=f(h)$ і будуємо епюру нерозмивальних швидкостей потоку $v_{\text{нер}}$ так, як це показано на рис. Г.8.

На горизонтальній осі $0-v_{\text{нер}}$ фіксуємо швидкість потоку $v_{p,m}=1,53$ м і від цієї точки проводимо вертикаль довжиною $h_{p,m(\max)}=24,53$ м. Точка перетину зазначеної вертикалі з епюрою $v_{\text{нер}}$ відповідатиме максимальній глибині розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами $h_{z_{\text{зол}}}=h_{p,l(\max)}=23,2$ м.

Як бачимо з графіка, $h_{z_{\text{зол}}}=h_{p,l(\max)}=23,2$ м $<$ $h_{p,m(\max)}=24,53$ м, тобто відбувається обмеження глибини розмивання за геологічними умовами. Отже, для подальших розрахунків у нашому випадку приймаємо $h_{p,m(\max)}=h_{z_{\text{зол}}}=h_{p,l(\max)}=23,2$ м.

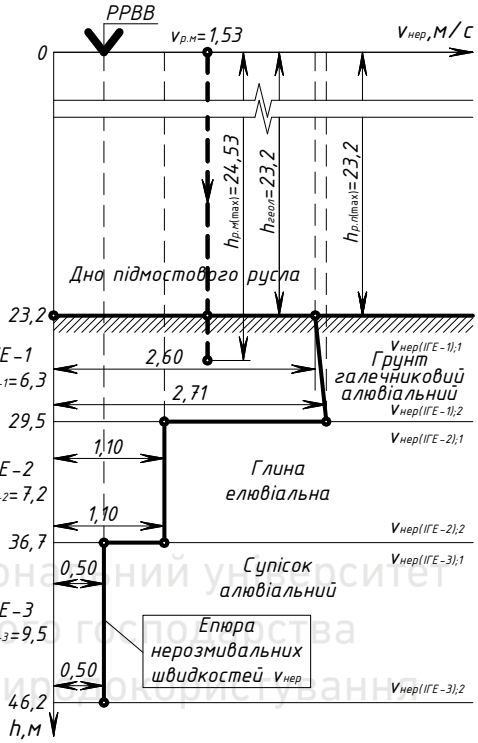


Рис. Г.8. Схема до визначення можливості обмеження глибини розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами



Г.3.1.3. Розрахунок загального розмивання на заплавній ділянці отвору моста

13. Фіксуємо середню побутову глибину в заплавній частині річкової долини $h_{3,n} = h_{n,3(сеп)} = 4,37$ м (див. рис. Г.4 і табл. Г.2).

14. Обчислюємо побутову ширину $B_{3,м,п}$ заплавної ділянки отвору моста з виразу (3.21):

$$B_{3,м,п}^{(L_{\min})} = L_{\min} - B_{p,n} = 336 - 304 = 32 \text{ м};$$

$$B_{3,м,п}^{(L_1)} = L_1 - B_{p,n} = 340 - 304 = 36 \text{ м};$$

$$B_{3,м,п}^{(L_2)} = L_2 - B_{p,n} = 343 - 304 = 39 \text{ м};$$

$$B_{3,м,п}^{(L_3)} = L_3 - B_{p,n} = 347 - 304 = 43 \text{ м};$$

$$B_{3,м,п}^{(L_{\max})} = L_{\max} - B_{p,n} = 350 - 304 = 46 \text{ м}.$$

15. Визначаємо побутові витрати води $Q_{3,м,п}$ на заплавній ділянці отвору моста до стиснення потоку за формулою (3.20):



$$Q_{3.м.п}^{(L_{\min})} = Q_{3.п} \frac{B_{3.м.п}^{(L_{\min})}}{B_{3.п}} = 441 \frac{32}{619} = 22,79 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{3.м.п}^{(L_1)} = Q_{3.п} \frac{B_{3.м.п}^{(L_1)}}{B_{3.п}} = 441 \frac{36}{619} = 25,30 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{3.м.п}^{(L_2)} = Q_{3.п} \frac{B_{3.м.п}^{(L_2)}}{B_{3.п}} = 441 \frac{39}{619} = 27,80 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{3.м.п}^{(L_3)} = Q_{3.п} \frac{B_{3.м.п}^{(L_3)}}{B_{3.п}} = 441 \frac{43}{619} = 30,30 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{3.м.п}^{(L_{\max})} = Q_{3.п} \frac{B_{3.м.п}^{(L_{\max})}}{B_{3.п}} = 441 \frac{46}{619} = 32,80 \text{ м}^3/\text{с}.$$

16. Обчислюємо фактичну елементарну витрату води q_{ϕ} на заплавній ділянці отвору моста з виразу (3.27):

$$q_{\phi}^{(L_{\min})} = \frac{\beta^{(L_{\min})} Q_{3.м.п}^{(L_{\min})}}{B_{3.м.п}^{(L_{\min})}} = \frac{1,066 \cdot 22,79}{32} = 0,759 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$q_{\phi}^{(L_1)} = \frac{\beta^{(L_1)} Q_{3.м.п}^{(L_1)}}{B_{3.м.п}^{(L_1)}} = \frac{1,066 \cdot 25,30}{36} = 0,759 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$q_{\phi}^{(L_2)} = \frac{\beta^{(L_2)} Q_{3.м.п}^{(L_2)}}{B_{3.м.п}^{(L_2)}} = \frac{1,065 \cdot 27,80}{39} = 0,759 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$q_{\phi}^{(L_3)} = \frac{\beta^{(L_3)} Q_{3.м.п}^{(L_3)}}{B_{3.м.п}^{(L_3)}} = \frac{1,065 \cdot 30,30}{43} = 0,759 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$q_{\phi}^{(L_{\max})} = \frac{\beta^{(L_{\max})} Q_{3.м.п}^{(L_{\max})}}{B_{3.м.п}^{(L_{\max})}} = \frac{1,064 \cdot 32,80}{46} = 0,758 \text{ м}^2/\text{с}.$$

17. Знаходимо глибину загального розмивання $h_{3.м}$ на заплавній ділянці отвору моста, на якій швидкість течії стисненого потоку у заплавній частині під мостом $v'_{3.м}$ перевищить відповідну нерозмивальну швидкість $v_{3.нер}$. Іншими словами, знаходимо глибину $h_{3.м}$, де фактична елементарна витрата води q_{ϕ} дорівнюватиме допустимій елементарній витраті $q_{нер}$, тобто, де $q_{\phi} = q_{нер}$. Задачу розв'язуємо графоаналітичним методом.

При $h_{3.п} = h_{н.з(сеп)} = 4,37$ м для кожного з ґрунтів донних відкладень заплавної ділянки (товщини окремих ПГЕ представлені в табл. А.3) на їхніх границях обчислюємо величини $q_{нер,i}$ (див. разом із рис. Г.9) за формулами (3.25) і (3.26) відповідно для зв'язних і незв'язних (сипких) ґрунтів (більше інформації див. в аналогічних розрахунках, що виконані раніше у пункті 12.2 параграфа Г.3.1.2):

– для ПГЕ-1 (ґрунту галечникового алювіального; $h_{ПГЕ-1} = 6,3$ м)



$$q_{\text{нер}(IIE-1);1} = \frac{v_{\text{н.о}(IIE-1)}}{d_{IIE-1}^{1/6}} \cdot h_{3,n}^{7/6} = 1,54 \cdot 4,37^{7/6} = 8,60 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$q_{\text{нер}(IIE-1);2} = \frac{v_{\text{н.о}(IIE-1)}}{d_{IIE-1}^{1/6}} (h_{3,n} + h_{IIE-1})^{7/6} = 1,54 \cdot (4,37 + 6,3)^{7/6} = 24,38 \text{ м}^2/\text{с};$$

– для IIE-2 (глини елювіальної; $h_{IIE-2}=7,2 \text{ м}$)

$$q_{\text{нер}(IIE-2);1} = (h_{3,n} + h_{IIE-1}) \cdot v_{\text{нер}(IIE-2);1} = (4,37 + 6,3) \cdot 1,1 = 11,74 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$q_{\text{нер}(IIE-2);2} = (h_{3,n} + h_{IIE-1} + h_{IIE-2}) \cdot v_{\text{нер}(IIE-2);2} = (4,37 + 6,3 + 7,2) \cdot 1,1 = 19,66 \text{ м}^2/\text{с};$$

– для IIE-3 (супіску алювіального; $h_{IIE-3}=9,5 \text{ м}$)

$$q_{\text{нер}(IIE-3);1} = (h_{3,n} + h_{IIE-1} + h_{IIE-2}) \cdot v_{\text{нер}(IIE-3);1} = (4,37 + 6,3 + 7,2) \cdot 0,5 = 8,94 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$q_{\text{нер}(IIE-3);2} = (h_{3,n} + h_{IIE-1} + h_{IIE-2} + h_{IIE-3}) \cdot v_{\text{нер}(IIE-3);2} = (4,37 + 6,3 + 7,2 + 9,5) \cdot 0,5 = 13,69 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Отримані значення $q_{\text{нер},i}$ у вигляді точок наносимо на графік $q_{\text{нер}}=f(h)$ і будемо епюру допустимих елементарних витрат води $q_{\text{нер}}$ так, як це показано на рис. Г.9.

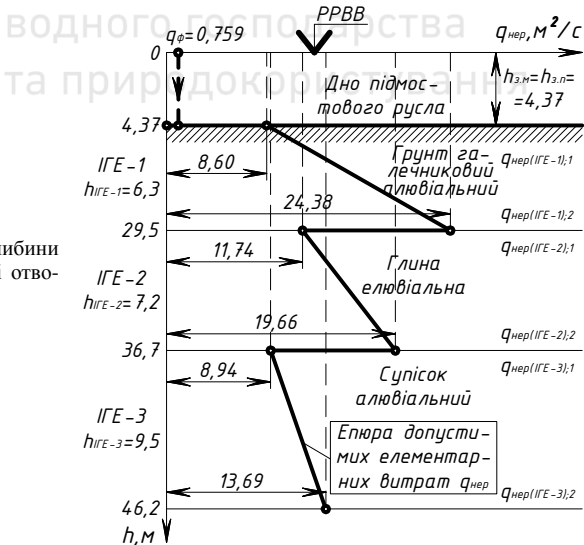


Рис. Г.9. Схема до визначення глибини розмивання на заплавній ділянці отвору моста

На горизонтальній осі $0-q_{\text{нер}}$ фіксуємо фактичну елементарну витрату води $q_{\text{ф}}=0,759 \text{ м}^2/\text{с}$ і від цієї точки проводимо вертикаль до перетину з епюрою $q_{\text{нер}}$. У нашому випадку точка перетину відповідає глибині $h_{3,м}=h_{3,н}=4,37 \text{ м}$, за якої $q_{\text{ф}}=q_{\text{нер}}$ і розмивання на заплавній ділянці отвору моста не матиме місця (на томість, будучи можливим лише за умови $q_{\text{ф}} > q_{\text{нер}}$).



Г.3.2. Розрахунок глибини місцевого розмивання $h_{в.м}$ біля опор моста

18. Визначаємо глибину воронки місцевого розмивання $h_{в.м}$ біля опор моста із виразу (4.1) як для незв'язного (сипкого) ґрунту:

$$h_{в.м}^{(L_{\min})} = 3,8k_{\phi.on} \left[\frac{(v_{on}^{(L_{\min})})^2}{g} \right]^{0,9} \times b_{on}^{0,1} - 30d = 3,8 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{1,53^2}{9,81} \right)^{0,9} \cdot 3,0^{0,1} - 30 \cdot (28 \cdot 10^{-3}) = 0,33 \text{ м};$$

$$h_{в.м}^{(L_1)} = 3,8k_{\phi.on} \left[\frac{(v_{on}^{(L_1)})^2}{g} \right]^{0,9} \times b_{on}^{0,1} - 30d = 3,8 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{1,53^2}{9,81} \right)^{0,9} \cdot 3,0^{0,1} - 30 \cdot (28 \cdot 10^{-3}) = 0,33 \text{ м};$$

$$h_{в.м}^{(L_2)} = 3,8k_{\phi.on} \left[\frac{(v_{on}^{(L_2)})^2}{g} \right]^{0,9} \times b_{on}^{0,1} - 30d = 3,8 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{1,53^2}{9,81} \right)^{0,9} \cdot 3,0^{0,1} - 30 \cdot (28 \cdot 10^{-3}) = 0,33 \text{ м};$$

$$h_{в.м}^{(L_3)} = 3,8k_{\phi.on} \left[\frac{(v_{on}^{(L_3)})^2}{g} \right]^{0,9} \times b_{on}^{0,1} - 30d = 3,8 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{1,53^2}{9,81} \right)^{0,9} \cdot 3,0^{0,1} - 30 \cdot (28 \cdot 10^{-3}) = 0,33 \text{ м};$$

$$h_{в.м}^{(L_{\max})} = 3,8k_{\phi.on} \left[\frac{(v_{on}^{(L_{\max})})^2}{g} \right]^{0,9} \times b_{on}^{0,1} - 30d = 3,8 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{1,53^2}{9,81} \right)^{0,9} \cdot 3,0^{0,1} - 30 \cdot (28 \cdot 10^{-3}) = 0,33 \text{ м};$$

де приймаємо $k_{\phi.on}=1,0$ як для опор моста круглої форми в плані (див. табл. Б.7); $v_{on} \approx v_{p.м}$; $b_{on}=d_{нали-об.}=3,0$ м як для опор із паль-оболонок; $d=28$ мм як для ґрунту ПЕ-1 (ґрунту галечникового алювіального) (див. табл. Г.3 і табл. Г.4).

Г.3.3. Призначення глибини закладання фундаментів опор моста H_{ϕ} і вибір оптимального отвору моста L

19. Визначаємо абсолютну відмітку глибини закладання фундаментів руслових опор моста $\nabla H_{\phi,p}$ за формулою (5.1) (див. рис. Г.10):

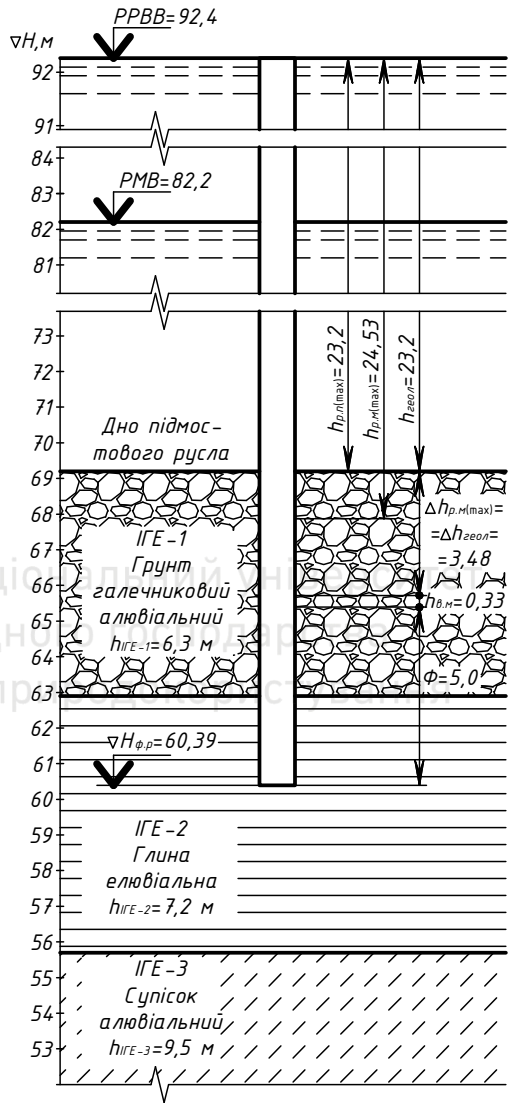


Рис. Г.10. Схема до визначення абсолютної відмітки глибини закладання фундаментів руслових опор моста

$$\nabla H_{\text{ф.р}}^{(L_{\min})} = PPBV - h_{\text{р.м}(\max)} - \Delta h_{\text{р.м}(\max)} - h_{\text{в.м}}^{(L_{\min})} - \Phi =$$

$$= 92,4 - 23,2 - 3,48 - 0,33 - 5,0 = 60,39 \text{ м};$$

$$\nabla H_{\text{ф.р}}^{(L_1)} = PPBV - h_{\text{р.м}(\max)} - \Delta h_{\text{р.м}(\max)} - h_{\text{в.м}}^{(L_1)} - \Phi =$$

$$= 92,4 - 23,2 - 3,48 - 0,33 - 5,0 = 60,39 \text{ м};$$



$$\nabla H_{\phi,p}^{(L_2)} = PPBB - h_{p,m(\max)} - \Delta h_{p,m(\max)} - h_{6,m}^{(L_2)} - \Phi = 92,4 - 23,2 - 3,48 - 0,33 - 5,0 = 60,39 \text{ м};$$

$$\nabla H_{\phi,p}^{(L_1)} = PPBB - h_{p,m(\max)} - \Delta h_{p,m(\max)} - h_{6,m}^{(L_1)} - \Phi = 92,4 - 23,2 - 3,48 - 0,33 - 5,0 = 60,39 \text{ м};$$

$$\nabla H_{\phi,p}^{(L_{\max})} = PPBB - h_{p,m(\max)} - \Delta h_{p,m(\max)} - h_{6,m}^{(L_{\max})} - \Phi = 92,4 - 23,2 - 3,48 - 0,33 - 5,0 = 60,39 \text{ м};$$

де приймаємо $h_{p,m(\max)}=h_{geol}=h_{p,n(\max)}=23,20 \text{ м}$ (із розрахунку максимальної глибини розмивання h_{geol} в підмостовому руслі за геологічними умовами; див. п. 11 і рис. Г.8); $\Delta h_{p,m(\max)}=\Delta h_{geol}=0,15h_{geol}=0,15 \times 23,20=3,48 \text{ м}$; $\Phi=5,0 \text{ м}$ як для опор із паль-оболонок (див. рис. 5.1).

Оскільки обчислені значення $\nabla H_{\phi,p}$ за різних розмірів отвору моста L_i практично незміні, то приймаємо $\nabla H_{\phi,p}=\nabla H_{\phi,p}^{(L_{\min})}=60,39 \text{ м}$.

Вважаючи, що руслові процеси в річці належать до типу меандруючих, абсолютну відмітку глибини закладання фундаментів заплавних опор $\nabla H_{\phi,3}$ призначаємо такою ж самою, як і руслових, тобто приймаємо $\nabla H_{\phi,3}=\nabla H_{\phi,p}=60,39 \text{ м}$.

20. Результати розрахунку глибин розмивання та глибин закладання фундаментів опор H_{ϕ} за різних розмірів отвору моста L представлені у вигляді зведеної таблиці (табл. Г.6).

Таблиця Г.6
Зведена таблиця результатів розрахунку глибин розмивання та відміток глибини закладання фундаментів мостових опор

№ з/п	Показники	Розмірність	Значення параметрів при розмірі отвору моста $L, \text{ м}$				
			$L_{\min}=336$	$L_1=340$	$L_2=343$	$L_3=347$	$L_{\max}=350$
1	2	3	4	5	6	7	8
	Розрахункове перевищення максимальних річних рівнів повеневої води $H_p\%$ над нулем графіка водомірного поста $\nabla H_{n,z}$	см	1040				
	Абсолютна відмітка відносного нуля графіка водомірного поста $\nabla H_{n,z}$	м	82,2				
	Абсолютна відмітка розрахункового рівня високої води (PPBB)	м	92,4				
	Абсолютна відмітка рівня води в період середньої межні (РМВ)	м	82,2				
1	Побутова витрата води на заплавній ділянці отвору моста $Q_{z,m,n}$	м ³ /с	22,79	25,30	27,80	30,30	32,80
2	Коефіцієнт стиснення водного потоку β	---	1,066	1,066	1,065	1,065	1,064
3	Середня побутова глибина на заплаві $h_{n,z(\text{сеп})}$	м	4,37				
	Перевищення середнього рівня рельєфу заплави $H_{n,z(\text{сеп})}\%$ над нулем графіка водомірного поста $\nabla H_{n,z}$	см	603				



1	2	3	4	5	6	7	8
	Ймовірність затоплення заплави $p_{з\%}$ під час розрахункової повені	%	95,5				
4	Абсолютна відмітка середнього рівня рельєфу заплави $\nabla H_{н.з(сеп)}$	м	88,03				
	Максимальна висота розрахункової повені $h_{п(max)}$ над рівнем рельєфу заплави $\nabla H_{н.з(сеп)}$ [$h_{п(max)}=h_{н.з(сеп)}$]	м	4,37				
	Середня висота розрахункової повені $h_{п(сеп)}$ над рівнем рельєфу заплави $\nabla H_{н.з(сеп)}$	м	3,14				
	Повнота розрахункової повені Π	---	0,72				
5	Коефіцієнт $K_{p\%}$, який ураховує ймовірність затоплення заплави $p_{з\%}$ біля моста	---	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Коефіцієнт K_{Π} , який ураховує повноту розрахункової повені Π і коефіцієнт стиснення потоку β	---	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Г.3.1. Розрахунок глибини загального розмивання під мостом							
Г.3.1.1. Розрахунок максимальної глибини після загального розмивання в русловій частині отвору моста							
7	Побутова ширина русла $B_{p,n}$	м	304,0				
	Ширина підмостового русла з урахуванням його штучного розширення (зрізування) $B_{p,m}$	м	316,48	316,41	316,33	316,26	316,19
8	Максимальна побутова глибина в руслі до його розмивання $h_{p,n(max)}$	м	23,2				
9	Максимальна глибина в підмостовому руслі після його розмивання $h_{p,m(max)}$	м	24,53	24,53	24,52	24,52	24,52
10	Коефіцієнт загального розмивання в підмостовому руслі P	---	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Г.3.1.2. Перевірка можливості обмеження максимальної глибини розмивання в русловій частині отвору моста за геологічними умовами							
11	Побутова швидкість водного потоку в руслі до розмивання $u_{p,n}$	м/с	1,515				
	Швидкості водного потоку в підмостовому руслі після завершення загального розмивання $u_{p,m}$	м/с	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
12	Максимальна глибина після розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами $h_{геол}$ [$h_{геол}=h_{p,n(max)}$]	м	23,2				
Г.3.1.3. Розрахунок загального розмивання на заплавної ділянці отвору моста							
13	Середня побутова глибина на заплаві $h_{н.з(сеп)}$	м	4,37				
14	Побутова ширина заплавної ділянки отвору моста $B_{з.м,n}$	м	32	36	39	43	46
15	Побутова витрата води $Q_{з.м,n}$ на заплавної ділянці отвору моста	м ³ /с	22,79	25,30	27,80	30,30	32,80
16	Фактична елементарна витрата води q_f на заплавної ділянці отвору моста	м ² /с	0,759	0,759	0,759	0,759	0,758
17	Глибина після загального розмивання $h_{з.м}$ на заплавної ділянці отвору моста	м	4,37				



1	2	3	4	5	6	7	8
Г.3.2. Розрахунок глибини місцевого розмивання $h_{в,м}$ біля опор моста							
18	Глибина воронки місцевого розмивання біля опор моста $h_{в,м}$	<i>m</i>	3,48				
Г.3.3. Призначення глибини закладання фундаментів опор моста H_{ϕ} і вибір оптимального розміру отвору моста L							
19	Абсолютна відмітка глибини закладання фундаментів руслових опор моста $\nabla H_{\phi,р}$	<i>m</i>	60,39	60,39	60,39	60,39	60,39
	Абсолютна відмітка глибини закладання фундаментів заплavnих опор моста $\nabla H_{\phi,з}$	<i>m</i>	60,39				
20	Оптимальний розмір отвору моста L	<i>m</i>	336				

ВИСНОВОК: Як бачимо з табл. Г.6 за різних конкуруючих варіантів розмірів отвору моста від $L_{\min}=336 \text{ м}$ до $L_{\max}=350 \text{ м}$ отримані однакові абсолютні відмітки глибини закладання фундаментів опор $\nabla H_{\phi,р}=\nabla H_{\phi,з}=60,39 \text{ м}$. У такому випадку для подальших розрахунків приймаємо мінімальний розмір $L_{\min}=336 \text{ м}$ як найбільш оптимальний, що, як свідчить практичний досвід, відповідатиме мінімуму будівельних і експлуатаційних витрат.

Г.4. ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ ПІДПОРІВ НА МОСТОВОМУ ПЕРЕХОДІ

При стисненні річки спорудами мостового переходу відбувається зміна рівнів води, що впливає на встановлення мінімальної необхідної висоти підходів до моста (більш детально див. у розділі 6).

Початковий підпір Δz_0 на початку стиснення водного потоку перед мостовим переходом визначаємо за формулою (6.1):

$$\Delta z_0 = 1,5 l_{cm} I_n \left(K \frac{\beta^2}{\varepsilon^{10/3}} - 1 \right) (1 + \chi), \text{ м},$$

де

$$l_{cm} = \frac{B_0 - L}{1 + B_{м,з}/B_{б,з}} = \frac{(B_{л,з} + B_{р,н} + B_{н,з}) - L}{1 + B_{л,з}/B_{н,з}} = \frac{(90 + 304 + 619) - 336}{1 + 90/619} = 591,06 \text{ м}$$

(тут $B_{м,з}=B_{л,з}=90 \text{ м}$, $B_{б,з}=B_{н,з}=619 \text{ м}$, $B_{р,н}=304 \text{ м}$ (див. рис. Г.4 і табл. Г.2) і $L=L_{\min}=336 \text{ м}$ (див. табл. Г.6);

$$P_{\omega} = \frac{\omega_{п,р}}{\omega_{д,р}} = \frac{h_{р,м} B_{р,м} + h_{з,м} (L - B_{р,м})}{h_{р,н} B_{р,н} + h_{з,н} (L - B_{р,н})} = \frac{23,2 \cdot 316,48 + 4,37(336 - 316,48)}{14,72 \cdot 304 + 4,37(336 - 304)} = 1,61$$

(тут $h_{р,н}=h_{р,н(сеп)}=14,72 \text{ м}$, $B_{р,н}=304 \text{ м}$, $h_{з,н}=h_{з,н(сеп)}=4,37 \text{ м}$ (див. рис. Г.4 і табл. Г.2), $h_{р,м}=h_{р,м(\max)}=h_{гелол}=23,20 \text{ м}$, $B_{р,м}=316,48 \text{ м}$, $h_{з,м}=h_{з,н}=h_{з,н(сеп)}=4,37 \text{ м}$ (див. табл. Г.6));

$$I_n=0,00005 \text{ (див. табл. Г.2); } \beta=\beta^{(L_{\min})}=1,066 \text{ (див. табл. Г.6);}$$



$$K = \frac{1,3}{\sqrt{\beta P_{\sigma}^{1,2\beta}}} = \frac{1,3}{\sqrt{1,066 \cdot 1,61^{(1,2 \cdot 1,066)}}} = 0,929, \text{ оскільки } P_{\sigma}=1,61 > 1,2;$$

$\chi = l_e/l_{cm} = 0/591,06 = 0$ (тут $l_e = 0$, оскільки з табл. Б.8 при $\beta = 1,066$ маємо $s = l_e/L = 0$).

Величину Δz_0 визначимо методом послідовних наближень як це викладено у розділі 6.

На першому етапі задаємось відносним підпором $\varepsilon_1 = 1,0$ та визначаємо початковий підпір Δz_{01} за вищенаведеною формулою (6.1):

$$\begin{aligned} \Delta z_{01} &= 1,5 l_{cm} I_n \left(K \frac{\beta^2}{\varepsilon_1^{10/3}} - 1 \right) (1 + \chi) = 1,5 \cdot 591,06 \cdot 0,00005 \times \\ &\times \left(0,929 \frac{1,066^2}{1^{10/3}} - 1 \right) (1 + 0) = 0,0024 \text{ м} = 0,24 \text{ см}. \end{aligned}$$

На другому етапі за формулою (6.3), підставивши у неї значення Δz_{01} , знаходимо відносний підпір ε_2 , а далі – за формулою (6.1) відповідний йому початковий підпір Δz_{02} :

$$\varepsilon_2 = (h_n + \Delta z_{01})/h_n = (13,73 + 0,0024)/13,73 = 1,000172$$

(тут $h_n = \frac{h_{p,n} B_{p,n} + h_{3,n} (L - B_{p,n})}{B_{p,n} + (L - B_{p,n})} = \frac{14,72 \cdot 304 + 4,37(336 - 304)}{304 + (336 - 304)} = 13,73 \text{ м}$);

$$\begin{aligned} \Delta z_{02} &= 1,5 l_{cm} I_n \left(K \frac{\beta^2}{\varepsilon_2^{10/3}} - 1 \right) (1 + \chi) = 1,5 \cdot 591,06 \cdot 0,00005 \times \\ &\times \left(0,929 \frac{1,066^2}{1,000172^{10/3}} - 1 \right) (1 + 0) = 0,0023 \text{ м} = 0,23 \text{ см}. \end{aligned}$$

Перевіряємо виконання умови $|\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1}| \leq 0,01$.

Оскільки $\varepsilon_2 - \varepsilon_1 = 1,000172 - 1,0 = 0,000172 < 0,01$, то остаточно приймемо відносний підпір $\varepsilon = 1,0$ і відповідний йому початковий підпір $\Delta z_0 = 0,0024 \text{ м} = 0,24 \text{ см}$.

Повний підпір визначаємо за відомих відносного підпору $\varepsilon = 1,0$ і відповідного йому початкового підпору $\Delta z_0 = 0,0024 \text{ м} = 0,24 \text{ см}$ (див. вищевикладене у цьому розділі Г.4 обчислення початкового підпору Δz_0) за формулою (6.9):

$$\Delta z = \Delta z_0 + 0,25 \beta I_n \left(\frac{l_{cm} - l_z}{l_{cm}} \right)^{1,2} (l_{cm} - l_z),$$

де $l_{cm} = 591,06 \text{ м}$; $I_n = 0,00005$ і $\beta = 1,066$ – те ж саме, що у формулі (6.1); l_z – відстань від моста до створу з повним підпором, обчислювана з виразу (6.10)

$$l_z = \frac{(\beta I \varepsilon^{5/3}) - 1}{\beta - 1} l_{cm} = \frac{(1,066/1^{5/3}) - 1}{1,066 - 1} \cdot 591,06 = 591,06 \text{ м}.$$

У результаті матимемо



$$\Delta z = \Delta z_0 + 0,25 \beta I_n \left(\frac{l_{cm} - l_z}{l_{cm}} \right)^{1,2} (l_{cm} - l_z) = 0,0024 + 0,25 \cdot 1,066 \cdot 0,00005 \times \\ \times \left(\frac{591,06 - 591,06}{591,06} \right)^{1,2} (591,06 - 591,06) = 0,0024 \text{ м} = 0,24 \text{ см.}$$

Як бачимо, $l_z = l_{cm} = 591,06 \text{ м}$ і $\Delta z = \Delta z_0 = 0,0024 \text{ м} = 0,24 \text{ см}$, підтверджуючи відомий висновок (див. коментарі до формули (6.11)) про те, що за малих величин побутового ухилу (коли $I_n \leq 0,0001$; а у нашому випадку маємо $I_n = 0,00005 < 0,0001$) значення початкового Δz_0 і повного Δz підпорів збігаються.

Підпір біля насипу підходу до моста визначаємо за формулою (6.12):

$$\Delta z_n = \Delta z + I_n l_z = 0,0024 + 0,00005 \cdot 591,06 = 0,032 \text{ м} = 3,2 \text{ см}$$

(тут позначення ті ж самі, що й у наведених вище формулах цього розділу Г.4).

Отже, абсолютна відмітка підпору біля насипу становитиме

$$\nabla H_{\text{підп}} = PPBV + \Delta z_n = 92,4 + 0,032 \approx 92,43 \text{ м.}$$

Г.5. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОГО СУДНОПЛАВНОГО РІВНЯ (РСР). ОБЧИСЛЕННЯ ВІДМІТКИ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ МОСТА

У даному курсовому проекті розрахунковий судноплавний рівень РСР не визначаємо, оскільки згідно із завданням на проектування річка є несудноплавною.

Мінімальну абсолютну відмітку проїзної частини моста ∇H_m як для мостів через несудноплавні річки (див. рис. 7.1,а) визначаємо із виразу (7.1):

$$\nabla H_m = PPBV + \Gamma_n + h_{\text{кон}} = 92,4 + 2,0 + 2,0 = 96,4 \text{ м,}$$

де $PPBV = 92,4 \text{ м}$; $\Gamma_n = 2,0 \text{ м}$ – підмостовий габарит при корчеході; $h_{\text{кон}} = h_\sigma + h_{\sigma,0} = 1,85 + 0,15 = 2,0 \text{ м}$; $h_\sigma = 1,85 \text{ м}$ – товщина балки ребристої прогонової будови із попередньо напруженого залізобетону довжиною $L_n = 42 \text{ м}$ (див. табл. Б.2) разом з опорними частинами; $h_{\sigma,0} = 0,15 \text{ м}$ – товщина дорожнього одягу.

Г.6. ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОЇ ВІДМІТКИ ЗАПЛАВНОГО ЗЕМЛЯНОГО НАСИПУ НА ПІДХОДАХ ДО МОСТА

Мінімальну абсолютну відмітку брівки заплавного земляного насипу на підходах до моста визначаємо за формулою (8.1):

$$\nabla H_{\text{б.н}(\text{мін})} = PPBV + \Delta z_n + h_{\text{наб}} + h_{\text{зан}}, \text{ м,}$$

де $PPBV = 92,4 \text{ м}$; $\Delta z_n = 0,032 \text{ м} = 3,2 \text{ см}$ – величина підпору біля насипу; $h_{\text{зан}}$ – конструктивний запас, який для підходів до моста приймаємо $h_{\text{зан}} = 0,5 \text{ м}$ (із міркувань забезпечення невідтоплення дорожнього одягу та його основи); $h_{\text{наб}}$ – висота можливого набігання хвилі на укіс насипу (див. рис. 8.1), обчислювана з виразу (8.2):



$$h_{наб} = \frac{4,3k_{ш}h_{хв}}{m_n} = \frac{4,3 \cdot 0,9 \cdot 0,874}{2} = 1,69 \text{ м,}$$

тут $k_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості укосу насипу, який приймається залежно від типу укріплення укосу з табл. Б.12 і у випадку застосування збірних бетонних плит становить $k_{ш}=0,9$; $h_{хв}$ – висота хвилі, яку на неглибоких частинах водотоків приймають $h_{хв} \approx 0,2h_{з(сеп)} = 0,2 \times 4,37 = 0,874 \text{ м}$ ($h_{з(сеп)} = h_{н.з(сеп)} = 4,37 \text{ м}$ – середня глибина водного потоку на заплаві; див. рис. Г.4, табл. Г.2 і табл. Г.6); m_n – коефіцієнт закладання укосу насипу, який для підтоплюваних укосів приймають $m_n=2$.

У результаті матимемо

$$\nabla H_{бл(\min)} = PPBB + \Delta z_n + h_{наб} + h_{зан} = 92,4 + 0,032 + 1,69 + 0,5 \approx 94,62 \text{ м.}$$

Тип укріплення укосів заплавної земляного насипу на підходах до моста призначаємо залежно від швидкості течії й висоти хвилі за табл. Б.13.

Г.7. ПРОЕКТУВАННЯ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ

Поздовжній профіль мостового переходу в межах ширини розлиття річки складається з таких характерних ділянок: *I* – міст і ділянки високих насипів, що примикають до нього; *II* – низький заплавної насип; *III* – ділянки спряження низьких і високих заплавної насипів (див. рис. 9.1).

При прийнятій на підставі розрахунків величині отвору моста L його довжину L_m орієнтовно визначаємо за формулою (9.1):

$$\begin{aligned} L_m &= L + 2m(\nabla H_m - PPBB) + 2l_{он.б} = \\ &= 336 + 2 \cdot 2 \cdot (96,4 - 92,4) + 2 \cdot 5 = 362 \text{ м} \end{aligned}$$

де $L=L_{\min}=336 \text{ м}$ – прийнятий розмір отвору моста (див. табл. Г.6 і висновок до розділу Г.4); $m=2$; $\nabla H_m=96,4 \text{ м}$; $PPBB=92,4 \text{ м}$; $l_{он.б}=5 \text{ м}$.

При обранні проектного рішення враховуємо особливості розташування русла річки в поперечному перерізі річкової долини, вимоги забезпечення відведення води з проїзної частини моста, конструктивні особливості прогонних будов.

Проектуємо поздовжній профіль мостового переходу за умови розташування моста на горизонтальній прямій.

Мінімальну сумарну довжину моста й високих заплавної насипів, у межах якої не допускається змін елементів проектною лінії, визначаємо з виразу (9.2):

$$L_{np} = L_m + 20 = 362 + 20 = 382 \text{ м.}$$

Оскільки зазначена ділянка проектується у вигляді прямої горизонтальною лінії, то її абсолютна відмітка становить $\nabla H_m=96,4 \text{ м}$.

З метою оптимізації вартості й термінів будівництва при виконанні великих обсягів земляних і укріплювальних робіт на підходах до моста значну частину повздовжнього профілю проектуємо як горизонтальний насип опти-

мальної висоти з абсолютною відміткою $\nabla H_{\delta.n(\min)}=94,62$ м.

Ділянки спряження високого й низького заплавлених насипів складаються з прямої вставки з ухилом $I_{np.в}$ та опуклої й увігнутої вертикальних кривих, що до неї (вставки) примикають.

Ухил прямої вставки $I_{np.в}$, що відповідає найменшому обсягу земляних робіт на ділянці спряження, визначаємо за формулою (9.3):

$$I_{np.в} = \sqrt{\frac{\nabla H_M - \nabla H_{\delta.n(\min)}}{R_{on}}} = \sqrt{\frac{96,4 - 94,62}{9000}} = 0,0141,$$

де $R_{on}=9000$ м – мінімальний радіус опуклої кривої у поздовжньому профілі при розрахунковій швидкості руху транспорту на рівнинній місцевості 90 км/год для автомобільної дороги II-ої категорії (див. табл. Б.14 і табл. Б.15).

Довжину опуклої вертикальної кривої, що спрягає горизонтальну ділянку з ділянкою, котра має ухил $I_{np.в}$, обчислюємо з виразу (9.4):

$$l_{on} = R_{on} I_{np.в} = 9000 \cdot 0,0141 = 126,90 \text{ м.}$$

Різницю відміток між початком і кінцем кривої знаходимо зі співвідношення (9.5):

$$h_{on} = \frac{l_{on}^2}{2R_{on}} = \frac{126,9^2}{2 \cdot 9000} = 0,90 \text{ м.}$$

Аналогічні формули застосовуємо і для увігнутої кривої:

– довжина увігнутої кривої (див. вираз (9.6))

$$l_{yв} = R_{yв} I_{np.в} = 2100 \cdot 0,0141 = 29,61 \text{ м,}$$

де $R_{yв}=2100$ м – мінімальний радіус увігнутої кривої у поздовжньому профілі при розрахунковій швидкості руху транспорту на рівнинній місцевості 90 км/год для автомобільної дороги II-ої категорії (див. табл. Б.14 і табл. Б.15);

– різниця відміток між початком і кінцем увігнутої кривої (див. вираз (9.7))

$$h_{yв} = \frac{l_{yв}^2}{2R_{yв}} = \frac{29,6^2}{2 \cdot 2100} = 0,21 \text{ м.}$$

Довжину прямої вставки з ухилом $I_{np.в}$ між опуклою й увігнутою кривими визначаємо за формулою (9.8):

$$l_{np.в} = \frac{\nabla H_M - \nabla H_{\delta.n(\min)} - h_{on} - h_{yв}}{I_{np.в}} = \frac{96,4 - 94,62 - 0,90 - 0,21}{0,0141} = \frac{0,67}{0,0141} = 47,52 \text{ м.}$$

Пікетаж характерних точок проектної лінії мостового переходу такий:

- початок моста (з абсолютною відміткою $\nabla H_M=96,4$ м) – ПК 1+20,0;
- кінець моста (з абсолютною відміткою $\nabla H_M=96,4$ м) – ПК 4+82,0;
- початок опуклої вертикальної кривої (з абсолютною відміткою $\nabla H_M=96,4$ м) на спуску від моста – ПК 4+92,0;
- кінець опуклої вертикальної кривої (початок прямої вставки) – ПК 6+18,9;



– кінець прямої вставки (початок увігнутої вертикальної кривої) – ПК 6+66,4; природокористування

- кінець увігнутої вертикальної кривої (точки переходу до горизонтального низького насипу з абсолютною відміткою $\nabla H_{\delta,n(\min)}=94,62 \text{ м}$) – ПК 6+96,0;
- кінцева точка низького заплавного насипу на границі розливання річки під час розрахункової повені – ПК 11+76,9.

Поздовжній профіль мостового переходу через річку представлений на рис. Г.11.

Г.8. ПРОЕКТУВАННЯ ПОПЕРЕЧНИХ ПРОФІЛІВ ЗАПЛАВНИХ НАСИПІВ НА ПІДХОДАХ ДО МОСТА

Ширину заплавних насипів поверху призначаємо 15 м відповідно до категорії дороги II за табл. Б.16, а ухил укосів – у залежності від висоти насипу й умов його роботи згідно з рис. 10.1.

У низьких заплавних насипів із відміткою $\nabla H_{\delta,n(\min)}=94,62 \text{ м}$ укіс, що омивається водою, проектуємо не крутіше ніж 1:2 із виположенням кожних нижніх 6...8 м на 0,25 висоти (рис. Г.12, а).

У високих насипів укоси на відмітках $\nabla H_{\delta,n(\min)}=94,62 \text{ м}$ і менше проектуємо так само, як у низьких заплавних насипів, а верхню частину насипу, не піддану впливу течії і хвиль, проектуємо як звичайний дорожній насип з укосами крутістю 1:1.5 (рис. Г.12, б).

Підтоплювану (омивану водою) частину високого укосу та його непідтоплювану (надводну) частину (так званий **сухий укіс**) спрягаємо горизонтальною площадкою (так званою **бермою**) шириною 3,0 м, улаштованою на рівні відмітки низького заплавного насипу $\nabla H_{\delta,n(\min)}$ (рис. Г.12, б). Улаштування берми забезпечує привантаження нижньої частини насипу й збільшує його стійкість, а також полегшує проведення ремонтних робіт під час повені.

Укоси заплавних насипів на мостових переходах, що розташовані нижче відмітки $\nabla H_{\delta,n(\min)}$, укріплюємо для захисту від впливу течії й хвиль високої води, навалу криги та ін. Тип укріплення, що залежить від багатьох чинників, призначаємо згідно з табл. Б.13. У нашому випадку при швидкості течії на правій заплаві $v_{n,з}=0,163 \text{ м/с}$ (див. табл. Г.2) і висоті хвилі без набігання $h_{хв}=0,874 \text{ м}$ (див. параграф Г.6) як достатньо ефективно й нескладне з точки зору технології монтажу влаштовуємо укріплення зі збірних залізобетонних розрізних плит розмірами 2,5×3,0 і 3,0×3,0 м та від 12 до 20 см завтовшки (див. [16, рис. 11.8 на с. 326]). Плити укладаємо на тришаровий зворотний фільтр (крупний пісок 10 см завтовшки – дрібний щебінь або гравій 10...15 см завтовшки – крупний щебінь або гравій до 20 см завтовшки лише під швами плит) упритул одна до одної із зазором між ними не більше ніж 1 см. Шви не перев'язуємо і не омонолічуємо. З'єднуємо плити за допомогою арматурних стержнів, які зварюємо або закріплюємо хомутиами.

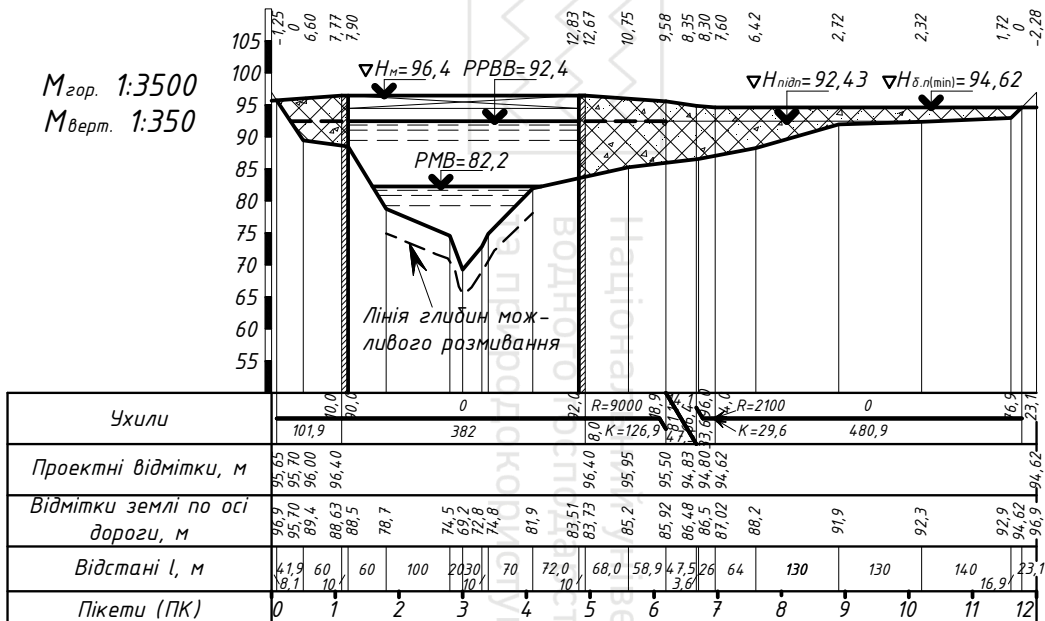


Рис. Г.11. Поздовжній профіль мостового переходу через річку



Укоси, що розташовані вище за берми, захищаємо лише від поверхневих вод, спричинених дощами й таненням снігу. Тут застосовуємо найбільш поширений спосіб захисту у вигляді засіювання незатоплюваних укосів травами або їхнє (укосів) одернування.

Поперечні профілі заплavnих насипів на підходах до моста та способи укріплення їхніх укосів представлені на рис. Г.12.

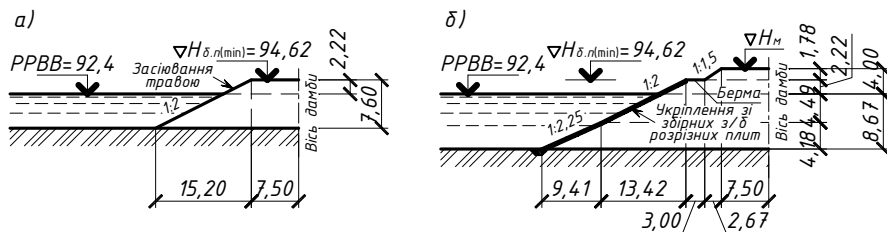


Рис. Г.12. Поперечні профілі підтоплених заплavnих насипів на підходах до моста та способи укріплення їхніх укосів: а – низький насип; б – високий насип

Г.9. ПРОЕКТУВАННЯ СТРУМЕНЕНАПРЯМНИХ ДАМБ

Заплавні незатоплювані струмененапрямні дамби призначені для розвантаження заплавної ділянки отвору моста від зайвої кількості води, плавного спрямування водного потоку під міст, ліквідації небезпечних місцевих розмивань біля конусів насипу, зменшення швидкості загального розмивання русла під мостом і забезпечення його (загального розмивання) рівномірності.

Умови, за яких на мостових переходах належить передбачати влаштування струмененапрямних дамб зазначені в ДБН В.2.3-14:2006 [2] і ДБН В.2.3-22:2009 [3] (більш детально див. у розділі 11). У нашому випадку, коли співвідношення заплаvnих витрат води на правій заплаві до загальної розрахункової витрати становить $(Q_{н.з}/Q) \cdot 100\% = 6,1\% < 15\%$ (див. рис. Г.4 і табл. Г.2), то зведення струмененапрямної дамби як окремої регуляційної споруди є **недоцільним**, а функцію струмененапрямної дамби виконуватиме ґрунтовий конус у місці примикання заплаvnого насипу підходу до стояна (берегової опори) моста (аналогічний випадок розглянутий у [16, с. 333]).

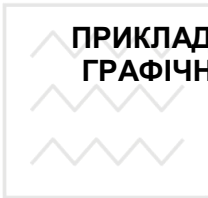
Перелік джерел посилання

1. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. – Чинні від 2016-04-01. – Київ : Мінрегіон України, 2015. – 104 с. – (Державні будівельні норми України).
2. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. – Чинні від 2007-02-01. – Київ : Мін-во будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 367 с. – (Державні будівельні норми України).



Національний університет
водного господарства
та природокористування

ДОДАТОК Д

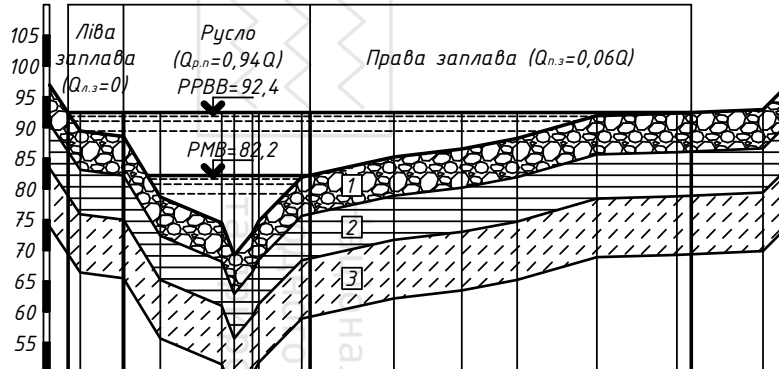


**ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ АРКУШІВ КРЕСЛЕНЬ
ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ЕЛЕМЕНТИ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ РІЧКОВОЇ ДОЛИНИ

$M_{гор.} 1:3500$
 $M_{верт.} 1:350$



Ширина ділянки $B, м$	$B_{л.з}=90$		$B_{р.п}=304$		$B_{п.з}=619$														
Площа перерізу $\omega, м^2$	$\omega_{л.з}=271,5$		$\omega_{р.п}=4475,4$		$\omega_{п.з}=2703,9$														
Середня глибина $h_{сер}, м$	$h_{л.з(сер)}=3,02$		$h_{р.п(сер)}=14,72$		$h_{п.з(сер)}=4,37$														
Коефіцієнт Шезі C	$C_{л.з}=9,6$		$C_{р.п}=57,2$		$C_{п.з}=11,3$														
Витратна хар-ка $K, м^3$	$K_{л.з}=4,428$		$K_{р.п}=982037$		$K_{п.з}=63861$														
Відмітки землі по осі дороги, м	96,9	92,4	89,4	88,5	78,7	74,5	69,2	72,6	74,8	81,9	82,2	85,2	86,5	88,2	91,9	92,3	92,4	92,9	96,9
Відстані $l, м$	3020	70	60	100	2030	70	74	136	110	90	130	130	23	117	40				
Пікети (ПК)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						

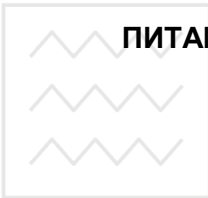
03-03 (шифр каф.), ХУЗ (шифр зал. кн.), КП
Штучні споруди на автомобільних дорогах
Проектування мостового переходу через річку
Елементи поперечного перерізу річкової долини
Класифікація: Штучні споруди на автомобільних дорогах
Класифікація: Проективання мостового переходу через річку
Класифікація: Елементи поперечного перерізу річкової долини
Лист: 1
Архив: 2
Новий: 1984, стан: АБД, IV курс, група АБД-41, Рівне 2018

Рис. Д.1. Приклад виконання аркуша 1 креслень графічної частини курсового проекту (“Елементи поперечного перерізу річкової долини”)



Національний університет
водного господарства
та природокористування

ДОДАТОК Е



ПИТАННЯ ДО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ

Національний університет
водного господарства
та природокористування



- а) до 10 м;
- б) від 10 до 25 м;
- в) від 25 до 50 м;
- г) від 50 до 100 м;
- д) більше 100 м.

Питання № 2. Для рівнинного рельєфу кількість малих мостів і труб на 1 км автомобільної дороги становить ...

- а) 0,3;
- б) 0,5...1,0;
- в) 1,0...1,5;
- г) 1,5...2,0;
- д) 2,0...5,0.

Питання № 3. У чому полягає принципова відмінність проектування малих мостів і труб від проектування великих мостів ?

- а) у підрахунку величини загальної витрати води Q ;
- б) у розмірах руслової частини річки;
- в) у поздовжньому перерізі профілю річки;
- г) у тому, що отвори малих мостів і труб визначають на основі розрахунку протікання води у нерозмивному руслі;
- д) у тому, що отвори малих мостів і труб через можливе розмивання dna русла визначають на основі руслових розрахунків.

Питання № 4. Як класифікують дорожні труби малих водопропускних споруд за режимом протікання води ?

- а) одноочкові (з одним отвором), двоочкові, багатоочкові;
- б) кам'яні, бетонні, залізобетонні;
- в) круглі, еліптичні, прямокутні;
- г) з обтічним, порталним, раструбним та коміроподібним оголовками;
- д) безнапірні, напівнапірні, напірні.

Питання № 5. Розрахунок дорожніх водопропускних споруд базується на загальній формулі зливогого стоку, що має вигляд ...

- а) $A = q \cdot U$;
- б) $R = \rho(l/S)$;
- в) $Q_{зл} = 16,7 a_{розр} F \alpha \varphi$;
- г) $H = i / (2\pi)$;
- д) $F = q v B \sin \alpha$.

Питання № 6. Для будь-яких розрахункових схем величину отвору малого моста обчислюють за формулою ...

$$а) b = \frac{Q_{\max}}{\sigma_{\text{зат}} m \sqrt{H_0^3 2g}} ;$$

$$б) b = l - \frac{Q_{\max}}{\sigma_{\text{зат}} m \sqrt{H_0^3 2g}} ;$$

$$в) b = \frac{Q_{\max}}{\sigma_{\text{зат}} m H_0^{3/2} \sqrt{2g}} ;$$

$$г) b = \frac{Q_{\max}}{\sigma_{\text{зат}} m H_0^{3/2} \sqrt{2g}} - l ;$$

$$д) b = \frac{Q_{\max}}{\sigma_{\text{зат}} m \sqrt{H_0^3 (2g)^{1/2}}} .$$

Питання № 7. До штучних споруд мостових переходів через великі водотоки відносять ...

- а) дорожні знаки та дорожню розмітку;
- б) регуляційні й захисні споруди;
- в) дорожні огороження;
- г) мости та підходи до них;
- д) світлофорну сигналізацію.

Питання № 8. До регуляційних і захисних штучних споруд мостових переходів через великі водотоки відносять ...

- а) шляхопроводи, естакади й акведуки;
- б) тунелі й пороми;
- в) струмененапрямні дамби й траверси;
- г) труби в насипу й дюкери;
- д) берегоукріплювальні й огороджувальні дамби.

Питання № 9. Основна вимога для мостового переходу через великий водотік - це ...

- а) пропускання транспортних засобів із заданою інтенсивністю й швидкістю руху, від чого залежать вантажопідйомність та габаритні розміри мостів і підходів до них;
- б) пропускання максимальної витрати води Q під час розрахункової повені;
- в) стійкість мостового переходу проти руйнівної дії річкового потоку;
- г) забезпечення безперешкодного руху суден та сплаву лісу відповідно на судноплавних і сплавних річках;
- д) зменшення шкідливого впливу мостового переходу на навколишнє середовище.

Питання № 10. Як класифікують мости залежно від терміну служби та розташування прогонової будови відносно горизонту високих вод ?

- а) автодорожні, залізничні, міські, пішохідні, суміщені, спеціальні;
- б) дерев'яні, кам'яні, бетонні, залізобетонні, металеві, сталезалізобетонні;
- в) із їздою поверху, із їздою понизу, із їздою посередині;
- г) висоководні, низьководні, підводні;
- д) тимчасові, постійні.

Питання № 11. Під висотою моста розуміють ...

- а) відстань від рівня проїзної частини по осі моста до розрахункового рівня високих вод *PPBB*;
- б) найменшу відстань від низу пролітної будови моста до розрахункового рівня високих вод *PPBB* або розрахункового судноплавного рівня *PCP* (для судноплавних річок);
- в) відстань від низу пролітної будови моста до рівня межених вод *PMB*;
- г) найбільша відстань від низу пролітної будови моста до рівня проїзної частини пролітної будови, що виміряна по її осі;
- д) відстань від рівня проїзної частини по осі моста до рівня межених вод *PMB*.

Питання № 12. Живлення річок відбувається, як правило, нерівномірно і може мати такі характерні фази:

- а) літня (або точніше – літньо-осіння) і зимова;
- б) малоінтенсивна, середньоінтенсивна та високоінтенсивна;
- в) льодовикова, снігова та дощова;
- г) повінь, паводок і межень;
- д) поверхнева й підземна.

Питання № 13. Повінь - це ...

- а) короткочасна фаза високої водності річки, що може кількаразово повторюватись у різні пори року внаслідок інтенсивного випадання дощів або танення снігу під час відлиги;
- б) фаза найбільшої водності річки з довготривалим високим рівнем води, що повторюється щорічно в одну й ту ж саму пору року від танення снігу та льоду;
- в) притаманна для однієї пори року довготривала маловодна фаза, що виникає через зменшення стоку як поверхневої, так і підземної води;
- г) фаза найбільшої водності річки з довготривалим високим рівнем води, що повторюється у різні пори року від випадання інтенсивних дощів або швидкого танення снігу під час відлиги;
- д) короткочасна фаза непередбаченого, неочікуваного, неперіодичного підняття рівня води в річці унаслідок швидкого танення льодовиків.

Питання № 14. Що таке гідроствор ?

- а) відстань між берегами річкової долини;
- б) пристрій для вимірювання глибини річки;
- в) поперечний переріз долини річки, в якому здійснюють гідрометричні роботи під час повені;
- г) період максимального стоку в річці;
- д) частина русла у границях рівня межені.

Питання № 15. Водомірний графік наочно демонструє залежність ...

- а) $E=f(m)$;
- б) $F=f(m)$;
- в) $S=f(D)$;
- г) $\sigma=f(\varepsilon)$;
- д) $H=f(T)$.

Питання № 16. Гідрограф стоку - це ...

- а) спеціальний пристрій для вимірювання висоти повеневої води;
- б) автоматичний комплект для фіксації витрат повеневої води;
- в) прилад для вимірювання швидкості повеневої води;
- г) графік зміни витрати води під час повені за певний період часу для даного створу річки;
- д) кут нахилу вільної поверхні водного потоку до горизонту.

Питання № 17. Гідрограф стоку наочно демонструє графічну залежність ...

- а) $Q=f(T)$;
- б) $m_0=f(e,p)$;
- в) $E=f(e,m_0)$;
- г) $\tau=f(\sigma)$;
- д) $c=f(\sigma, \vartheta)$.

Питання № 18. Рівняння водного балансу для суші має такий вигляд:

- а) $Z_c = X_c + I_{нов} + I_{нідз}$;
- б) $X_c = Z_c + I_{нов} + I_{нідз}$;
- в) $X_c = Z_c + I_{нов}$;
- г) $X_c - Z_c = I_{нов} + I_{нідз}$;
- д) $X_c = Z_c + I_{нідз}$.

Питання № 19. Математичний запис формули Коріоліса для визначення прискорення, якого набуває тіло, що рухається поступально за одночасного його обертання, має вигляд ...

- а) $F = q \cdot E$;



- б) $i = U/R$;
- в) $g = 2\omega v \sin \alpha$;
- г) $\Phi = B \cdot S$;
- д) $S = E \cdot H$.

Питання № 20. Наноси - це ...

- а) ділянки земної поверхні, що обмежують річкову долину з боків;
- б) частина дна річки, що розміщена з одного або обох боків русла;
- в) узвишшя на заплавної частині річкової долини;
- г) продукти руйнування гірських порід у вигляді великих уламків та різнозернистих частинок незв'язних (сипких) і зв'язних ґрунтів, що переносяться турбулентним потоком річкової води;
- д) пагорби біля гірських річок.

Питання № 21. Які ознаки стрічкового руслового процесу ?

- а) русло прямолінійне або слабкозвивисте, повороти збігаються з поворотами долини, береги задерновані та без слідів підмиву, заплави немає;
- б) русло не прямолінійне, повороти не збігаються з поворотами долини;
- в) береги круті й розмиті;
- г) русло слабовиражене, колійне;
- д) широкі заплави, що часто затоплюються й розмиваються.

Питання № 22. За яким рівнем води визначають генеральні розміри споруд мостового переходу ?

- а) побутовим (*РВП*);
- б) межні (*РМВ*);
- в) руслоформувальним (*РРВ*);
- г) розрахунковим судноплавним (*РСП*);
- д) розрахунковим високої води (*РРВВ*).

Питання № 23. Гідрологічний розрахунок при проектуванні мостового переходу виконують для ...

- а) визначення максимального рівня високої води *РРВВ* розрахункової ймовірності перевищення під час повені;
- б) прийняття оптимального отвору моста;
- в) розрахунку відмітки проїзної частини моста та визначення розрахункового судноплавного рівня;
- г) проектування поздовжніх і поперечних профілів заплавної насипів підходів до моста;
- д) зведення струмененапрямних дамб.

Питання № 24. Відлік висотних відміток у місці мостового переходу ведуть від відносного нуля графіка водомірного поста $\nabla H_{н.з.}$, який рекомендують встановлювати ...

- а) на 0,5 м вище за рівень води в період межені *PMB*;
- б) на 0,5 м нижче за рівень води в період межені *PMB*;
- в) на 3 м вище за рівень дна річки;
- г) на 5 м нижче за прогнозований рівень високої води *PPBV*;
- д) довільно.

Питання № 25. Емпірична ймовірність можливого перевищення будь-якого з максимальних річних рівнів води під час повені ще більш високими рівнями може бути визначена, зокрема, за формулами М.М.Чегодаєва і С.М.Блікштейна, що мають такий вигляд:

а) $p_e = \frac{m}{n} 100\%$;

б) $p_e = \frac{m}{n+1} 100\%$;

в) $p_e = \frac{m-0,3}{n+0,4} 100\%$;

г) $p_e = 1 - \frac{m-0,3}{n+0,4} 100\%$;

д) $p_e = \frac{m-0,25-0,4/\lg n}{n+0,5-0,8/\lg n} 100\%$.

Питання № 26. Яка мета морфометричного розрахунку створу річки при проектуванні мостового переходу ?

- а) визначення розподілу витрати води між руслом і заплавами;
- б) розрахунок підпору на мостовому переході;
- в) визначення швидкостей течії у руслі й на заплавах;
- г) визначення середньої глибини річки у головному руслі і на заплавах;
- д) визначення уклону вільної поверхні водного потоку.

Питання № 27. Що таке морфоствор ?

- а) відстань від мостового переходу до найближчого населеного пункту;
- б) поперечний переріз долини річки з геометричними й морфометричними його характеристиками, який використовують для теоретичного розрахунку швидкостей течії й витрат води за рівнянням рівномірної течії рідини (рівнянням Шезі);
- в) габаритні розміри у плані моста, підходів до нього, а також усіх додаткових споруд мостового переходу;
- г) найбільша відстань між берегами річки;



д) лінія найбільших глибин по довжині русла річки.

Питання № 28. Глибина побутова - це ...

- а) осереднена глибина в руслі або на заплаві до стиснення водного потоку спорудами мостового переходу;
- б) максимальна глибина в руслі або на заплаві;
- в) мінімальна глибина в руслі або на заплаві;
- г) глибина в руслі або на заплаві в найширшому місці водного потоку;
- д) глибина в руслі або на заплаві в найвужчому місці водного потоку.

Питання № 29. Швидкість побутова - це ...

- а) швидкість течії у наймілкому місці водного потоку;
- б) швидкість течії у найглибшому місці водного потоку;
- в) осереднена швидкість течії у нестисненому підходами до моста водному потоці;
- г) швидкість течії у найширшому місці водного потоку;
- д) швидкість течії у найвужчому місці водного потоку.

Питання № 30. Отвір моста - це ...

- а) звужений переріз долини річки, призначений для будівництва моста;
- б) горизонтальна відстань між внутрішніми гранями берегових опор (так званих **стоянів**) чи між укосами конусів насипів для обсіпних стоянів, яку визначають на відмітці *РРВВ* за відрахуванням сумарної ширини проміжних опор;
- в) зона в районі мостового переходу, що періодично затоплюється під час повені підпертою водою;
- г) спрощене контурне зображення моста, яке вводять до розрахунку;
- д) просторовий контур, що обмежений внутрішніми гранями фундаментних опор, низом мостових конструкцій і рівнем меженної води *РМВ*.

Питання № 31. Збільшення повної (загальної) витрати води Q , що проходить крізь отвір моста після перекриття певної ширини заплави, характеризуються коефіцієнтом стиснення потоку β , який визначають за формулою ...

а)
$$\beta = 1 - \frac{Q}{Q_{p.n} + Q_{з.м.п}} ;$$

б)
$$\beta = \frac{Q}{Q_{p.n} + Q_{з.м.п}} - 1 ;$$

в)
$$\beta = \frac{Q_{p.n} + Q_{з.м.п}}{Q} ;$$

г)
$$\beta = \frac{Q}{Q_{p.n} + Q_{з.м.п}} ;$$



Національний університет
водного господарства
та природокористування

$$\beta = \frac{Q}{\sqrt{Q_{p.n} + Q_{з.м.п}}}$$

Питання № 32. Повноту розрахункової повені обчислюють за формулою ...

- а) $\Pi = 1 - (h_{n(сеп)} / h_{n(max)})$;
- б) $\Pi = (h_{n(сеп)} / h_{n(max)}) - 1$;
- в) $\Pi = h_{n(max)} / h_{n(сеп)}$;
- г) $\Pi = \sqrt{h_{n(сеп)} / h_{n(max)}}$;
- д) $\Pi = h_{n(сеп)} / h_{n(max)}$.

Питання № 33. Глибина розмивання - це ...

- а) відношення глибин річки після розмивання і до нього;
- б) різниця глибин річки після розмивання і до нього;
- в) сума глибин річки після розмивання і до нього;
- г) різниця ширини підмостового русла до загальної ширини річки;
- д) відношення ширини підмостового русла до загальної ширини річки.

Питання № 34. Які види розмивання можуть мати місце в русловій частині отвору моста під дією водного потоку ?

- а) побутове;
- б) епізодичне;
- в) загальне;
- г) місцеве;
- д) зосереджене.

Питання № 35. Середню нерозмивальну швидкість потоку для донних відкладень із незв'язних (сипких) ґрунтів визначають за формулою ...

- а) $v_{нер} = 1 - v_{н.д} (h_{p.n} / d)^{1/6}$;
- б) $v_{нер} = v_{н.д} (h_{p.n} / d)^{1/6}$;
- в) $v_{нер} = v_{н.д} (h_{p.n} / d)^{1/6} - 1$;
- г) $v_{нер} = v_{н.д} \sqrt[6]{h_{p.n} / d}$;
- д) $v_{нер} = 1 - \sqrt[6]{v_{н.д} (h_{p.n} / d)^{1/6}}$.

Питання № 36. Для кожного із шарів донних відкладень із незв'язних (сипких) ґрунтів середня нерозмивальна швидкість потоку $v_{нер,i}$ залежить від ...

- а) глибини залягання ґрунту i -го шару h_i ;
- б) коефіцієнта $K_{p\%}$, який урахує ймовірність (частоту) затоплення за-



плав

- в) донної нерозмивальної швидкості потоку для ґрунту i -го шару $u_{н.д.і}$;
- г) коефіцієнта $K_{П}$, який ураховує повноту розрахункової повені P ;
- д) середнього діаметра твердих мінеральних частинок ґрунту i -го шару d_i .

Питання № 37. Для кожного із шарів донних відкладень із зв'язних ґрунтів середня нерозмивальна швидкість потоку $u_{нер.і}$ залежить від ...

- а) побутової ширини русла $B_{р.п}$;
- б) назви ґрунту;
- в) побутової глибини річки в руслі $h_{р.п}$;
- г) глибини залягання ґрунту i -го шару h_i ;
- д) побутового ухилу вільної поверхні водного потоку I_n .

Питання № 38. За якого співвідношення між швидкістю водного потоку в підмостовому руслі після завершення загального розмивання $v_{р.м}$ і нерозмивальною швидкістю для ґрунтів донних відкладень $v_{нер}$ загальне розмивання на певній глибині стає неможливим ?

- а) $v_{р.м} = v_{нер}$;
- б) $v_{р.м} \geq v_{нер}$;
- г) $v_{р.м} \leq v_{нер}$;
- в) $v_{р.м} > v_{нер}$;
- д) $v_{р.м} < v_{нер}$.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Питання № 39. Глибину русла після розмивання біля опори моста визначають із виразу ...

- а) $h_{р.м} = h_{р.п} - \Delta h_{заг} + \Delta h_{міц}$;
- б) $h_{р.м} = h_{р.п} + \Delta h_{заг} + \Delta h_{міц}$;
- в) $h_{р.м} = h_{р.п} + \Delta h_{заг} - \Delta h_{міц}$;
- г) $h_{р.м} = h_{р.п} - \Delta h_{заг} - \Delta h_{міц}$;
- д) $h_{р.м} = \Delta h_{заг} + \Delta h_{міц} - h_{р.п}$.

Питання № 40. Коефіцієнт розмивання - це ...

- а) різниця глибини в руслі або на заплаві після розмивання до відповідної глибини до розмивання;
- б) сума глибини в руслі або на заплаві після розмивання до відповідної глибини до розмивання;
- в) відношення глибини в руслі або на заплаві після розмивання до відповідної глибини до розмивання;
- г) різниця глибини в руслі або на заплаві до розмивання до відповідної



д) відношення глибини в руслі або на заплаві до розмивання до відповідної глибини після розмивання.

Питання № 41. Глибину воронки місцевого розмивання біля мостової опори при незв'язних (сипких) і зв'язних ґрунтах розраховують за спрощеними теоретико-емпіричними формулами І.А.Ярославцева, що мають такий вигляд:

$$\text{а) } p v = \frac{m}{\mu} R T ;$$

$$\text{б) } h_{\text{в.м}} = 3,8 k_{\phi, \text{on}} \left(v_{\text{on}}^2 / g \right)^{0,9} b_{\text{on}}^{0,1} - 30 d ;$$

$$\text{в) } l = \frac{k T}{\sqrt{2 \pi \sigma^2} p} ;$$

$$\text{г) } h_{\text{в.м}} = 3,8 k_{\phi, \text{on}} \left(v_{\text{on}}^2 / g \right)^{0,9} b_{\text{on}}^{0,1} - \frac{6 v_{\text{неп}}^2}{g} ;$$

$$\text{д) } x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi) .$$

Питання № 42. У загальному випадку абсолютну відмітку глибини закладання фундаментів опор моста визначають із виразу ...

$$\text{а) } E = m c^2 ;$$

$$\text{б) } h = \frac{g t^2}{2} ;$$

$$\text{в) } F = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2} ;$$

$$\text{г) } \Delta Q = c m \Delta t ;$$

$$\text{д) } \nabla H_{\phi} = P P B B - h_{p..m(\max)} - \Delta h_{p..m(\max)} - h_{\text{в.м}} - \Phi .$$

Питання № 43. З яких міркувань на підставі комплексного аналізу конкуруючих даних про величини отвору моста L_i і відповідні глибини закладання фундаментів опор $H_{\phi, i}$ роблять висновок про найбільш оптимальний (найдоцільніший) розмір L_{opt} ?

а) щоби рух по мосту був зручним і безпечним без зниження швидкості;
 б) щоби міст забезпечував безпечне пропускання повеней і льодоходу;
 в) щоб окремі елементи моста та міст уцілому були міцними, стійкими й жорсткими;

г) щоби будівельні й експлуатаційні витрати були мінімальними;

д) щоби міст гармонізував із навколишньою місцевістю.

Питання № 44. Якою приймають величину Φ обов'язкового заведення фундаментів у ґрунт у випадку застосування масивних фундаментів ?

- а) не менше 0,5 м;
- б) не менше 1,0 м;
- в) не менше 2,5 м;
- г) не менше 5,0 м;
- д) не менше 7,5 м.

Питання № 45. Якою приймають величину Φ обов'язкового заведення фундаментів у ґрунт у випадку застосування пальових фундаментів ?

- а) не менше 0,5 м;
- б) не менше 1,0 м;
- в) не менше 2,5 м;
- г) не менше 5,0 м;
- д) не менше 7,5 м.

Питання № 46. Величини яких характерних підпорів визначають у зоні мостового переходу при його проектуванні ?

- а) початкового;
- б) загального;
- в) підмостового;
- г) повного;
- д) біля насипу.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Питання № 47. Мінімальну абсолютну відмітку проїзної частини моста через несудноплавні річки визначають за формулою ...

- а) $\nabla H_M = PPBB - \Gamma_n - h_{кон}$;
- б) $\nabla H_M = PPBB + \Gamma_n + h_{кон}$;
- в) $\nabla H_M = PPBB - \Gamma_n + h_{кон}$;
- г) $\nabla H_M = PPBB + \Gamma_n - h_{кон}$;
- д) $\nabla H_M = PPBB + \Gamma_n \cdot h_{кон}$.

Питання № 48. Мінімальну абсолютну відмітку проїзної частини на довжині судноплавних прогонів висоководного моста визначають за формулою ...

- а) $\nabla H_M = PCP + \Gamma_c \cdot h_{кон}$;
- б) $\nabla H_M = PCP - \Gamma_c \cdot h_{кон}$;
- в) $\nabla H_M = PCP + \Gamma_c + h_{кон}$;
- г) $\nabla H_M = PCP + \Gamma_c - h_{кон}$;
- д) $\nabla H_M = PCP - \Gamma_c + h_{кон}$.

Питання № 49. Перерва в судноплавстві t на річці, яку можна допустити під час проходження розрахункової повені, залежить від ...

- а) частини навігаційного часу k , виключеного із судноплавства; тривалості навігації T на даній річці; прискорення вільного падіння g ;
- б) частини навігаційного часу k , виключеного із судноплавства; тривалості навігації T на даній річці; розміру отвору моста L ;
- в) частини навігаційного часу k , виключеного із судноплавства; тривалості навігації T на даній річці; координат розташування водомірного поста x і y ;
- г) частини навігаційного часу k , виключеного із судноплавства; тривалості навігації T на даній річці; максимальної глибини в підмостовому руслі після його розмивання $h_{p.m(max)}$;
- д) частини навігаційного часу k , виключеного із судноплавства; тривалості навігації T на даній річці.

Питання № 50. Мінімальну абсолютну відмітку брівки заплавного земляного насипу на підходах до моста знаходять за формулою ...

- а) $\nabla H_{\bar{o}.n} = PPBB + \Delta z_n + h_{наб} + h_{зан}$;
- б) $\nabla H_{\bar{o}.n} = PPBB + \Delta z_n + h_{наб} - h_{зан}$;
- в) $\nabla H_{\bar{o}.n} = PPBB + \Delta z_n - h_{наб} - h_{зан}$;
- г) $\nabla H_{\bar{o}.n} = PPBB - \Delta z_n - h_{наб} - h_{зан}$;
- д) $\nabla H_{\bar{o}.n} = \Delta z_n + h_{наб} + h_{зан} - PPBB$.

Питання № 51. Висоту набігання хвилі на укiс насипу визначають із виразу ...

- а) $C = q/U$;
- б) $p = q \cdot l$;
- в) $h_{наб} = 4,3 \kappa_{ш} h_{хв} / m$;
- г) $P = i \cdot U$;
- д) $T = 2\pi \sqrt{L \cdot C}$.

Питання № 52. В якому випадку на мостовому переході влаштовують струмененапрямні дамби ?

- а) за наявності заплав, що пропускають не менше 15% розрахункової витрати води;
- б) у випадках необхідності впливу на русловий процес;
- в) за наявності косини потоку (коли очікуються значні швидкості течії вздовж насипу за напрямком до моста);
- г) за середніх розрахункових швидкостей течії під мостом до розмивання понад 1 м/с;
- д) за глибини в руслі не менше 5 м.

Питання № 53. За характером спрямування водних потоків і окресленням у плані струмененапрямні дамби поділяють на такі:

- а) верхові та низові;
- б) обтічні та відбійні;
- в) довгі та короткі;
- г) правобережні та лівобережні;
- д) криволінійні та прямолінійні.

Питання № 54. Корінь дамби - це ділянка струмененапрямної дамби ...

- а) у її найширшому місці;
- б) у її найвужчому місці;
- в) у місці примикання до насипу підходу до моста;
- г) у її найвищому місці;
- д) у її найнижчому місці.

ПРИМІТКА. У 36-ти питань (так званих *питань 1-го рівня складності*) із вищенаведеного переліку з 54-х питань – одна відповідь вірна; у решти 18-ти питань (так званих *питань 2-го рівня складності*) – дві і більше вірних відповідей.

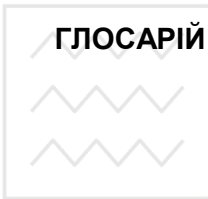


Національний університет
водного господарства
та природокористування



Національний університет
водного господарства
та природокористування

ДОДАТОК Ж



ГЛОСАРІЙ (словник основних термінів і понять)

Національний університет
водного господарства
та природокористування



1. Загальні відомості про автомобільні дороги

Автомобільна дорога – інженерна споруда, що призначена для руху автомобілів. Основними елементами є такі: земляне полотно, дорожній одяг, проїзна частина, узбіччя, штучні й лінійні споруди.

Категорія дороги – критерій, який характеризує народногосподарське значення автомобільної дороги в загальній транспортній мережі країни та обумовлений інтенсивністю руху на ній. Відповідно до категорії призначають всі технічні параметри дороги.

Штучні споруди – споруди, які влаштовують на дорогах при перетинанні рік, ярів, гірських хребтів, доріг і інших перешкод, снігозахисні, протиобвальні. До основних штучних споруд відносять мости, шляхопроводи, тунелі, естакади, труби, водовідвідні пристрої, галереї, підпірні стіни та ін.

2. Вишукування та проектування автомобільних доріг

Брівка – лінія перетинання площини укусу та поверхні земляного полотна в місці їхнього спряження. По брівці визначають робочі відмітки земляного полотна автомобільної дороги.

Відмітка поверхні землі – висота поверхні землі (у метрах і сантиметрах) над рівнем моря або деяким умовним рівнем.

Відмітка проектна – висота проектної лінії (брівки земляного полотна) на поздовжньому профілі над рівнем моря або деяким умовним рівнем.

Відмітка робоча (висота насипу, глибина виїмки) – різниця проектної відмітки (брівки земляного полотна) і відмітки землі по осі дороги.

Вісь автомобільної дороги – умовна лінія, що проходить посередині проїзної частини або розділювальної смуги.

Вставка пряма – пряма ділянка траси між сусідніми кривими в плані.

Крива в поздовжньому профілі (вертикальна) – крива, що спрягає перелом поздовжнього профілю при зміні ухилу. Розрізняють такі криві: увігнуті, застосовувані при переході від спуску до підйому, а також при зменшенні ухилу на спуску або збільшенні на підйомі; опуклі, застосовувані при переході від підйому до спуску, а також при зменшенні ухилу на підйомі або збільшенні на спуску.

Підйом – відхилення проектної лінії від горизонталі угору.

Пікет – точка, яку фіксують на місцевості для нівелювання траси. Розрізняють власне пікети, що розташовані на нормальних відстанях одна від одної (100 м), і плюсові точки, що розташовані між пікетами.

Пікетаж – комплекс робіт, що включає промір довжини траси, розбивку траси на пікети, підготовку для нівелювання та зйомку плану дорожньої смуги – ситуації.

Проектування поздовжнього профілю – установлення положення земляного полотна дороги в поздовжньому профілі по відношенню до поверхні землі.



Профіль дороги поздовжній – розгорнута в площині креслення проекція осі дороги на вертикальну площину. Елементами поздовжнього профілю є опуклі й увігнуті криві та горизонтальні й похилі прямі (підйоми й спуски).

3. Земляне полотно та дорожні одяги

Берегозахисні споруди – система улаштувань для захисту автомобільних доріг, що проходять по березі, від зсувів, а також від абразії (руйнування хвилями й прибоєм берегів морів, озер, водоймищ) і бічної ерозії. Улаштовують у вигляді хвилевідбійних стін, підводних і надводних хвилеломів (для захисту підводного схилу) і бун (для захисту надводних схилів і приурезової зони), а також накиду із брил, габіонів і накиду з фігурних бетонних блоків (так званих *тетраподів*). Основна задача зводиться до гасіння енергії хвилі, накопиченню наносів на пляжі й у межах прибережної акваторії.

Берма – горизонтальна або злегка нахилена смуга (площадка), яку влаштовують на поверхні укосу насипу або виїмки з метою підвищення загальної стійкості укосу та проходження машин при виконанні будівельних і ремонтних робіт на укосі.

Дорожній одяг – багатошарова конструкція в межах проїзної частини автомобільної дороги, що сприймає навантаження від автотранспортного засобу і передає його на ґрунт основи. Дорожні одяги класифікують за типами, виходячи з їхньої капітальності.

Насип – інженерна земляна споруда, що влаштована із природних і (або) техногенних ґрунтів, у межах яких уся поверхня земляного полотна розташована вище рівня землі.

4. Будівництво автомобільних доріг

Виположення схилів – технологічні операції зі зрізування земляних мас на схилах і укосах у верхній частині й укладання їх у підніжжя для утримання від зсування. Здійснюють із метою підвищення безпеки руху автомобілів.

Замощення – процес улаштування мостової шляхом укладання на підготовлену основу (піщану, гравійну, бетонну) штучних матеріалів (брушатки, булижного каменю, шашки, плит, блоків).

Зменшення крутості укосів – технологічна операція, яку виконують шляхом виположення укосів насипів і виїмок.

Зміцнення укосів – забезпечення стійкості укосів земляного полотна різними способами – ущільненням, засіюванням травами, одернуванням, замощенням, кам'яним накидом, укладанням зміцненого ґрунту, асфальтобетонної суміші, асфальтових або бетонних плиток та ін.

Накид кам'яний – спосіб зміцнення затоплюваних укосів насипів вільним укладанням великого каменю неправильної форми.



5. Мостові споруди

Висота моста – відстань від рівня проїзної частини по осі моста до рівня меженних вод.

Висота під мостом вільна – найменша відстань від низу прогонової будови до рівня високих вод або розрахункового судноплавного рівня (якщо є судноплавство).

Вісь моста (вісь прогонової будови) – лінія, що збігається з віссю проїзної частини дороги або розділювальної смуги, відносно якої встановлюють положення й конфігурацію моста в плані й профілі.

Габарит наближення конструкцій – граничне перпендикулярне до поздовжньої осі моста окреслення простору, усередину якого не повинні заходити будь-які елементи конструкцій моста або розташованого на ньому обладнання.

Габарит підмостовий – граничне перпендикулярне до напрямку течії окреслення границь простору в прогоні моста, усередину якого не повинні заходити елементи конструкцій моста або розташованого під ним обладнання.

Довжина моста – відстань між *початком і кінцем моста*, виміряна по його осі. При цьому *початок моста* – перша за ходом відліку кілометражу точка перетинання лінії, що з'єднує кінці відкритків стояна чи інших видимих конструктивних елементів стояна або прогонової будови з віссю моста, без урахування перехідних плит, а *кінець моста* – остання за ходом відліку кілометражу точка перетинання лінії, що з'єднує кінці відкритків стояна чи інших видимих конструктивних елементів стояна або прогонової будови з віссю моста.

Довжина прогонової будови – відстань між крайніми конструктивними елементами прогонової будови, що виміряна по її осі.

Міст – споруда, що складається з опор і прогонових будов та призначена для пропускання транспортних шляхів через водні перешкоди.

Прогін (рос. мов. *пролёт*) **моста** – горизонтальна відстань між суміжними опорами.

Прогін (рос. мов. *пролёт*) **моста розрахунковий** – горизонтальна відстань між осями опорних частин, а за їхньої відсутності – між осями опор або умовних точок обпирання прогонової будови.

Споруда мостова – споруда, що складається з опор і прогонових будов та призначена для пропускання транспортного шляху або водоводу через різні перешкоди. До цієї групи споруд відносять мости, шляхопроводи, віадуки, естакади, акведуки, мости-канали, селедуки.

Схема моста – графічне зображення взаємного положення елементів моста із зазначенням основних розмірів прогонових будов і опор, поздовжніх ухилів, геологічних даних, а також рівнів води й льодоходу.

Оголовок опори – сама верхня частина опори моста, що служить для встановлення на неї опорних частин.

Одяг їздового полотна – сукупність укладених на плиту проїзної частини прогонової будови в межах їздового полотна елементів, що забезпечує захист несучих конструкцій від впливу води, комфортність і безпеку руху транспортних засобів та передає навантаження від транспортних засобів на плиту проїзної частини. На мостах із залізобетонною плитою проїзної частини одяг їздового полотна складається, як правило, із вирівнювального шару, гідроізоляції, захисного шару й покриття. На мостах із цементобетонним покриттям захисного шару не влаштовують. На мостах із сталевую плитою проїзної частини складається з антикорозійного й захисно-зчіплювального шарів та покриття.

Опора моста – несучий елемент мостової споруди, що підтримує прогонові будови та разом із власної вагою передає навантаження від них на ґрунтову основу.

Поділяють за такими ознаками:

а) за конструктивною формою:

масивна – опора без внутрішніх порожнин;

стовпчаста – опора без фундаменту, що виконана з одного або декількох суцільних або пустотілих стовпів, об'єднаних або необ'єднаних поверху ригелем;

стоякова – опора, частина якої вище за уступ фундаменту виконана зі стояків, об'єднаних поверху насадкою;

рамна – опора, що відрізняється від стоякових конструкцій несучим елементом у вигляді рам (плоских або просторових), зверху яких знаходиться оголовок;

пальова – опора, що складається з одного або двох рядів паль (по фасаді), об'єднаних поверху насадкою;

б) за місцем розташування в конструкції моста:

крайня (стоян) – опора, яку розташовують на початку та в кінці моста;

проміжна (бик) – опора багатопрогонового моста, що розташована між стоянами. Термін «бик» застосовують лише для жорстких масивних опор;

в) за місцем розташування в перерізі водотоку:

руслова – проміжна опора, що розташована в руслі річки, тобто в зоні середньої межені;

заплавна – опора, що розташована в заплавній частині отвору моста, тобто за межами середньої межені.

Основа природна під фундамент опори – частина ґрунтового масиву, що розташована нижче підшви фундаменту та в сторони від нього, сприймає всі навантаження, що передаються на неї фундаментом від надземної і (або) надводної частини споруди, та зазнає внаслідок цього певних деформацій.

Паля – стрижневий елемент круглого або прямокутного перерізу, який повністю або частково заглиблюють у ґрунт для передачі навантаження від споруди на основу.

Прогонова будова – несуча конструкція мостової споруди, що перекриває простір між опорами, сприймає навантаження від елементів мостового полотна, транспортних засобів і пішоходів та передає його на опори.



Стоян (опора берегова) – крайня опора моста в місці спряження його з насипом підходу, що сприймає навантаження від прогонової будови, ґрунту насипу й змінних навантажень, розташованих на насипу підходу до моста.

Тіло опори – частина масивної опори або стояна між їхнім оголовком і фундаментом.

Фундамент опори – нижня розвинута частина опори, що сприймає всі навантаження від вище розташованих частин (верхньої частини опори та прогонової будови) і разом із власною вагою передає їх на ґрунт основи.

6. Вишукування та проектування мостових переходів

Басейн (площа водозбору) – територія, з якої до споруди стікає вода від дощів зливогового характеру або (і) танення снігу.

Витрата води – об'єм води, що проходить через заданий переріз річки в одиницю часу.

Вишукування переходу – комплекс польових геодезичних, геологічних, гідрологічних, морфометричних і гідрометричних робіт, які виконують для розроблення проекту мостового переходу.

Водовідбійні пристрої – конструкції, що захищають конуси стоянів від розмивань.

Водомірний пост – місце на березі водного об'єкта (річки, озера або ін.), що обладнане для фіксації рівнів води. Відлік відміток рівнів на посту ведуть від умовної горизонтальної площини, яку називають *нулем графіка* та розміщують на 0,2...0,5 м нижче найменшого рівня води (зазвичай за таку відмітку приймають рівень межені) із тим, щоб уникнути від'ємних (мінусових) значень. При невеликих амплітудах коливання рівня (менше 10 м) улаштовують *рейковий* водомірний пост. Рівні при цьому заміряють за допомогою *водомірної рейки*, яку прикріплюють до опори моста, підпірної стіни або іншої гідротехнічної споруди та зв'язують нівелюванням із постійним репером на березі. При амплітудах коливання рівня води понад 10 м улаштовують *палевий* водомірний пост із декількох паль, забитих на березі в різних рівнях і зв'язаних між собою й постійним репером нівелюванням. Висоту рівня води в цьому випадку вимірюють за допомогою переносної водомірної рейки, яку встановлюють на найвищу затоплену палю.

Гідрограф – графік ходу витрати води під час повені для даного створу річки.

Гідрологічний пост – пункт на водному об'єкті, який обладнано спеціальними пристроями та приладами для проведення систематичних гідрологічних спостережень.

Гідроствор – поперечний переріз річкової долини, у якому здійснюють гідрометричні роботи під час повені.

Глибина побутова – глибина в руслі або на заплаві до стиснення потоку спорудами мостового переходу.



Глибина розмивання – різниця глибин у руслі або на заплаві після розмивання й до нього.

Дамба струмененапрямна – інженерна споруда у вигляді незатоплюваного укріпленого земляного насипу, що зводиться на заплавної ділянці моста та забезпечує рівномірне підведення заплавної вод в отвір моста й регулювання підмостового потоку.

За окресленням у плані розрізняють такі види струмененапрямних дамб:

прямолінійна – струмененапрямна дамба прямолінійної форми, що відтискає підмостовий потік від опор, захищаючи їх від підмивання;

грушоподібна – струмененапрямна дамба грушоподібної форми в плані, голова якої примикає до насипу;

шпороподібна – дамба, радіус кривини якої зростає від мінімального значення в голові дамби до найбільшого – у створі моста.

За положенням відносно осі моста розрізняють верхові й низові струмененапрямні дамби. Низові дамби – прямолінійні або мають незначну кривину і зазвичай у два рази коротші за верхові.

Деформації руслові побутові – переформування річкового русла в природному стані, що не пов'язане з будівництвом мостового переходу.

Долина річки – відносно вузьке заглиблення земної поверхні, що утворилось унаслідок тектонічних деформацій і діяльності льодовиків, а також подальшого формування під дією безперервного руху води.

Елюра швидкостей – графік розподілу швидкостей течії повеневого потоку на вертикалях гідроствору.

Елюра елементарних витрат – графік розподілу витрат повеневої води по поперечному перерізу річки.

Живий переріз – вертикальний нормальний до ліній течії поперечний переріз водного потоку.

Заплава – складена зв'язними ґрунтами намулку (так званими *нерушливими наносами*, що транспортуються транзитом у завислому стані та на формування русла не впливають) і вкрита рослинністю частина ширини річкової долини, якою рух води відбувається не упродовж усього року, а лише за її високих рівнів у періоди максимального стоку під час повеней і паводків.

Зона підтоплення – зона в районі мостового переходу, що періодично заливається підпертою водою під час повеней.

Зрізування під мостом – розширення русла під мостом (збільшення ширини фронту перенесення руслоформувальних наносів), яке влаштовують за рахунок видалення зв'язних ґрунтів намулку заплави, розвивають вверх і вниз від осі моста та плавню спрягають із нерозширеними частинами русла.

Клітковина ймовірностей – у спеціальний спосіб складена заготовка з рівномірною шкалою ординат і нерівномірною шкалою абсцис, що побудована з використанням трипараметричного рівняння гамма-розподілу та призначена для побудови емпіричних кривих ймовірності гідрометеорологічних величин.



Коефіцієнт розмивання – відношення глибини в руслі (або на заплаві) після розмивання до глибини до розмивання.

Коефіцієнт розмивання граничний – нормований коефіцієнт, що характеризує ступінь розмивання підмостового русла та перевищення якого спричиняє недопустиме огоління фундаментів опор або потребує економічно неоправданих витрат.

Коефіцієнт шорсткості – характеристика опору, яку поверхні русла або заплави чинять потоку води. Залежить від морфологічних особливостей водотоку, складу ґрунтів річкового дна, наявності рослинності й т. ін.

Конус насипу – частина насипу на підході до мостової споруди у формі зрізаного конуса, що безпосередньо примикає до стояна споруди.

Корінь дамби – ділянка струмененапрямної дамби, що примикає до насипу на підході до моста.

Крива витрат – графічне зображення залежності між витратою водного потоку й рівнем води. Розрізняють криві витрат, що отримані морфометричним розрахунком і побудовані за результатами гідрометричних спостережень.

Крива витрат гідрометрична – петлеподібна крива зв'язку рівнів, швидкостей течії й витрат у даному перерізі річки, що отримана за результатами гідрометричних спостережень у період повеней.

Крива ймовірностей витрат – крива розподілу максимальних витрат води, що побудована за результатами статистичної обробки ймовірностей спостережених перевищень максимальних витрат ще більш значними витратами з використанням теоретичних або емпіричних формул.

Межень – довготривала маловодна фаза у міжповеневий період, що характеризується зменшенням стоку поверхневої води та переважним живленням річки за рахунок ґрунтових вод.

Морфометричні роботи – польові роботи на річках, які виконують, як правило, у міжповеневий період для визначення кількісних співвідношень між геометричними, морфометричними й гідравлічними характеристиками русел і заплав річок.

Морфометричні розрахунки – розрахунки, які виконують на річках із невивченим гідрологічним режимом для оцінювання опірності річковому потоку поверхні русла й заплав за їхніми зовнішніми морфологічними й геометричними характеристиками з подальшим визначенням середніх швидкостей течії й витрат води за рівнянням рівномірної течії рідини (так званим *рівнянням Шезі*).

Морфоствор – поперечний переріз річкової долини з геометричними й морфометричними його характеристиками, який використовують для теоретичного розрахунку швидкостей течії й витрат води за рівнянням рівномірної течії рідини (так званим *рівнянням Шезі*).

Навігаційний період (навігація) – інтервал часу можливої за кліматичними умовами або фактичної роботи флоту на перевезеннях.

Насип фільтрувальний – насип, що відсипаний з фільтрувальних ґрунтів

у зоні тривалого підтоплення для запобігання верхньої частини земляного полотна від перезволоження. Служить для пропускання невеликих витрат води в основі земляного полотна.

Отвір моста – горизонтальна відстань між внутрішніми гранями берегових опор (так званих *стоянів*) або між укосами конусів насипів для обсіпних стоянів, яку визначають на відмітці розрахункового рівня високої води РРВВ перпендикулярно до напрямку потоку, за відрахуванням сумарної ширини проміжних опор (так званих *биків*) по фасаду.

Паводок – короточасна й неперіодична (тобто непрогнозована) фаза високої водності річки, яка може багаторазово повторюватись у різні пори року внаслідок інтенсивного випадання дощів, а іноді й одночасного швидкого танення снігу під час відлиг у басейні водотоку. Паводок класифікують як явище катастрофічне.

Перехід мостовий – комплекс споруд, призначених для подолання водної перешкоди. Складається з моста, підходів до нього у вигляді укріплених земляних насипів, берегозахисних і регуляційних споруд.

Період фізичної навігації (фізична навігація) – інтервал часу від початку очищення водного шляху від криги до початку стійкого кригоутворення.

Підпір – місцева зміна побутового рівня води в річці внаслідок стиснення потоку водопропускною спорудою або при льодових заторах, зажорах, заламах лісу, підтопленні від материнської річки, а також при згонно-нагонних явищах (спричинених дією вітру).

Розрізняють такі підпори:

початковий – підпір на початку зони стиснення потоку перед мостом;

підмостовий – зміна рівня води під мостом відносно побутового рівня.

Може бути більше, менше й рівним нулю;

повний – найбільший підпір вище моста;

біля насипу – найбільший підпір із верхнього боку насипу підходів;

загальний – загальний підпір для групових отворів на загальному розливі річки. Необхідний для визначення отворів заплавних мостів.

Підхід до моста – ділянка насипу земляного полотна дороги, що примикає до моста та призначена для в'їзду на міст і з'їзду з нього транспортних засобів.

Повінь, водопілля (рос. мов. *половодье*) – прогнозована фаза найбільшої водності річки з довготривалим високим рівнем води, що повторюється у даних кліматичних умовах щорічно в одну й ту ж саму пору року від танення снігу та льоду на площі водозбору. У мусонних і тропічних зонах причиною повені можуть стати тривалі сезонні дощі. Повінь класифікують як явище несприятливе.

Повнота повені – відношення середньої висоти водомірного графіка повені над заплавою до його максимальної висоти.

Пропускна здатність споруди – максимальна витрата води, яка може пройти через отвір споруди при заданому коефіцієнті запасу.

Процес русловий – природний процес формування річкового русла й заплавл, що характеризується взаємодією водного потоку з наносами.

Рівень води (РВ) – висота поверхні води, відлічувана відносно деякої площини порівняння.

Розрізняють такі рівні води:

розрахунковий (РРВВ) – рівень високої води розрахункової ймовірності перевищення, по якому визначають генеральні розміри споруд мостового переходу;

високої води (РВВ) – висота найвищого рівня підняття води в районі переходу, який спостерігають або визначають за непрямими ознаками;

межені (РМВ) – середній рівень води в річці у міжповенеувий період. Розрізняють рівень літньої й зимової межені;

розрахунковий судноплавний (РСР) – рівень води під мостом, який забезпечує експлуатацію водних транспортних засобів, установлюється розрахунком і приймається залежно від класу річки за судноплавуством.

Роботи гідрометричні – комплекс проведених на річках зазвичай під час повеней польових робіт, що пов'язаний з вимірюваннями ухилів вільної поверхні потоку, глибин річки, швидкостей течії, витрат води й наносів.

Роботи інженерно-геологічні – роботи, що включають у себе інженерно-геологічні зйомки, геофізичні дослідження й розвідувальні роботи з проведенням лабораторних аналізів порід і води.

Роботи морфометричні – комплекс виконуваних зазвичай у міжповенеувий період польових робіт, що пов'язаний з визначенням геометричних і морфометричних характеристик долини річки в місці переходу.

Розмивання русла – поглиблення русла в створі моста під впливом водного потоку.

Розрізняють такі розмивання:

побутове – прогнозоване додаткове поглиблення русла в створі моста в ході природного руслового процесу до будівництва мостового переходу;

місьцеве – розмивання на обмеженому просторі в місці набігання водного потоку на перешкоду (опору, насип, регуляційну споруду);

загальне – загальне пониження дна русла річки під мостом і на значному віддаленні вище й нижче моста, що пов'язане з перевантаженням русла додатковою витратою, яка зливається з частини зайнятих незатоплюваними підходами до моста заплавл.

Розрахунок гідрологічний – визначення розрахункових величин рівнів, витрат і швидкостей течії річкового потоку в даному створі річки.

Розрахунок отвору моста – обчислення мінімального отвору моста по фасаду з урахуванням зрізування підмостового русла та визначення відповідного розрахункового сумарного розмивання (загального максимального розмивання, місцевого розмивання й гарантійного запасу).

Рисберма – кам'яна захисна призма, яку влаштовують у підшві насипів, а також за плоскими капітальними укріпленнями в нижньому б'єфі труб і

малих мостів для запобігання розмивання.

Русло річки – вимита водним потоком найбільш знижена частина ширини річкової долини, на якій відбувається транспортування сучасного алювію (руслоформувальних наносів) під час повеней і паводків та стік води в межений період без затоплення заплав.

Споруди регуляційні – споруди в системі мостового переходу, що призначені для регулювання водного потоку на підході до моста й виході з нього з метою запобігання ґрунту біля опор моста й берегів водотоку від значного розмивання. Їх улаштовують у вигляді *струмененапрямних дамб* і *траверс*.

Створ водотоку – умовний вертикальний нормальний до загального напрямку водного потоку переріз.

Стиснення річки – зменшення живого перерізу річки в результаті будівництва мостового переходу.

Траверс струменевідбійний – поперечна незатоплювана укріплена земляна споруда, що примикає до насипу з боку основного потоку та захищає його від розмивання поздовжніми течіями.

Швидкість нерозмивальна – швидкість течії, яка відповідає першому зрушенню донного алювію.

Швидкість побутова – швидкість течії у нестисненому водному потоці.

Швидкість розрахункова – швидкість течії у підмостовому руслі при витраті води заданої ймовірності перевищення. Розрізняють розрахункову швидкість до й після розмивання.

та природокористування

ПРИМІТКА. При складанні глосарія керувались літературними джерелами [7, 12, 13, 16, 31].



I. Нормативна література

1. **ДБН В.2.3-4:2015**. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. – Чинні від 2016-04-01. – Київ : Мінрегіон України, 2015. – 104 с. – (Державні будівельні норми України).
2. **ДБН В.2.3-14:2006**. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. – Чинні від 2007-02-01. – Київ : Мін-во будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 367 с. – (Державні будівельні норми України).
3. **ДБН В.2.3-22:2009**. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – Чинні від 2010-03-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 73 с. – (Державні будівельні норми України).

II. Стандарти

4. **ГОСТ 21.207-2013**. Система проектной документации для строительства. Условные графические обозначения на чертежах автомобильных дорог. – Дата введения – 2015-01-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 22 с. – (Межгосударственный стандарт).
5. **ДСТУ 3008:2015**. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. – Чинний від 2017-07-01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 26 с. – (Національний стандарт України).
6. **ДСТУ 8302:2015**. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – Чинний від 2016-07-01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 16 с. – (Національний стандарт України).
7. **ДСТУ Б А.1.1-100:2013**. Автомобільні дороги. Терміни та визначення понять. – Чинний від 2014-04-01. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 48 с. – (Національний стандарт України).
8. **ДСТУ Б А.2.4-2:2009**. Система проектної документації для будівництва. Умовні позначки і графічні зображення елементів генеральних планів та споруд транспорту. – Чинний від 2010-01-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 28 с. – (Національний стандарт України).
9. **ДСТУ Б А.2.4-4:2009**. Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації. – Чинний від 2010-01-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 74 с. – (Національний стандарт України).
10. **ДСТУ Б А.2.4-7:2009**. Система проектної документації для будівництва. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень. – Чинний від 2010-01-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 71 с. – (Національний стандарт України).



11. **ДСТУ Б А.2.4-13:2009.** Система проектної документації для будівництва. Умовні графічні зображення та умовні позначки в документації з інженерно-геологічних вишукувань. – Чинний від 2010-01-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 31 с. – (Національний стандарт України).

12. **ДСТУ Б В.2.1-2-96** (ГОСТ 25100-95). Основи та підвалини будинків і споруд. Грунти. Класифікація. – Чинний від 1997-04-01. – Київ : Державний комітет України містобудування і архітектури, 1997. – 47 с. – (Державний стандарт України).

13. **ДСТУ Б В.2.3-1-95** (ГОСТ 26775-97). Споруди транспорту. Габарити підмостові судноплавних прогонів мостів на внутрішніх водних шляхах. Норми і технічні вимоги. – Чинний від 1997-07-01. – Київ : Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України, 1998. – 19 с. – (Державний стандарт України).

III. Підручники

14. **Бабков В. Ф., Андреев О. В.** Проектирование автомобильных дорог : учеб. для вузов. В 2-х ч. Часть II. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1987. – 415 с.

15. **Инженерные** сооружения в транспортном строительстве : учеб. для студ. высш. учеб. заведений. В 2-х кн. Кн.2 / П. М. Саламахин, Л. В. Маковский, В. И. Попов и др.; под. ред. П. М. Саламахина. – М. : Изд. центр «Академия», 2007. – 272 с.

16. **Проектування** автомобільних доріг : підручник. У 2-х ч. Ч. 1 / О. А. Білятинський, В. Й. Заворицький, В. П. Старовойда, Я. В. Хом'як; за ред. О. А. Білятинського, Я. В. Хом'яка. – К. : Вища шк., 1997. – 518 с.

17. **Федотов Г. А., Поспелов П. И.** Изыскания и проектирование автомобильных дорог : учеб. для студентов вузов. В 2-х кн. Кн. 2. – М. : Высш. шк., 2010. – 519 с.

IV. Навчальні посібники та спеціальна література

18. **Андреев О. В.** Проектирование мостовых переходов : учеб. пособие для специальностей «Автомобильные дороги» и «Мосты и тоннели». – М. : Транспорт, 1980. – 212 с.

19. **Бойко Д. В.** Проектирование автодорожного моста (путепровода) : методические указания к практическим занятиям и контрольной работе по дисциплине «Инженерные сооружения в транспортном строительстве» для студентов специальности 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы» очной и заочной форм обучения. – Кемерово, 2012. – 49 с.

20. **Методические** рекомендации по гидравлическим и русловым расчётам мостовых переходов. – М. : Изд. «ГипродорНИИ», 1980. – 54 с.

21. **Наставление** по изысканиям и проектированию железнодорожных и

автотранспортных мостовых переходов через водотоки (НИМП-72) / ЦНИИС – Главтранспроект Министерства транспортного строительства СССР. – М. : Изд-во «Транспорт», 1972. – 280 с.

22. **Переходы** через водотоки / Л. Г. Бегам, Е. В. Болдаков, М. М. Журавлёв и др.; под ред. канд. техн. наук Л. Г. Бегам. – М. : Транспорт, 1973. – 456 с.

23. **Автомобильные** дороги (Примеры проектирования) : учеб. пособие для вузов / под ред В.С.Порожнякова. – М. : Транспорт, 1983. – 303 с.

24. **Пуркин В. И., Холин А. С.** Проектирование мостовых переходов : учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : МАДИ, 2014. – 60 с.

25. **Ротенбург И. С., Вольнов В. С.** Примеры проектирования мостовых переходов : учеб. пособие для студентов железнодорожных и автомобильно-дорожных институтов. – М. : Высш. школа, 1969. – 284 с.

26. **Шабалина Л. А.** Искусственные сооружения : учеб. пособие для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. – М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 264 с.

V. Довідкова література

27. **Бойчук В. С.** Довідник дорожника. – К. : Урожай, 2002. – 560 с.

28. **Георгиевский О. В.** Правила выполнения архитектурно-строительных чертежей : справочное пособие. – 2-е изд. испр. и доп. – М. : АСТ, Астрель, 2007. – 104 с.

29. **Проектирование** автомобильных дорог : Справочник инженера-дорожника / под ред. д-ра техн. наук Г. А. Федотова. – М. : Транспорт, 1989. – 437 с.

30. **Справочная** энциклопедия дорожника (СЭД). В 8-ми т. Том V. Проектирование автомобильных дорог / под ред. д-ра техн. наук д-ра техн. наук, проф. Г. А. Федотова и д-ра техн. наук, проф. П. И. Поспелова. – М. : ФГУП «Информавтотор», 2007. – 1466 с.

31. **Справочник дорожных терминов** / под ред. д-ра техн. наук проф. В. В. Ушакова. – М. : «ЭКОН-ИНФОРМ», 2005. – 256 с.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Навчальне видання

Крусь Юрій Олексійович

**ШТУЧНІ СПОРУДИ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ:
МОСТОВІ ПЕРЕХОДИ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ**

Навчальний посібник



Друкується в авторській редакції

Національний університет
водного господарства
та природокористування