

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра автомобільних доріг, основ та фундаментів

03-03-092М

Методичні вказівки

до виконання курсового проекту з навчальної дисципліни

«Штучні споруди на автомобільних дорогах»

для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-
професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та
заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості
ННІБА
Протокол № 2 від 04.10.2022 р.

Рівне – 2022

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з навчальної дисципліни «Штучні споруди на автомобільних дорогах» для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Крусь Ю. О. Павлюк А. П. – Рівне : НУВГП, 2022. – 54 с.

Укладачі: Крусь Ю. О., к.т.н., доцент кафедри автомобільних доріг, основ та фундаментів; Павлюк А. П., к.т.н., старший викладач кафедри автомобільних доріг, основ та фундаментів.

Відповідальний з випуску: Кузлюк М. Т., д.т.н., завідувач кафедри автомобільних доріг, основ та фундаментів

Керівник освітньої програми: Бабич Є. М., д.т.н., завідувач кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд.

Методичні вказівки схвалені на засідання кафедри
Протокол № 2 від 4 жовтня 2022 року

© Ю. О. Крусь
А. П. Павлюк, 2022
© НУВГП, 2022

Зміст

1. Вступ.....	4
2. Структура та обсяг курсового проекту, вимоги щодо його оформлення....	4
3. Завдання до виконання курсового проекту.....	7
4. Захист курсового проекту	15
5. Список літератури.....	17
6. Додаток А	19

1. Вступ

Основною метою виконання курсового проекту є закріплення й поглиблення знань студентів після вивчення теоретичної частини курсу, що стисло викладена в посібниках [1,2], а також ефективно 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.

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 закладання його опор, відмітка проїзної частини моста й брівки заплавного насипу на підходах до моста й т. ін.) значною мірою обґрунтовуються низкою важливих, складних і трудомістких гідрологічних, гідравлічних й руслових розрахунків. Тому в складі курсового проекту передбачені гідравлічні розрахунки. Приклади розв'язання задач з використанням гідравлічних розрахунків наведено в посібнику [1].

2. Структура і обсяг курсового проекту, вимоги до його оформлення

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

Завдання на проектування, яке наведено у розділі 3, визначається

відповідно до наданого викладачем варіанта та містить таку інформацію:

- вихідні дані до визначення розрахункового рівня високої води (РРВВ) (див. табл. 1);
- вихідні дані до морфометричного розрахунку поперечного перерізу (створу) річки (див. табл. 2);
- вихідні дані інженерно-геологічних вишукувань (див. табл. 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 заплавах ділянках отвору моста, місцевих розмивань біля опор моста, відміток підшви фундаментів мостових опор;

5) прийняття оптимального отвору моста;

6) визначення характерних підпорів на мостовому переході;

7) обчислення розрахункового судноплавного рівня (РСР) 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 заплачних 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 ДСТУ 3008:2015 [3], ДСТУ Б А.1.1-100:2013 [4], ДСТУ Б А.2.4-2:2009 [5], ДСТУ Б А.2.4-13:2009 [6].

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 чіткістю, логічністю та точністю. Опрацювання кожного питання має супроводжуватись усіма необхідними розрахунками, що представлені в [1] (див. розділи 1...11), та бути проілюстроване відповідними діаграмами, графіками, схемами, рисунками, зведеними таблицями.

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 [7] перелік джерел посилання із зазначенням основних елементів бібліографічного опису (прізвища автора, назви праці або документа, місця та року опублікування, назви видавництва, кількості сторінок).

До складу курсового проекту також входить відповідна до

розрахунково-пояснювальної записки графічна частина у вигляді двох аркушів креслень 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.

Конструктивні елементи мосту дозволяється приймати серійними (збірними) згідно діючих стандартів.

Креслення слід виконувати в програмному комплексі для автоматизованого проектування AutoCAD. При цьому необхідно дотримуватись вимог чинних стандартів [3...6].

Приклад оформлення пояснюючої записки та аркушів креслення курсового проекту наведено в додатку А. Нумерація формул в прикладі розрахунку та довідкових таблиць відповідає номерам формул та таблицям в посібнику [1]

3.Завдання до виконання курсового проекту.

Курсовий проект виконується відповідно до завдання, наведеного в даних методичних вказівках.

Вихідні дані до визначення розрахункового рівня високої води (РРВВ) та морфометричного розрахунку поперечного перерізу (створу) річки приймаються відповідно до вказаного викладачем варіанту і наведені в таблиці 1...2. Вихідні дані інженерно-геологічних вишукувань та побудови кривої швидкості течії у руслі наведені в таблицях 3...4. Номер варіанта вишукувань та швидкості течії додатково надає викладач.

Після виконання курсового проекту студент повинен виконати захист роботи. Порядок захисту і перелік орієнтовних питань при цьому наведені в пункті 4 методичних вказівок.

Таблиця 1

Вихідні дані до визначення розрахункового рівня високої води (PPBB)

№ вар.	Перевищення максимальних річних рівнів повеневої води H (см) над умовним нулем графіка водомірного поста $\nabla H_{н.с.}$													$\nabla H_{н.с.},$ M	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

Таблиця 2

Вихідні дані до морфометричного розрахунку поперечного перерізу (створу) річки

Варіант № 0																
Відмітки землі по осі дороги VH_{3i}	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 VH_{3i}	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 VH_{3i}	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 VH_{3i}	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 VH_{3i}	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 VH_{3i}	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

продовження табл. 2

Варіант № 6																
Відмітки землі по осі дороги $\nabla H_{3,i}$	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 $\nabla H_{3,i}$	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 $\nabla H_{3,i}$	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 $\nabla H_{3,i}$	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 $\nabla H_{3,i}$	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 $\nabla H_{3,i}$	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 $\nabla H_{3,i}$	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

продовження табл. 2

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

Таблиця 3

Вихідні дані інженерно-геологічних вишукувань

№ варіанта	№ ПЕ	Товщина ПЕ, 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 , 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	ПЕ-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
	ПЕ-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
	ПЕ-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	ПЕ-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
	ПЕ-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
2	ПЕ-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
	ПЕ-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
	ПЕ-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
3	ПЕ-3	8,4	Qa	4,8	12,2	19,1	17,4	25,5	15,0	6,0	---	---	---	---	---	---	1,95	---	---	28,0	0,0
	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
4	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
	ПЕ-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
	ПЕ-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
5	ПЕ-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
	ПЕ-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
	ПЕ-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
	ПЕ-3	11,2	Qa	4,6	12,8	21,6	22,6	23,4	15,0	---	---	---	---	---	---	---	1,92	---	---	38,1	0,0

продовження табл. 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

Таблиця 4

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 віднос- но 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			

4. Захист курсового проекту

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

До захисту проект допускається лише після повно його виконання згідно з наданим на проектування індивідуальним завданням.

Захист полягає в стислій доповіді студента по виконаному проекту та його відповідях на запитання викладача. 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 заплавних 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 заплавних 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?

5.Список літератури

1. Крусь Ю. О. Штучні споруди на автомобільних дорогах: мостові переходи через водотоки : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2018. 133 с.
2. Проектування автомобільних доріг. Частина 1. / Білятинський О. А., Заворицький В. Й., Старовойда В. П., Хомяк Я. В. К. : Вища школа, 1997. 518 с.
3. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. – Чинний від 2017-07-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 26 с. (Національний стандарт України).
4. 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).
5. 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).
6. 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 : Мінрегіон-буд України, 2009. 31 с. (Національний стандарт України).
7. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – Чинний від 2016-07-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с. (Національний стандарт України).
8. Бойчук В. С. Довідник дорожника. К. : Урожай, 2002. 560 с.
9. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
10. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія.
11. Хом'як Я.В. Проектування дорожніх покриттів. К.: Вища шк., 1960. 107 с.
12. 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).
13. 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).

14. 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).

15. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні ви-моги проектування. – Чинні від 2010-03-01. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 73 с. (Державні будівельні норми України).

6.Додаток А

Приклад виконання курсового проекту

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**»

Розробив:

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

Полюхович М.І.

Шифр зал. кн. - **ХУ**

Перевірив:

к.т.н., ст.викладач

Павлюк А.П. Ю.О.

Рівне - 2022

З М І С Т

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

А.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 ймовірності 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. А.1) і ранжирувану в убиваючому порядку (рис. А.2).

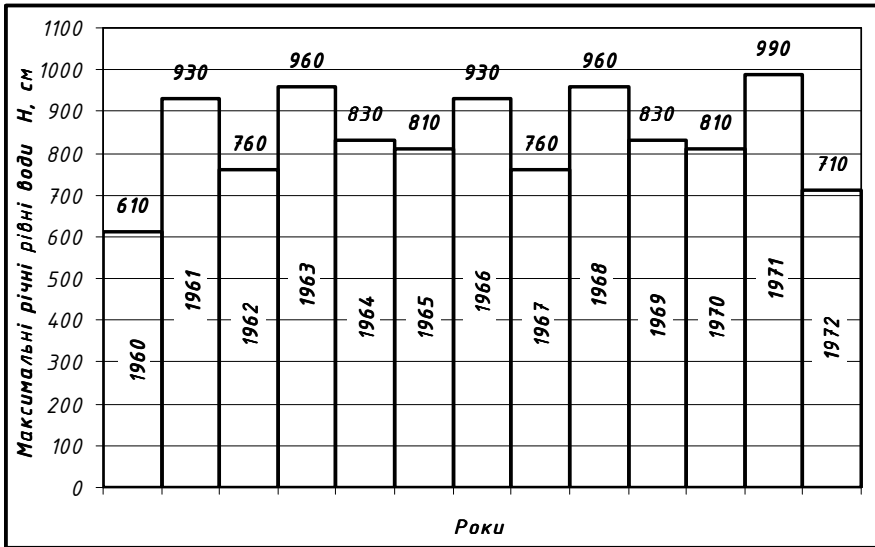


Рис. А.1. Хронологічна діаграма перевищень максимальних річних рівнів повеневої води H (см) над нулем графіка водомірного поста

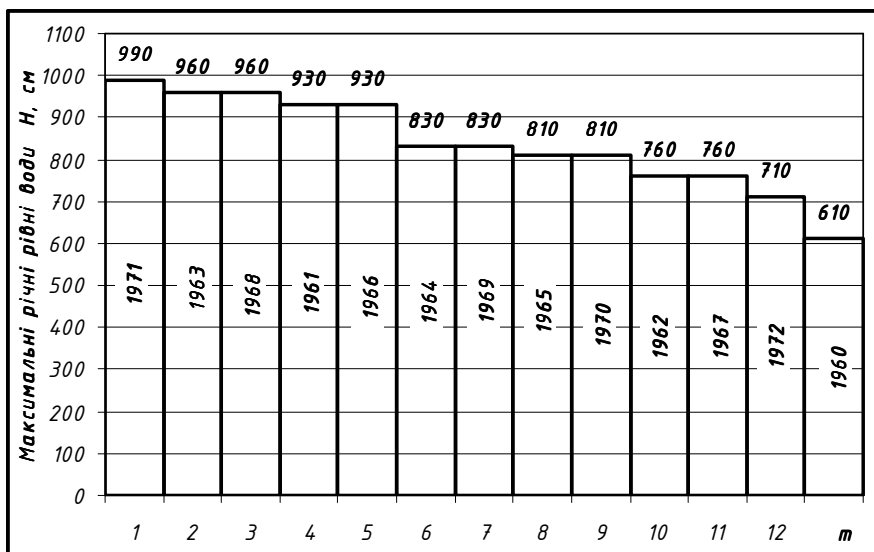


Рис. А.2. Ранжирувана в убуюаючому порядку діаграма перевищень максимальних річних рівнів повеневої води H (см) над нулем графіка водомірного поста

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. А.1.

Таблиця А.1

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

n	m	Рік	H , 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. А.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 макси-мальних річних рівнів води $H_{p\%}$ (см).

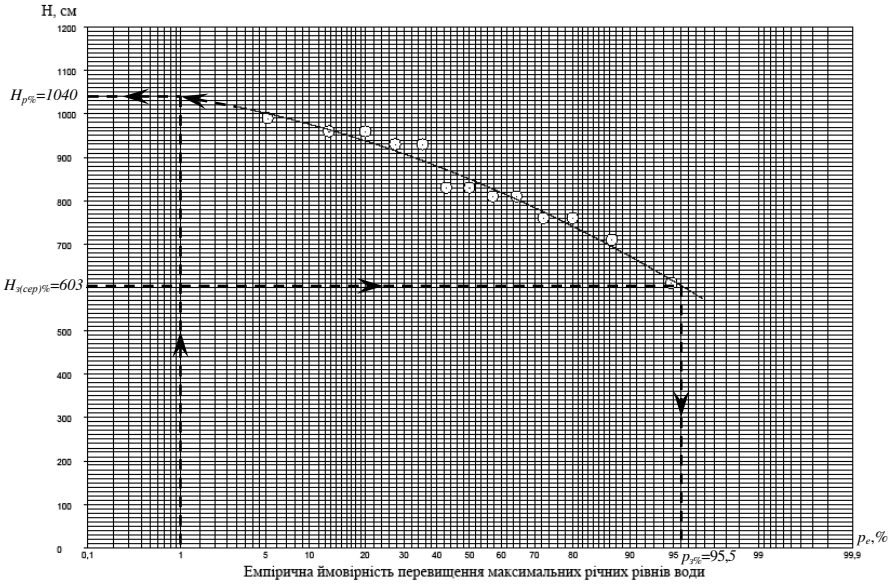


Рис. А.3. Графоаналітичний метод визначення розрахункового перевищення максимальних річних рівнів води $H_{p\%}$ у річці під час повені за допомогою клітковки ймовірностей

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

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

А.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. 2 і 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. А.4).

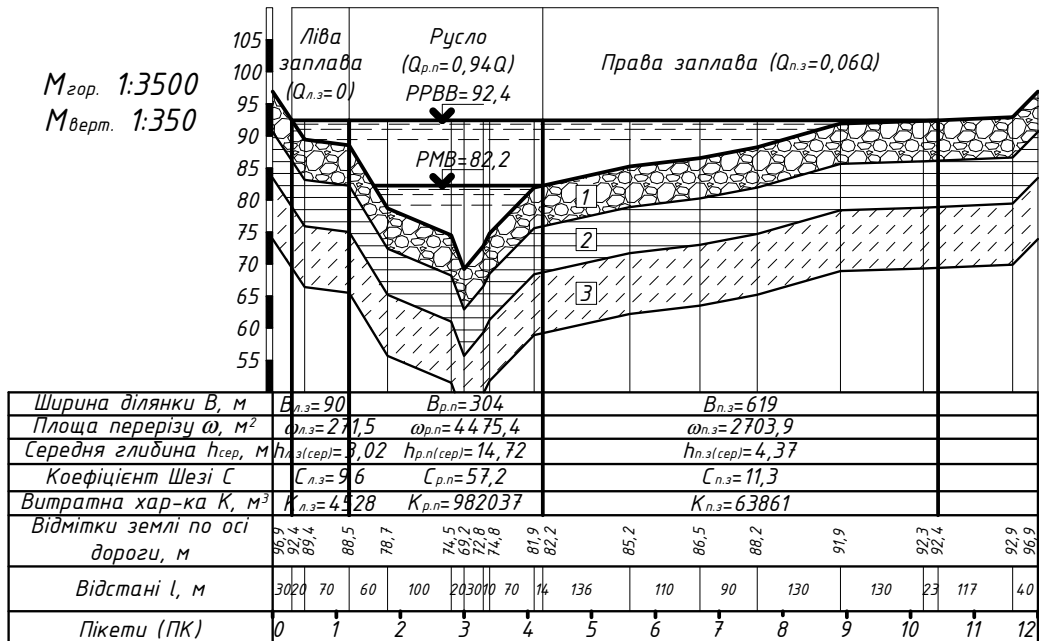


Рис. А.4. Елементи поперечного перерізу річкової долини: 1 – ґрунт галечниковий алювіальний (Qa); 2 – глина елювіальна (Qe); 3 – супісок алювіальний (Qa)

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

- глибини річки h_i на кожній вертикалі за формулою (2.1);
- середні глибини річки $h_{cep,i}$ 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 $h_{л.з(cep)}$, у головному руслі $h_{р.н(cep)}$ і на правій заплаві $h_{п.з(cep)}$ за формулами відповідно (2.4), (2.5) і (2.6):

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

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

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

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

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

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

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

- 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):

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

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

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

- 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 № ХУ, 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 $\nabla H_{н.с.}$ (у спосіб, наприклад, проведення лінії тренда через задані точки за допомогою про-

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

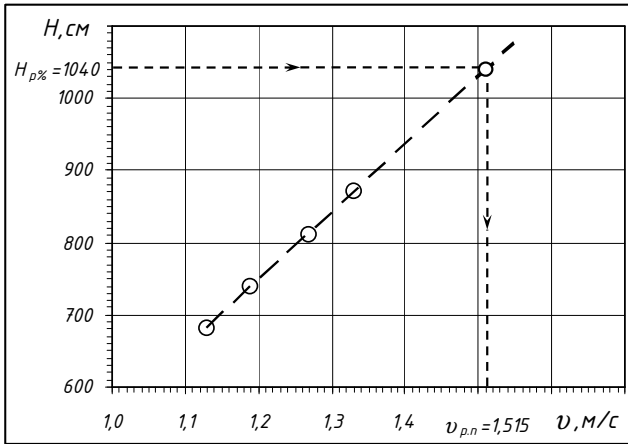


Рис. А.5. Схема до графічного визначення середньої швидкості течії в головному руслі $v_{p,n}$, що відповідає розрахунковому перевищенню максимальних річних рівнів повеневої води $H_{p\%}$ над відміткою $\nabla H_{н.с.}$

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

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

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

– 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. А.2.

Таблиця А.2

Морфометричний розрахунок створу річки

Частина річкової долини	Пікетаж (див., рис. Г.4)	Відмітка поверхні землі (рельєфу) для річкової долини $H_{i,i}, м$	Глибина річки, $м$	Середня глибина річки $h_{ср,i}, м$	Довжина ділянки між вертикалями $l_i, м$	Елементарна площа $\omega_i, м^2$	$B = \sum l_i, м$	$\omega = \sum \omega_i, м^2$	$h_{ср}, м$	Коефіцієнт Шезі C	Витратні характеристики $K, м^3/с$	$\tau = Q_{p,n}/Q$	$v_{p,n}, м/с$ (із рис. Г.5)	$Q, м^3/с$	$Q_{n,i}; Q_{p,i}; Q_{n,i}, м^3/с$	$Q_{n,i}/Q; Q_{p,i}/Q; Q_{n,i}/Q$ (для рис. Г.4)	$v_{n,i}; v_{p,i}; v_{n,i}, м/с$	I_n
Ліва заплава (Л.3.)	0+30	92,4	0,0	1,50	20	30,00	$B_{n,i} = 90$	$\omega_{n,i} = 271,5$	$h_{n,i(ср)} = 3,02$	$C_{n,i} = 9,6$	$K_{n,i} = 4528$	$\tau = 0,93$	$v_{p,n} = 1,515$	$Q = 7252$	$Q_{n,i} = 31$	$Q_{n,i}/Q = 0,004$	$v_{n,i} = 0,115$	$I_n = 0,0005$ або $I_n = 0,005\%$
	0+50	89,4	3,0	3,45	70	241,50												
	1+20	88,5	3,9	8,80	60	528,00												
Головне русло або інакше – русло потоку (р.п.)	1+80	78,7	13,7	15,80	100	1580,00	$B_{p,n} = 304$	$\omega_{p,n} = 4475,4$	$h_{p,n(ср)} = 14,72$	$C_{p,n} = 57,2$	$K_{p,n} = 982037$	$Q_{p,n} = 6780$	$Q_{p,n}/Q = 0,935$	$v_{p,n} = 1,515$				
	2+80	74,5	17,9	20,55	20	411,00												
	3	69,2	23,2	21,40	30	642,00												
	3+30	72,8	19,6	18,60	10	186,00												
	3+40	74,8	17,6	14,05	70	983,50												
	4+10	81,9	10,5	10,35	14	144,90												
	4+24	82,2	10,2	8,70	136	1183,20												
Права заплава (П.3.)	5+60	85,2	7,2	6,55	110	720,50	$B_{n,i} = 619$	$\omega_{n,i} = 2703,9$	$h_{n,i(ср)} = 4,37$	$C_{n,i} = 11,3$	$K_{n,i} = 63861$	$Q_{n,i} = 441$	$Q_{n,i}/Q = 0,061$	$v_{n,i} = 0,163$				
	6+70	86,5	5,9	5,05	90	454,50												
	7+60	88,2	4,2	2,35	130	305,50												
	8+90	91,9	0,5	0,30	130	39,00												
	10+20	92,3	0,1	0,05	23	1,15												
	10+43	92,4	0,0															

А.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. А.6).

1. Визначаємо побутову витрату води, яка проходить заплavnoю 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. А.2 і рис. А.4);

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

У результаті матимемо таке:

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

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

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

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

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

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

$$\beta = \frac{Q}{Q_{р.п} + Q_{3.м.п}},$$

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

Отримаємо таке:

$$\beta^{(L_{\min})} = \frac{Q}{Q_{р.п} + Q_{3.м.п}^{(L_{\min})}} = \frac{7252}{6780 + 22,79} = 1,066;$$

$$\beta^{(L_1)} = \frac{Q}{Q_{р.п} + Q_{3.м.п}^{(L_1)}} = \frac{7252}{6780 + 25,30} = 1,066;$$

$$\beta^{(L_2)} = \frac{Q}{Q_{р.п} + Q_{3.м.п}^{(L_2)}} = \frac{7252}{6780 + 27,80} = 1,065;$$

$$\beta^{(L_3)} = \frac{Q}{Q_{р.п} + Q_{3.м.п}^{(L_3)}} = \frac{7252}{6780 + 30,30} = 1,065;$$

$$\beta^{(L_{\max})} = \frac{Q}{Q_{р.п} + Q_{3.м.п}^{(L_{\max})}} = \frac{7252}{6780 + 32,80} = 1,064.$$

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. А.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. А.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. А.4) та середньої глибини річки на пра-вій 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 $\nabla H_{n.з}$.

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

або інакше –

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

застосувавши наведений на рис. А.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 виконємо за формулою (3.6):

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

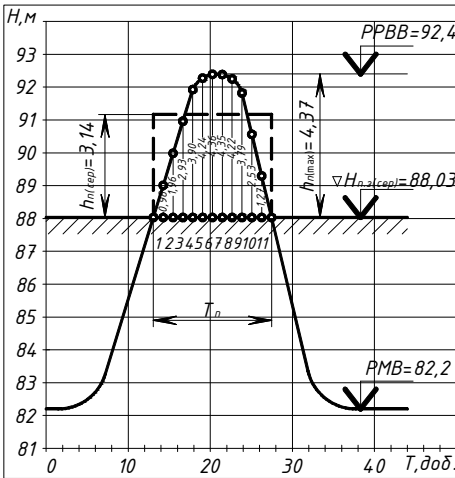


Рис. А.6. Схема до графічного визначення повноти розрахункової повені: $PPBB$ і PMB – абсолютні висотні відмітки розрахунково-го рівня високої води під час повені та рівня меженної води в період середньої межені; $\nabla H_{n.з(сеп)}$ – абсолютна висотна відмітка серед-нього рівня рельєфу заплави

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_{II} , 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))

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

А.3.1. Розрахунок глибини загального розмивання під мостом

А.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):

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

$$B_{p,m}^{(L_1)} = B_{p,n} \left[\left((\beta^{(L_1)})^{0,93} - 1 \right) K_{II} K_{p\%} + 1 \right] = 304,0 \left[(1,066^{0,93} - 1) 0,67 \cdot 1,00 + 1 \right] = 316,41 \text{ м};$$

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

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

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

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):

$$h_{p,m(\max)}^{(L_{\min})} = h_{p,n(\max)} \left[\left((\beta^{(L_{\min})})^{8/9} - 1 \right) \Pi^{1/2} + 1 \right] \cdot \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}^{(L_{\min})} (1 - \lambda)} \right]^{2/3} =$$
$$= 23,2 \cdot \left[\left((1,066)^{8/9} - 1 \right) 0,72^{1/2} + 1 \right] \cdot \left[\frac{304,0}{316,48(1 - 0,05)} \right]^{2/3} = 24,53 \text{ м};$$

$$h_{p,m(\max)}^{(L_1)} = h_{p,n(\max)} \left[\left((\beta^{(L_1)})^{8/9} - 1 \right) \Pi^{1/2} + 1 \right] \cdot \left[\frac{B_{p,n}}{B_{p,m}^{(L_1)} (1 - \lambda)} \right]^{2/3} =$$
$$= 23,2 \cdot \left[\left((1,066)^{8/9} - 1 \right) 0,72^{1/2} + 1 \right] \cdot \left[\frac{304,0}{316,41(1 - 0,05)} \right]^{2/3} = 24,53 \text{ м};$$

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

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

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

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

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

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

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

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

У результаті матимемо таке:

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

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

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

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

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

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).

А.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. 1 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. А3.

Таблиця А.3

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

№ ПГЕ	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>ПГЕ-1</i>	7,0	22,2	38,5	29,1	3,2	---	---	---	---	---	---	---	---	1,95	29,4	---

Для ґрунту *ПГЕ-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 *ПГЕ-1* – ґрунт галечниковий алювіальний (*Qa*).

Таблиця А.4

Результати аналізу гранулометричного складу ґрунту *ПГЕ-1*

№ ПГЕ	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>ПГЕ-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								

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

Таблиця А.5

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

№ ПГЕ	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>ПГЕ-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>ПГЕ-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 ПЕ-2 має границі пластичності $W_L=35,7\%$ і $W_P=18,3\%$. Отже, це – зв’язний ґрунт.

Вирахуємо число пластичності I_P ґрунту ПЕ-2:

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

Оскільки $I_P = 17,4\% > 17\%$, то різновид ґрунту – глина .

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

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

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

Вирахуємо число пластичності I_P ґрунту ПЕ-3:

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

Оскільки $I_P = 6,9\%$ знаходиться в діапазоні $I_P = 1 \dots 7\%$, то різновид ґрунту – супісок (згідно класифікації глинистих ґрунтів).

Остаточна повна назва ґрунту ПЕ-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 ПЕ донних відкладень на їхніх границях визначаємо середні нерозмивальні швидкості потоку $v_{нер,i}$:

– для ПЕ 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 $v_{н,д,i} / d_i^{1/6}$ і глибини в руслі h_i , відлічуваної від ПРВВ;

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

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

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

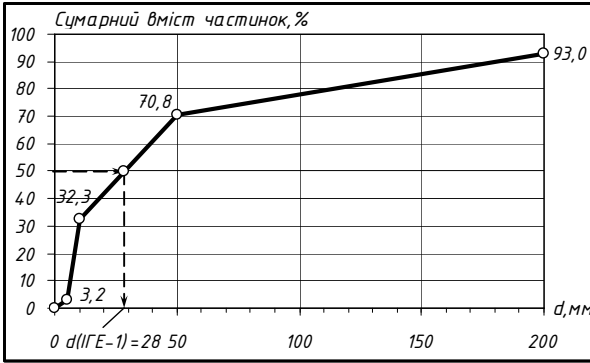


Рис. А.7. Крива грануломет-ричного складу ґрунту ПГЕ-1 (ґрунту галечникового алюві-ального)

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

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

$$v_{нер(ПГЕ-1);1} = \frac{v_{н,0(ПГЕ-1)}}{d_{ПГЕ-1}^{7/6}} \cdot h_{p,l(\max)}^{1/6} = 1,54 \cdot 23,2^{1/6} = 2,60 \text{ м/с};$$

$$v_{нер(ПГЕ-1);2} = \frac{v_{н,0(ПГЕ-1)}}{d_{ПГЕ-1}^{1/6}} \cdot (h_{p,l(\max)} + h_{ПГЕ-1})^{1/6} = 1,54 \cdot (23,2 + 6,3)^{1/6} = 2,71 \text{ м/с};$$

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

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

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

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

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

На горизонтальній осі $0-v_{нер}$ 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 $v_{нер}$ відповідатиме максимальній глибині розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами $h_{згол}=h_{p,l(\max)}=23,2$ м.

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

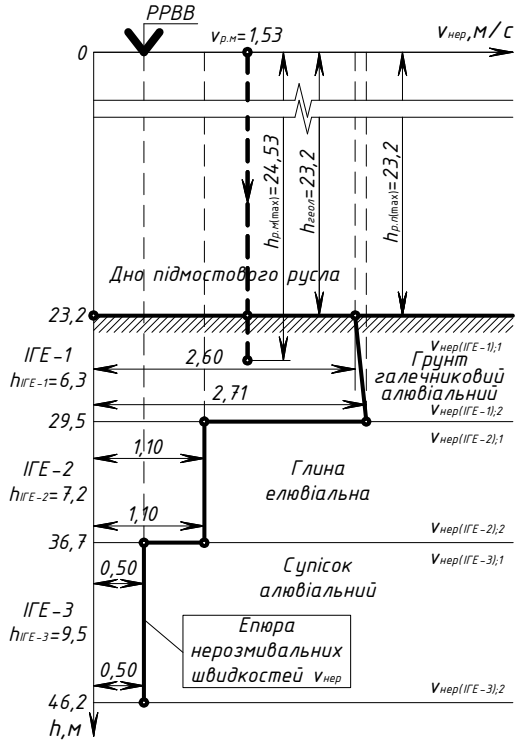


Рис. А.8. Схема до визначення можливості обмеження глибини розмивання в підмостовому руслі за геологічними умовами

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

13. Фіксуємо середню побутову глибину в заплавній частині річкової долини $h_{3,n} = h_{п.з(сеп)} = 4,37$ м (див. рис. А.4 і табл. А.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 $h_{3,п} = h_{п.з(сеп)} = 4,37$ м для кожного з ґрунтів донних відкладень заплавної ділянки (товщини окремих ПГЕ представлені в табл. 3) на їхніх границях обчислюємо величини $q_{нер,i}$ (див. разом із рис. А.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 параграфу А.3.1.2):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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. А.9.

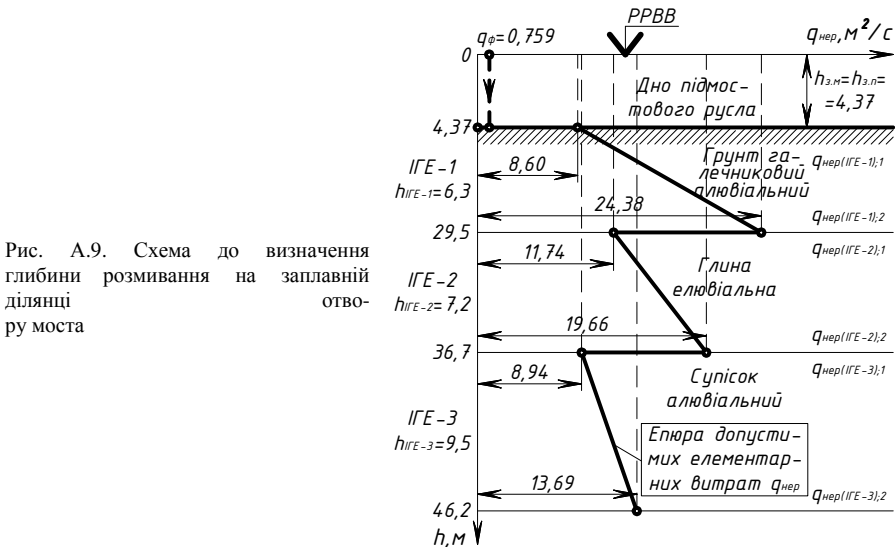


Рис. А.9. Схема до визначення глибини розмивання на заплавній ділянці отвору моста

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 $h_{3,\text{м}}=h_{3,\text{н}}=4,37 \text{ м}$, 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 $q_{\text{ф}} > q_{\text{нер}}$).

А.3.2. Розрахунок глибини місцевого розмивання $h_{\text{в.м}}$ біля опор моста

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

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

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

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

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

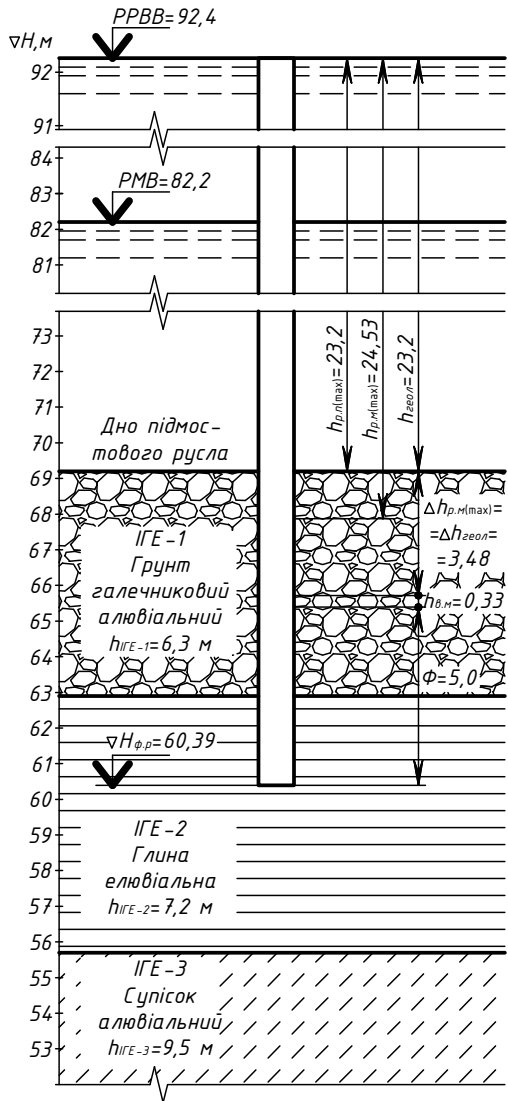
$$h_{\text{в.м}}^{(L_{\max})} = 3,8k_{\phi, \text{оп}} \left[\frac{(v_{\text{он}}^{(L_{\max})})^2}{g} \right]^{0,9} \times b_{\text{он}}^{0,1} - 30d = 3,8 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{1,53^2}{9,81} \right)^{0,9} \cdot 3,0^{0,1} - 30 \cdot (28 \cdot 10^{-3}) = 0,33 \text{ м},$$

де приймаємо $k_{\phi, \text{оп}}=1,0$ як для опор моста круглої форми в плані (див. табл. Б.7); $v_{\text{он}} \approx v_{\text{р.м}}$; $b_{\text{он}}=d_{\text{пали-об.}}=3,0$ м як для опор із паль-оболонки; $d=28$ мм як для ґрунту ПЕ-1 (ґрунту галечникового алювіального) (див. табл. А.3 і табл. А.4).

А.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 $\nabla H_{\phi, \text{р}}$ за формулою (5.1) (див. рис. А.10):

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



$$\begin{aligned} \nabla H_{\text{ф.р}}^{(L_{\min})} &= PPBB - h_{\text{р.м}(\max)} - \Delta h_{\text{р.м}(\max)} - h_{\text{в.м}}^{(L_{\min})} - \Phi = \\ &= 92,4 - 23,2 - 3,48 - 0,33 - 5,0 = 60,39 \text{ м;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nabla H_{\text{ф.р}}^{(L_1)} &= PPBB - h_{\text{р.м}(\max)} - \Delta h_{\text{р.м}(\max)} - h_{\text{в.м}}^{(L_1)} - \Phi = \\ &= 92,4 - 23,2 - 3,48 - 0,33 - 5,0 = 60,39 \text{ м;} \end{aligned}$$

$$\nabla H_{\phi,p}^{(L_2)} = PPBB - h_{p,m(\max)} - \Delta h_{p,m(\max)} - h_{6,m}^{(L_2)} - \Phi =$$

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

$$\nabla H_{\phi,p}^{(L_1)} = PPBB - h_{p,m(\max)} - \Delta h_{p,m(\max)} - h_{6,m}^{(L_1)} - \Phi =$$

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

$$\nabla H_{\phi,p}^{(L_{\max})} = PPBB - h_{p,m(\max)} - \Delta h_{p,m(\max)} - h_{6,m}^{(L_{\max})} - \Phi =$$

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

де приймаємо $h_{p,m(\max)}=h_{zeol}=h_{p,n(\max)}=23,20 \text{ м}$ (із розрахунку максимальної глибини розмивання h_{zeol} в підмостовому руслі за геологічними умовами; див. п. 11 і рис. А.8); $\Delta h_{p,m(\max)}=\Delta h_{zeol}=0,15h_{zeol}=0,15 \times 23,20=3,48 \text{ м}$; $\Phi=5,0 \text{ м}$ 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 незмінні, 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 $\nabla H_{\phi,z}$ призначаємо такою ж самою, як і руслових, тобто приймаємо $\nabla H_{\phi,z}=\nabla H_{\phi,p}=60,39 \text{ м}$.

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

Таблиця А.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 $v_{p,n}$	м/с	1,515				
	Швидкості водного потоку в підмостовому руслі після завершення загального розмивання $v_{p,m}$	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				

продовження табл. А.6

1	2	3	4	5	6	7	8
Г.3.2. Розрахунок глибини місцевого розмивання $h_{в,л}$ біля опор моста							
18	Глибина воронки місцевого розмивання біля опор моста $h_{в,л}$	<i>м</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>м</i>	60,39	60,39	60,39	60,39	60,39
	Абсолютна відмітка глибини закладання фундаментів заплavnих опор моста $\nabla H_{\phi,з}$	<i>м</i>	60,39				
20	Оптимальний розмір отвору моста L	<i>м</i>	336				

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

А.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):

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

де

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

(тут $B_{м,з}=B_{л,з}=90$ м, $B_{\phi,з}=B_{н,з}=619$ м, $B_{р,н}=304$ м (див. рис. А.4 і табл. А.2)

і $L=L_{\min}=336$ м (див. табл. А.6);

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

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

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

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

$\chi = l_e/l_{cm} = 0/591,06 = 0$ (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 задаємося 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} :

$$\begin{aligned} \varepsilon_2 &= (h_n + \Delta z_{01})/h_n = (13,73 + 0,0024)/13,73 = 1,000172 \\ (\text{тут } h_n &= \frac{h_{p,n} B_{p,n} + h_{3,n} (L - B_{p,n})}{B_{p,n} + (L - B_{p,n})} = \frac{14,72 \cdot 304 + 4,37(336 - 304)}{304 + (336 - 304)} = 13,73 \text{ м}); \end{aligned}$$

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

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

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 А.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 А.4).

Отже, абсолютна відмітка підпору біля насипу становитиме

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

А.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.

А.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. А.4, табл. А.2 і табл. А.6); m_n – коефіцієнт закладання укосу насипу, який для підтоплованих укосів приймають $m_n=2$.

У результаті матимемо

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

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

А.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 заплашний насип; *III* – ділянки спряження низьких і високих заплашних 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. А.6 і висновок до розділу А.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 заплашних насипів, у межах якої не допускається змін елементів проектної лінії, визначаємо з виразу (9.2):

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

Оскільки зазначена ділянка проектується у вигляді прямої горизонтальної 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):

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

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;
- кінець увігнутої вертикальної кривої (точки переходу до горизонтального низького насипу з абсолютною відміткою $\nabla H_{б.н(\min)}=94,62 \text{ м}$) – 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. А.11.

А.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 $\nabla H_{б.н(\min)}=94,62 \text{ м}$ укис, що омивається водою, проектуємо не крутіше ніж 1:2 із виположенням кожних нижніх 6...8 м на 0,25 висоти (рис. А.12, а).

У високих насипів укоси на відмітках $\nabla H_{б.н(\min)}=94,62 \text{ м}$ 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. А.12, б).

Підтоплювану (омивану водою) частину високого укосу та його непідтоплювану (надводну) частину (так званий **сухий укис**) спрягаємо горизонтальною площадкою (так званою **бермою**) шириною 3,0 м, улаштованою на рівні відмітки низького заплавного насипу $\nabla H_{б.н(\min)}$ (рис. А.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 $\nabla H_{б.н(\min)}$, 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 $v_{н.з}=0,163 \text{ м/с}$ (див. табл. А.2) і висоті хвилі без набігання $h_{хв}=0,874 \text{ м}$ (див. параграф Г.6) як достатньо ефективне 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 ар-матурних стержнів, які зварюємо або закріплюємо хомутиами.

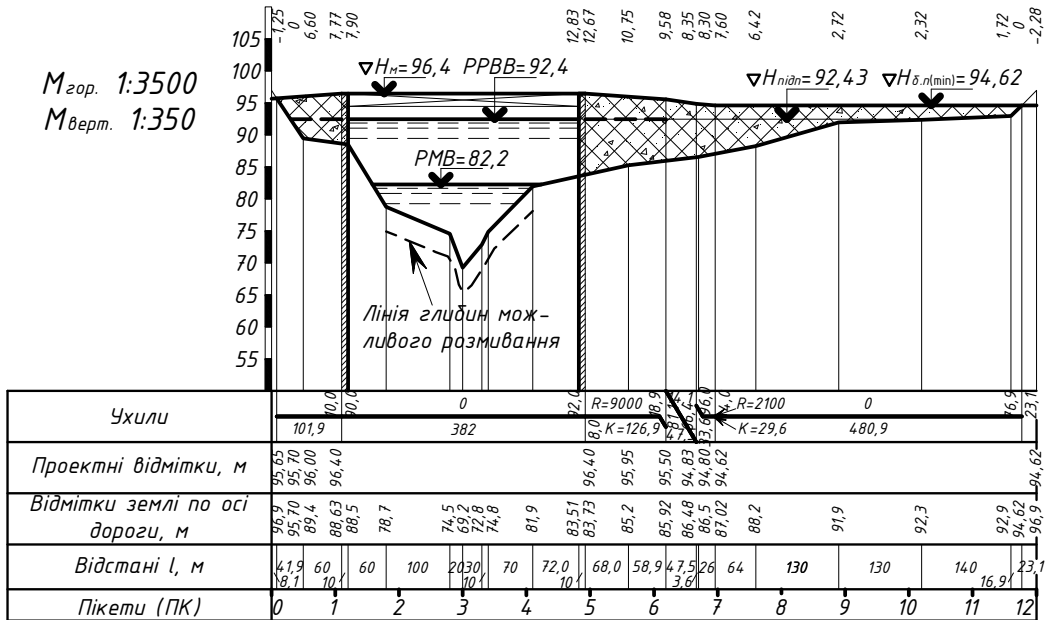


Рис. А.11. Поздовжній профіль мостового переходу через річку

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 заправних насипів на підходах до моста та способи укріплення їхніх укосів представлені на рис. Г.12.

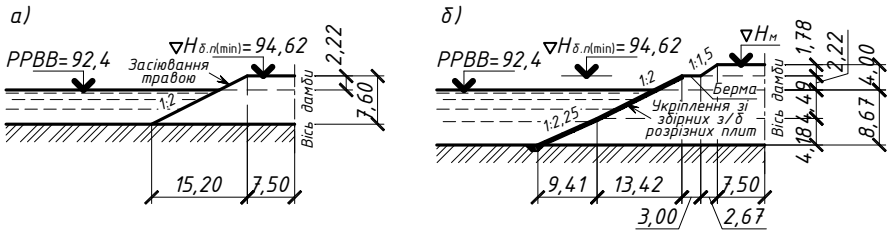


Рис. А.12. Поперечні профілі підтоплених заправних насипів на підходах до моста та способи укріплення їхніх укосів: *a* – низький насип; *б* – високий насип

А.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 заплачних витрат води на правій заплаві до загальної розрахункової витрати становить $(Q_{н.з}/Q) \cdot 100\% = 6,1\% < 15\%$ (див. рис. А.4 і табл. А.2), то зведення струмененапрямної дамби як окремої регуляційної споруди є *недоцільним*, а функцію струмененапрямної дамби виконуватиме ґрунтовий конус у місці примикання заплавного 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).

