

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ
(УКРАВТОДОР)**

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИКА
ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАТОПЛЕННЯ МОСТІВ
ПІД ЧАС СТИХІЙНИХ ЛИХ В ЗАКАРПАТСЬКІЙ,
ЛЬВІВСЬКІЙ ТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ
ОБЛАСТЯХ**

М 218-01132330-454:2006

КИЇВ 2006

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ
(УКРАВТОДОР)

Національний авіаційний університет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник Голови

Державної служби автомобільних
доріг України (Укравтодор)


 Є.Д. Прусенко

"16" 11 2006 р.

МЕТОДИКА

прогнозування затоплення мостів під час стихійних лих
в Закарпатській, Львівській та Івано-Франківській областях
М 218-01132330-454:2006

ПОГОДЖЕНО

 Начальник Управління науково-
технічної політики Укравтодору

 С.І. Андреев

"15" 11 2006 р.

РОЗРОБЛЕНО

Проректор з наукової
роботи НАУ

 В.І. Харченко

"15" 11 2006 р.

ПОГОДЖЕНО

Директор департаменту
автомобільних доріг Укравтодору

 О.В. Сухоносів

"14" 11 2006 р.

Виконавчий

 А.О. Белятинський

"16" 11 2006 р.

Київ
2006

УДК 625.745.11

Методика прогнозування затоплення мостів під час стихійних лих в Закарпатській, Львівській та Івано-Франківській областях М 218-01132330-454:2006.-К.:УДВТІ "Укрдортехнологія" 2006.-40с.

Рецензенти:

П.М. Коваль, кандидат технічних наук, доцент, член-кореспондент Академії Будівництва України, директор Державного дорожнього науково-дослідного інституту ім. М.П. Шульгіна

В.Г. Шкурат, заступник директора Українського державного проектного інституту по проектуванню об'єктів дорожнього господарства "Укрдіпродор"

А.Г. Панченко, головний інженер проекту АТЗТ "Інститут по вишукуванню та проектуванню автомобільних доріг та мостів Київсоюзшляхпроект"

Методика призначається для широко кола спеціалістів, діяльність яких пов'язана з розвитком дорожньо-мостового комплексу органів управління автомобільними дорогами служб Укравтодору, експертних органів структур виконавчої і законодавчої влади всіх рівнів, для головних інженерів проекту та інших інженерно-технічних працівників проектних організацій, що займаються проектуванням мостових переходів, а також громадянських організацій. Методика також призначена для використання викладачами, аспірантами, магістрами і студентами, які навчаються за спеціальностями "Будівництво та експлуатація автомобільних доріг і аеродромів" та "Мости і транспортні тунелі".

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Ця Методика передбачає встановлення максимальної витрати води в верхів'ях річок, на водомірних постах та визначення цієї величини в районах мостових переходів з врахуванням часу добігання під час холодного та теплого періодів року.

1.2 В Методиці розглядаються розрахунки побудови кривої вільної поверхні води, встановлення динаміки зростання витрат води вздовж річки, отримання залежності між висотою затоплення мостового переходу і шириною розливання води на заплаві.

2 ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТ ВОДИ НА РІЧКАХ ЗАКАРПАТСЬКОЇ, ЛЬВІВСЬКОЇ ТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ ПІД ЧАС ХОЛОДНОГО ТА ТЕПЛОГО ПЕРІОДІВ РОКУ

2.1 Повені, що спостерігаються на зазначених річках, формуються в будь-який час року і можуть бути зливового, снігового або сніго-дощового походження.

2.2 Багаторічні спостереження за рівневим режимом і максимальним стоком в створах водостів показують, що особливо значні і надзвичайно високі повені, наприклад, в басейні Тиси відмічались в 1913, 1927, 1933, 1941, 1947, 1948, 1955, 1957, 1968, 1970, 1980, 1992, 1993, 1995, 1998, 2001, 2006 роках, причому повені 1947, 1957, 1968, 1970, 1992, 1998 і 2001 років по характеру формування і катастрофічним наслідкам займають в цьому ряду особливе місце.

2.3 За даними спостережень водомірних постів на теплий період року (травень-жовтень) приходить біля 65% загальної кількості повеней і тільки 35% - на холодний період (листопад-квітень). Однак, за величиною максимальної витрати і об'єму зв'язаного стоку повені холодного періоду, як правило, перевищують повені теплого.

2.4 В результаті нестійкого термічного режиму і частих переходів у зимовий час від від'ємних до плюсових температур, у басейнах річок Закарпаття спостерігаються відлиги, під час яких на річках формуються високі повені холодного періоду.

2.5 Оскільки у період відлиг сніговий покрив частково або повністю сходить до весняної повені, яка найчастіше спостерігається у березні, запаси води у снігу невеликі і повінь формується невисока. Якщо в період останнього сходу снігу випадають дощі, весняна повінь може виявитися досить високою, найбільшою у році, як це спостерігалось на річках:

Тересва у 1962 р., Боржава, Латориця і Тур'я -у 1968 р.

2.6 Проте, на багатьох річках найбільші витрати у році за багаторіччя часто формуються у період відлиг під впливом змішаного стоку, який утворюється від талого снігу і рідких опадів. Рідкі опади у змішаному стоці зимових відлиг становлять 75-60%.

2.7 Статистичну обробку максимальних витрат та об'ємів стоку повеней холодного періоду слід проводити за даними водомірних постів, якість спостережень за стоком на яких повинна бути задовільною. На переважній більшості водостів ряди спостережень слід використовувати з 1946 року. Тривалість рядів у переважній більшості пунктів спостережень повинна перевищувати 30 років. Тривалість спостережень може бути, як це має місце на річках Тиса, Тересва, Ріка, Боржава, Латориця, Уж (більше ніж 50 років).

2.8 Ряди спостережень над стоком по деяким водпостам, в різні роки слід продовжувати до 1999-2006 років. Для цього будують графічні зв'язки між витратами і об'ємами найближчих водомірних постів, що задовольняють вимоги басейнів-аналогів. Крім того, в багатьох випадках будують криві витрат $Q = f(H)$, що дозволяє за максимальними рівнями, представленими (але офіційно не опублікованими) Департаментом гідрометерологічної служби і моніторингу, визначити і включити в розрахунковий ряд спостережень максимальні витрати березневої повені 2001 року тощо.

2.9 Початок і кінець повені, визначають по гідрографах або по таблицях щоденного стоку, причому за розрахункові величини приймають об'єми одиночних повеней, що відповідають максимальним витратам.

2.10 Емпіричну щорічну ймовірність перевищення визначають за формулою:

$$P_m = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де m – порядковий номер членів спадного ряду гідрологічної характеристики;

n – кількість членів ряду.

2.11 Емпірична крива розподілу щорічних ймовірностей перевищення максимальних витрат води або об'ємів стоку будується на кліточках ймовірностей. Для згладжування та екстраполяції емпіричних кривих приймають логарифмічно-нормальний розподіл.

2.12 Оцінку статистичних параметрів аналітичних кривих забезпеченості виконують графоаналітичним методом, для чого необхідно використовувати наступні формули:

$$S = \frac{Q_{5\%} + Q_{95\%} - 2Q_{50\%}}{Q_{5\%} - Q_{95\%}}, \quad (2.2)$$

$$\sigma = \frac{Q_{5\%} - Q_{95\%}}{\Phi_{5\%} - \Phi_{95\%}}, \quad (2.3)$$

$$\bar{Q} = Q_{50\%} - \Phi_{50\%} \sigma, \quad (2.4)$$

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{Q}}, \quad (2.5)$$

де C_s – коефіцієнт асиметрії (визначається як функція коефіцієнта кривизни по таблиці); S – коефіцієнт кривизни кривої забезпеченості; $Q_{5\%}$, $Q_{50\%}$, $Q_{95\%}$ – ординати згладжування емпіричної кривої 5, 50 та 95%-вої забезпеченості, м³/с;

$\Phi_{5\%}$, $\Phi_{50\%}$, $\Phi_{95\%}$ – нормовані відхилення від середнього значення ординат логарифмічно-нормальної кривої забезпеченості відповідно до обчислених значень коефіцієнту кривизни S ;

σ – середнє квадратичне відхилення;

\bar{Q} – середнє значення, м³/с;

C_v – коефіцієнт варіації.

2.13 Розрахункова величина максимальної витрати або об'єму стоку різної забезпеченості визначаються за формулою:

$$Q_p = \bar{Q} + \sigma \Phi_p \quad (2.6)$$

2.14 В таблиці 2.1 наведено параметри кривих розподілу максимальних витрат води холодного періоду та величини витрат різної забезпеченості, а в таблиці 2.2 параметри кривих розподілу об'ємів стоку повеней теплового періоду та величини об'ємів різної забезпеченості в створах опорних водомірних постів.

2.15 Аналіз таблиць показує, що параметри (C_v і C_s) кривих розподілу максимальних витрат та об'ємів стоку повеней холодного періоду змінюються в значних межах. Коефіцієнти варіації максимальних витрат коливаються від 0,43 до 1,15, а співвідношення C_s і C_v у переважній більшості випадків змінюється від 4 до 6. Значення C_v об'ємів стоку більш сталі і коливаються від 0,41 до 0,72, а співвідношення C_v і C_s частіше всього змінюється від 2

Таблиця 2.1 – Параметри кривих розподілу об'ємів стоку паводків холодного періоду та величини об'ємів різної забезпеченості в створах опорних вимірних постів

№ п/п	Ріка	Створ	Площа водозбору, км ²	Період спостережень		Статистичні параметри			Об'єм води (млн. м ³), забезпеченість:					
				роки	п	Wсер., млн. м ³	C _v	C _s	0,1 %	0,5%	1,0%	5,0 %	10%	25%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Тиса	Рахів	1070	1946-99	53	56,7	0,61	3,6	282,0	210,0	181,0	122,0	99,2	70,2
2	"	Ділове	1190	1945-99	54	79,7	0,54	2,4	303,0	242,0	218,0	161,0	136,0	101,0
3	"	Вилोक	9430	1953-99	46	557,0	0,43	4,9	2088,0	1601,0	1407,0	1010,0	854,0	653,0
4	Чорна Тиса	Ясіня	194	1955-99	44	8,78	0,72	4,3	56,6	39,0	32,8	20,4	16,0	10,7
5	"	Білин	540	1945-99	54	30,8	0,58	2,6	129,0	101,0	89,9	64,6	53,8	39,2
6	Біла Тиса	Луги	189	1954-99	45	9,20	0,70	4,3	57,3	39,8	33,5	21,1	16,6	11,2
7	"	Розтоки	473	1946-99	53	32,0	0,56	1,5	112,0	93,4	85,0	65,4	56,4	42,7
8	Косівська	Кос. Поляна	122	1962-99	37	10,6	0,66	3,0	53,8	40,5	35,1	23,8	19,4	13,5
9	Шопурка	Коб. Поляна	240	1946-88	42	18,0	0,62	2,7	82,7	63,8	55,9	39,1	32,3	23,0
10	Тереса	Усть-Чорна	572	1946-76, 1978-99	52	43,7	0,61	3,4	214,0	160,0	138,0	94,1	76,8	54,4
11	"	Нересниця	1100	1955-99	44	82,4	0,63	3,2	407,0	306,0	265,0	180,0	147,0	104,0
12	Мокранка	Руська Мокра	214	1946-99	53	15,0	0,60	3,5	72,5	54,2	47,0	32,0	26,2	18,6
13	Брустуранка	Лопухів	257	1945-88	43	17,5	0,56	3,9	81,3	60,8	52,7	36,0	29,6	21,3
14	Теребля	Колочава	369	1951-98	47	26,3	0,53	3,0	105,0	82,3	73,1	52,6	44,1	32,7
15	Ріка	Міжгір'я	550	1945-99	54	42,7	0,44	2,2	130,0	108,0	99,1	77,4	67,4	53,0
16	"	Хут	1130	1945-99	54	102,0	0,49	1,9	334,0	276,0	252,0	194,0	168,0	130,0
17	Голятинка	Майдан	86,0	1955-94	39	6,6	0,53	2,1	23,5	19,1	17,3	13,0	11,1	8,40
18	Репинка	Репинне	203	1946-99	53	15,4	0,41	4,15	52,0	41,3	36,9	27,3	23,5	18,2
19	Пилипець	Пилипець	44,2	1956-99	43	3,77	0,43	2,8	11,9	9,77	8,88	6,80	5,89	4,61
20	Студений	Нижн. Студений	25,4	1953-94	41	1,86	0,53	3,0	7,44	5,82	5,17	3,72	3,12	2,31
21	Боржава	Доґе	408	1946-99	53	30,1	0,53	3,5	126,0	97,2	85,3	60,2	50,3	37,0
22	"	Шаланки	1100	1961-99	38	69,1	0,47	3,8	263,0	204,0	181,0	130,0	110,0	83,4

Кінець таблиці 2.1

23	Іршава	Іршава	230	1954-88	34	11,6	0,57	3,7	53,8	40,4	35,1	24,1	19,8	14,2
24	Латориця	Підлоззя	324	1946-99	53	27,5	0,49	3,7	108,0	83,7	73,9	53,0	44,6	33,4
25	"	Свалява	680	1946-99	53	42,5	0,55	2,5	168,0	133,0	119,0	86,4	72,9	54,0
26	"	Мухачеве	1360	1946-99	53	82,5	0,57	2,5	334,0	264,0	236,0	171,0	144,0	106,0
27	"	Чоп	2870	1946-99	53	155,0	0,48	3,1	565,0	447,0	401,0	296,0	251,0	190,0
28	Жденявка	В. Грабовниця	150	1951-88	37	12,4	0,46	2,5	40,7	33,2	30,2	23,0	19,9	15,4
29	Віча	Неліпине	241	1957-99	42	15,2	0,53	2,9	60,2	47,2	42,1	30,4	25,6	18,9
30	Пініс	Поляна	166	1952-88	36	11,8	0,52	3,1	46,5	36,5	32,4	23,4	19,6	14,6
31	Стара	Зняцеве	224	1951-99	48	10,2	0,53	6,0	51,6	36,3	30,8	20,2	16,3	11,8
32	Уж	Жорнава	286	1951-99	48	20,4	0,57	3,9	96,1	71,8	62,1	42,4	34,7	24,9
33	"	Зарічеве	1280	1946-99	53	79,5	0,56	2,1	304,0	244,0	220,0	163,0	138,0	103,0
34	"	Ужгород	1970	1946-99	53	120,0	0,51	1,4	378,0	320,0	294,0	231,0	201,0	156,0
35	Люта	Чорноголова	169	1955-99	44	10,5	0,58	3,6	49,4	37,0	32,1	22,0	18,0	12,9
36	Тур'я	Сімер	464	1957-99	42	31,1	0,53	2,6	119,0	94,7	84,8	62,1	52,5	39,2

Таблиця 2.2 – Параметри кривих розподілу об'ємів стоку паводків теплого періоду та величини об'ємів різної забезпеченості в створах опорних водомірних постів

№ п/п	Ріка	Створ	Площа водозбору, км ²	Період спостережень		Статистичні параметри			Об'єм води (млн. м ³), забезпеченість:					
				роки	п	Wср., млн. м ³	Cv	C _α Cv	0,1 %	0,5%	1,0%	5,0 %	10%	25%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Тиса	Рахів	1070	1947-99	53	50,2	0,74	3,0	292,0	214,0	183,0	120,0	95,9	64,7
2	"	Ділове	1190	1946-99	54	70,3	0,64	3,0	345,0	261,0	227,0	155,0	127,0	89,2
3	"	Виллок	9430	1954-99	46	385,0	0,75	3,3	2377,0	1699,0	1445,0	928,0	732,0	489,0
4	Чорна Тиса	Ясіня	194	1956-99	44	9,0	1,07	6,5	103,0	62,0	48,0	24,0	17,2	10,1
5	"	Білин	540	1946-99	54	28,7	0,63	4,1	156,0	112,0	95,6	62,5	50,2	34,8
6	Біла Тиса	Лути	189	1955-99	45	10,3	0,93	5,9	97,4	60,4	48,2	26,3	19,4	11,9
7	"	Розтоки	473	1947-99	53	31,0	0,76	3,1	189,0	137,0	117,0	75,3	59,7	39,8
8	Косівська	Кос. Поляна	122	1963-99	37	8,14	0,77	3,4	52,1	37,0	31,3	19,9	15,6	10,3
9	Шопурка	Коб. Поляна	240	1947-88	42	14,2	0,78	5,1	106,0	70,0	57,5	33,9	25,9	16,9
10	Тересва	Усть-Чорна	572	1947-76, 1978-99	52	34,6	0,62	3,9	180,0	131,0	113,0	74,9	60,6	42,5
11	"	Нересниця	1100	1956-99	44	59,5	0,71	3,1	334,0	246,0	211,0	139,0	112,0	76,0
12	Мокранка	Руська Мокра	214	1947-99	53	14,3	0,70	3,6	83,4	59,8	51,0	33,1	26,3	17,9
13	Брустуранка	Лопухів	257	1946-88	43	17,0	0,70	5,7	116,0	77,0	63,5	38,2	29,6	19,9
14	Теребля	Колочава	369	1952-98	47	24,0	0,57	3,5	110,0	82,8	72,2	49,9	41,1	29,6
15	Ріка	Міжгір'я	550	1946-99	54	29,7	0,69	4,4	183,0	127,0	107,0	67,6	53,3	36,1
16	"	Хуст	1130	1946-99	54	65,0	0,64	3,3	331,0	246,0	213,0	144,0	117,0	81,6
17	Голятинка	Майдан	86,0	1956-94	39	3,64	1,17	6,0	45,0	26,9	20,9	10,3	7,26	4,11
18	Репинка	Репинне	203	1947-99	53	9,0	0,90	5,60	80,8	51,0	41,0	22,9	16,9	10,5
19	Пилипець	Пилипець	44,2	1956-99	44	2,05	1,10	5,4	23,1	13,9	11,0	5,75	4,10	2,39
20	Студений	Нижн. Студений	25,4	1954-94	41	1,1	1,15	6,1	13,4	8,0	6,22	3,07	2,18	1,24
21	Боржава	Довге	408	1946-99	54	17,3	0,99	3,1	147	99,2	82,3	48,9	36,8	22,4
22	"	Шаланки	1100	1961-99	39	38,0	0,91	4,4	325	212,0	173,0	99,6	74,7	46,3

Кінець таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
23	Іршава	Іршава	230	1954-87	34	6,58	0,86	3,7	49,9	33,9	28,1	17,0	13,0	8,22
24	Латориця	Підполоззя	324	1947-99	53	16,6	0,81	4,4	124	82,9	68,6	40,9	31,3	20,1
25	"	Свалява	680	1947-99	53	25,9	0,82	3,9	188	128,0	107,0	65,0	49,9	32,1
26	"	Мукачеве	1360	1947-99	53	46,2	0,87	3,7	354	240,0	199,0	120,0	91,6	57,9
27	"	Чоп	2870	1947-99	53	81,7	0,83	4,1	613	413,0	342,0	206,0	157,0	101,0
28	Жденявка	В. Грабовниця	150	1952-88	37	7,7	0,56	6,0	41,3	28,6	24,2	15,5	12,4	8,87
29	Віча	Неліпине	241	1958-99	42	10,5	0,72	6,2	75,5	49,2	40,2	23,7	18,1	11,5
30	Пініє	Поляна	166	1953-88	36	6,69	0,80	3,9	47,2	32,3	27,0	16,6	12,8	8,30
31	Стара	Знядеве	224	1951-99	48	4,3	1,39	4,5	60,8	36,8	28,1	13,9	9,62	5,12
32	Уж	Жорнава	286	1952-99	48	10,3	0,62	4,2	55,1	39,7	33,9	22,2	17,9	12,5
33	"	Зарічає	1280	1947-99	53	37,8	0,80	5,0	289	190,0	156,0	91,6	69,8	45,1
34	"	Ужгород	1970	1947-99	53	56,4	0,78	3,2	360	257,0	218,0	139,0	109,0	72,2
35	Люта	Чорноголова	169	1956-99	44	6,6	0,67	3,4	36,1	26,4	22,6	14,9	12,1	8,29
36	Тур'я	Сімер	464	1958-99	42	19,1	0,91	4,4	163	107,0	87,1	50,0	37,5	23,3

до 4.

2.16 За географічним положенням і кліматичними умовами Закарпаття розміщено у зоні розвиненої зливової діяльності. Щорічно у тій чи іншій частині території спостерігається одноразове короточасне випадання великої кількості опадів (100 мм і більше), що є причиною формування значних, часто катастрофічних дощових повеней на річках, тимчасових водотоках і на більш дрібній географічній мережі (балки, яри).

2.17 Формування дощового стоку відбувається досить складно в результаті взаємодії метеорологічних факторів, що значно змінюються у часі та по території і обумовлюють характер зливи (інтенсивність, тривалість, площа зрошення), та ґрунтово-фізичних характеристик поверхні річкових водозборів, що визначають величину втрат на інфільтрацію, швидкість і час збігання води по схилах і руслу. Зливові опади, як основний фактор формування дощових повеней, розподіляються дуже нерівномірно і істотно відрізняються від розподілу річних сум опадів, що мають зональний характер і змінюються у південному і південно-східному напрямку. Найбільш сприятливі умови формування дощових повеней у Закарпатті є результатом випадання рясних опадів і сприятливих орографічних умов.

2.18 Більша частина дощових опадів випадає влітку (особливо у червні та липні) і за теплий період року сума їх становить біля 70% від річної. За спостереженнями Закарпатської стокової станції (смт. Міжгір'я), опади літнього періоду (травень-жовтень) дають приблизно 60% річної суми, в окремі роки становлять 46-73%.

2.19 Статистична обробка максимальних витрат і об'ємів повеней теплої періоду проводиться для 39 водомірних постів. В більшості випадків ряди спостережень починаються з 1946-1947 років і охоплюють період до 2006р. включно. Ряди спостережень мають різну тривалість - від 24 до 72 років, але в переважній більшості пунктів спостережень переважають 30 років.

2.20 Ряди спостережень над стоком по деяких водпостах, в різні роки закритих або переведених в розряд рівневих, продовжуються до 2006р. включно за побудованими графіками зв'язку між витратами і об'ємами найближчих водомірних постів, що задовольняють вимогам басейнів-аналогів.

2.21 Початок і кінець повені визначаються по гідрографах або по таблицях щоденного стоку. За розрахункові величини приймаються об'єми одиночних паводків, що відповідають максимальним витратам.

2.22 Статистична обробка рядів, визначення розрахункових параметрів аналітичних кривих та величин максимальних витрат води і

Таблиця 2.3 – Параметри кривих розподілу максимальних витрат води холодного періоду та величини витрат різної забезпеченості в створах опорних водомірних постів

№п/п	Ріка	Створ	Площа водозбору, км ²	Період спостережень		Статистичні параметри			Витрати води (м ³ /с), забезпеченість:					
				роки		Q _{ср.} , м ³ /с	C _v	C _a /C _v	0,1%	0,5%	1,0%	5,0%	10%	25%
				п	н									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Тиса	Рахів	1070	1946-99,2001	54	266,0	0,86	4,2	2096	1394,0	1151,0	680,0	515,0	326,0
2	"	Ділове	1190	1945-99,2001	55	294,0	0,86	4,4	2357	1553,0	1278,0	749,0	567,0	357,0
3	"	Вилко	9430	1953-99,2001	47	1780,0	0,44	3,0	5845	4740,0	4294,0	3252,0	2798,0	2172,0
4	Чорна Тиса	Ясіня	194	1955-99,2001	45	48,8	0,67	4,3	289	203,0	172,0	110,0	86,7	59,3
5	"	Білин	540	1945-99,2001	55	144,0	0,90	5,9	1312	820,0	656,0	363,0	268,0	167,0
6	Біла Тиса	Луги	189	1954-99,2001	46	26,0	0,79	6,0	205	132,0	108,0	61,5	46,4	30,1
7	"	Розтоки	473	1946-99,2001	54	132,0	0,84	4,8	1052	691,0	566,0	329,0	250,0	159,0
8	Косівська	Кос. Поляна	122	1962-99	37	46,0	1,10	5,45	518	313,0	246,0	129,0	92,0	53,6
9	Шопурка	Коб. Поляна	240	1946-88,1998	43	104,0	0,82	4,0	764	518,0	430,0	260,0	200,0	128,0
10	Тереса	Усть-Чорна	572	1946-76, 1978-99,2001	53	198,0	0,92	3,9	1655	1096,0	903,0	528,0	397,0	245,0
11	"	Нересниця	1100	1955-99,2001	45	371,0	0,58	4,0	1802	1331,0	1150,0	776,0	636,0	453,0
12	Мокранка	Руська Мокра	214	1946-99,2001	54	82,0	1,00	6,0	846	514,0	407,0	216,0	157,0	94,3
13	Брустуранка	Лолухів	257	1945-88	43	86,0	0,90	4,4	728	476,0	389,0	224,0	168,0	105,0
14	Лужанка	Нересниця *	149	1956-88	33	85,9	0,71	2,0	412	321,0	285,0	202,0	165,0	115,0
15	Теребля	Колочава	369	1951-98,2001	48	165,0	0,70	4,0	1002	706,0	597,0	380,0	300,0	202,0
16	Ріка	Міжгір'я	550	1945-99	54	263,0	0,63	6,0	1615	1088,0	908,0	561,0	442,0	304,0
17	"	Хуст	1130	1945-99,2001	55	456,0	0,48	4,2	1824	1397,0	1226,0	870,0	730,0	546,0
18	Голятинка	Голятин	59,0	1954-80	26	33,7	0,43	3,1	110	89,1	80,6	60,9	52,5	40,9
19	"	Майдан	86,0	1955-94	39	42,0	0,55	5,8	219	153,0	130,0	84,5	68,1	48,7
20	Репинка	Репинне	203	1946-99	53	114,0	0,57	4,0	546	404,0	349,0	236,0	194,0	139,0

Кінець таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
21	Пилипець	Пилипець	44,2	1956-99	43	29,1	0,62	3,1	139	106,0	91,9	63,2	51,8	36,7
22	Студений	Нижн.Студений	25,4	1953-94	41	12,5	1,15	6,1	152	90,7	70,7	34,9	24,7	14,1
23	Боржава	Довге	408	1946-99,2001	54	178,0	0,60	3,5	860	644,0	557,0	380,0	310,0	221,0
24	"	Шаланки	1100	1961-99,2001	39	245,0	1,00	6,0	2528	1536,0	1215,0	647,0	468,0	282,0
25	Іршава	Іршава	230	1954-88	34	64,8	0,90	4,0	531	352,0	290,0	170,0	128,0	80,0
26	Латориця	Підполозя	324	1946-99	53	151,0	0,71	4,2	952	660,0	556,0	349,0	274,0	184,0
27	"	Свалява	680	1946-99	53	234,0	0,70	4,1	1440	1007,0	850,0	539,0	424,0	286,0
28	"	Мукачеве	1360	1946-99	53	499,0	0,67	3,4	2722	1990,0	1709,0	1128,0	910,0	626,0
29	"	Чоп**)	2870	1924-43, 1946-99	72	255,0	0,57	2,8	1078	839,0	743,0	530,0	441,0	322,0
30	Жденявка	В. Грабовниця	150	1951-88	37	64,0	0,60	6,0	371	253,0	213,0	133,0	106,0	74,0
31	Віча	Непілине	241	1957-99	42	83,0	1,00	6,0	857	520,0	412,0	219,0	158,0	95,5
32	Пініс	Поляна	166	1952-88	36	69,3	0,59	5,4	382	266,0	225,0	144,0	116,0	81,2
33	Стара	Зняцєве	224	1951-99	48	28,8	0,50	4,8	126	93,7	81,4	55,9	46,2	34,1
34	Уж	Жорнава	286	1951-99	48	124,0	0,45	5,8	516	381,0	330,0	228,0	190,0	143,0
35	"	Вел. Березний *)	653	1955-88,2001	35	229,0	0,57	3,0	986	764,0	674,0	475,0	397,0	288,0
36	"	Зарічеве	1280	1946-99	53	496,0	0,52	3,1	1956	1533,0	1363,0	984,0	826,0	615,0
37	"	Ужгород	1970	1946-99	53	656,0	0,56	2,4	2592	2059,0	1844,0	1347,0	1134,0	838,0
38	Люта	Чорноголова	169	1955-99,2001	45	55,0	1,00	6,0	568	345,0	273,0	145,0	105,0	63,3
39	Тур'я	Сімер	464	1957-99,2001	43	178,0	0,67	3,4	971	710,0	610,0	402,0	325,0	223,0

*) за даними "Аналіз гідрометеорологічних умов формування та розвитку екстремальних паводків в Закарпатті", Київ, УкрНДГМІ, 2001 р.
 **) розрахункові значення максимальних витрат води не ув'язані в зв'язку з викривленням стоку різного роду гідротехнічними спорудами на ділянці між водпостами Мукачеве та Чоп

12

Таблиця 2.4 – Параметри кривих розподілу максимальних витрат води теплового періоду та величини витрат різної забезпеченості в створах опорних водомірних постів

№п/п	Ріка	Створ	Площа водозбору, км ²	Період спостережень		Статистичні параметри			Витрати води (м ³ /с), забезпеченості:					
				роки	п	Q _{ср.} , м ³ /с	C _v	C _u /C _v	0,1%	0,5 %	1,0%	5,0 %	10%	25%
1	Тиса	Рахів	1070	1947-99	53	237,0	0,70	4,3	1476	1025,0	864,0	544,0	428,0	288,0
2	"	Ділове	1190	1946-99	54	263,0	0,70	4,9	1706	1161,0	970,0	600,0	467,0	315,0
3	"	Вилко	9430	1954-99	46	1322,0	0,67	3,4	7212	5272,0	4528,0	2987,0	2411,0	1659,0
4	Чорна Тиса	Ясіня	194	1956-99	44	51,0	1,15	6,1	621	365,0	289,0	142,0	101,0	57,5
5	"	Білин	540	1946-99	54	130,0	0,85	5,9	1109	703,0	566,0	319,0	238,0	151,0
6	Біла Тиса	Луки	189	1955-99	45	40,0	1,40	5,0	584	348,0	267,0	127,0	87,6	46,2
7	"	Розтоки	473	1947-99	53	116,0	0,75	5,3	838	554,0	456,0	271,0	208,0	137,0
8	Косівська	Кос. Поляна	122	1963-99	37	27,1	0,61	3,8	137	101,0	86,9	58,2	47,4	33,4
9	Шопурка	Коб. Поляна	240	1947-88	42	62,2	0,57	2,7	260	203,0	180,0	129,0	108,0	78,7
10	Тересва	Усть-Чорна	572	1947-76, 1978-99	52	144,0	0,58	4,1	709	521,0	449,0	301,0	245,0	175,0
11	"	Нересниця	1100	1956-99	44	264,0	0,83	4,6	2052	1355,0	1116,0	658,0	501,0	319,0
12	Мокранка	Руська Мокра	214	1947-99	53	58,0	1,00	6,0	599	364,0	288,0	153,0	111,0	66,7
13	Брустуранка	Лопухів	257	1946-88	43	96,0	0,85	4,7	773	507,0	415,0	241,0	182,0	116,0
14	Лужанка	Нересниця *)	149	1956-88	33	58,1	1,04	4,2	573	366,0	297,0	164,0	120,0	71,4
15	Теребля	Колочава	369	1952-88	47	127,0	0,67	4,2	744	525,0	445,0	285,0	227,0	154,0
16	Ріка	Міжгір'я	550	1946-99	54	218,0	0,56	3,4	963	736,0	643,0	449,0	372,0	269,0
17	"	Хуст	1130	1946-99	54	320,0	0,70	4,1	1969	1377,0	1162,0	737,0	580,0	392,0
18	Голятинка	Голятин	59,0	1955-80	26	39,1	0,81	4,4	292	195,0	162,0	96,4	73,6	47,3
19	"	Майдан	86,0	1956-94	39	46,0	0,76	5,7	341	224,0	183,0	108,0	82,5	54,0
20	Репинка	Репинне	203	1947-99	53	85,0	0,80	6,2	687	438,0	354,0	201,0	152,0	97,9

13

Кінець таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
21	Пилпещь	Пилпещь	44,2	1956-99	44	29,5	0,76	4,7	209	140,0	110,0	70,1	53,9	35,3
22	Студений	Нижн.Студений	25,4	1954-94	41	20,0	1,00	6,0	206	125,0	99,2	52,8	38,2	23,0
23	Боржава	Довге	408	1946-99	54	114,0	0,74	4,1	744	515,0	433,0	270,0	211,0	140,0
24	"	Шаланки	1100	1961-99	39	140,0	1,00	6,0	1445	878,0	694,0	370,0	267,0	161,0
25	Іршава	Іршава	230	1954-87	34	43,1	1,25	4,0	520	323,0	256,0	135,0	95,9	53,3
26	Лягорця	Підлоззя	324	1947-99	53	120,0	0,85	4,2	936	623,0	515,0	305,0	231,0	146,0
27	"	Свалява	680	1947-99	53	144,0	1,1	4,1	1506	955,0	774,0	421,0	304,0	177,0
28	"	Мукачеве	1360	1947-99	53	347,0	0,97	3,9	3141	2043,0	1663,0	946,0	704,0	428,0
29	"	Чоп**)	2870	1924-43, 1947-99	72	145,0	0,96	4,7	1342	858,0	699,0	389,0	286,0	174,0
30	Жденявка	В. Грабовниця	150	1952-88	37	46,0	0,74	6,0	339	220,0	182,0	106,0	80,4	53,2
31	Віча	Неліпине	241	1958-99	42	76,4	0,85	5,3	635	409,0	335,0	190,0	142,0	90,0
32	Пініс	Поляна	166	1953-88	36	56,3	0,96	5,0	528	335,0	271,0	150,0	110,0	67,1
33	Стара	Знаєве	224	1952-99	48	15,3	0,89	3,6	120	80,9	67,2	40,4	30,7	19,2
34	Уж	Жорнава	286	1952-99	48	96,9	0,59	4,2	491	357,0	307,0	204,0	166,0	118,0
35	"	Вел. Березний *)	653	1955-88	34	165,0	0,63	3,2	815	612,0	530,0	361,0	295,0	207,0
36	"	Зарічєве	1280	1947-99	53	275,0	0,63	3,8	1448	1056,0	907,0	601,0	485,0	339,0
37	"	Ужгород	1970	1947-99	53	357,0	0,74	4,6	2428	1646,0	1371,0	840,0	650,0	431,0
38	Люта	Чорноголова	169	1956-99	44	36,2	0,60	3,3	172	130,0	113,0	77,2	63,4	45,1
39	Тур'я	Сімер	464	1958-99	42	136,0	0,92	3,9	1137	753,0	620,0	362,0	272,0	168,0

*) за даними "Аналіз гідрометеорологічних умов формування та розвитку екстремальних паводків в Закарпатті", Київ, УкрНДІМі, 2001 р.

**) розрахункові значення максимальних витрат води не ув'язані в зв'язку з викривленням стоку різного роду гідротехнічними спорудами на ділянці між водпостами Мукачеве та Чоп

об'ємів стоку повеней теплового періоду різної забезпеченості виконуються аналогічно максимальним витратам і об'ємам стоку повеней холодного періоду.

2.23 В таблиці 2.3 наведено параметри кривих розподілу максимальних витрат води теплового періоду та величини витрат різної забезпеченості, а в таблиці 2.4 - параметри кривих розподілу об'ємів стоку паводків теплового періоду та величини об'ємів різної забезпеченості в створах опорних водомірних постів.

2.24 Аналіз таблиць показує, що коефіцієнт варіації максимальних витрат і об'ємів стоку паводків теплового періоду коливається в значних межах - від 0,46 до 1,40. Співвідношення C_S і C_V максимальних витрат в більшості випадків змінюється від 4 до 6, а об'ємів – від 3 до 5.

2.25 В зв'язку з тим, що на річках Закарпаття максимальні витрати води спостерігаються в різні сезони року, формуються за рахунок стоку різного походження і не пов'язані між собою, визначаються розрахункові (узагальнені) максимальні витрати води і об'єми стоку повеней різної забезпеченості.

2.26 Для цього на підставі кривих розподілу максимальних витрат і об'ємів стоку холодного і теплового періодів розраховуються узагальнені криві розподілу за такою формулою:

$$P = (P_1 + P_2 - P_1 P_2) \cdot 100, \quad (2.7)$$

де P - ймовірність перевищення розрахункових (узагальнених) максимальних витрат або об'ємів стоку, %;

P_1 - ймовірність перевищення максимальних витрат або об'ємів стоку повеней холодного періоду, %;

P_2 - ймовірність перевищення максимальних витрат або об'ємів стоку повеней теплового періоду, %.

2.27 В таблиці 2.5 наведено розрахункові (узагальнені) максимальні витрати води, а в таблиці 2.6 – розрахункові (узагальнені) об'єми стоку повеней різної забезпеченості в створах опорних водомірних постів.

2.28 Величини максимального стоку в басейні Тиси, про що свідчать дані таблиць коливаються в значних межах. Найбільш високі модулі та шари стоку спостерігаються в басейнах річок Тересви, Терєблі, Рікі і Латориці. Низькі їх значення, внаслідок орографічних особливостей і характеру зрошення опадами, властиві річкам басейну Боржави та Ужа, де в значний мірі позначається також вплив висоти водозбору.

2.29 Наведені вище характеристики максимального стоку в створах водпостів використовуються як основа при визначенні максимальних витрат і

Таблиця 2.5 – Розрахункові (узагальнені) максимальні витрати води різної забезпеченості в створах опорних водомірних постів

№ п/п	Ріка	Створ	Площа водозбору, км ²	Період спостережень:		Витрати води (м ³ /с), забезпеченістю:					
				роки	n	0,1 %	0,5 %	1,0%	5,0 %	10%	25%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Тиса	Рахів	1070	1946-99,2001	54	2200	1510	1270	780	600	420
2	"	Ділове	1190	1945-99,2001	55	2450	1660	1390	860	670	470
3	"	Вилок	9430	1953-99,2001	47	7400	5650	5000	3600	3100	2450
4	Чорна Тиса	Ясіня	194	1955-99,2001	45	620	375	295	160	120	80,0
5	"	Білин	540	1945-99,2001	55	1470	950	770	440	340	225
6	Біла Тиса	Луки	189	1954-99,2001	46	584	348	267	137	98,0	56,0
7	"	Розтоки	473	1946-99,2001	54	1100	760	630	380	300	200
8	Косівська	Кос. Поляна	122	1962-99	37	518	313	246	132	97,0	61,5

16

Кінець таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	Шопурка	Коб. Поляна	240	1946-88,1998	43	764	518	430	260	203	140
10	Тересва	Усть-Чорна	572	1946-76, 1978-99,2001	53	1655	1096	903	535	422	285
11	"	Нересниця	1100	1955-99,2001	45	2235	1565	1340	895	730	527
12	Мокранка	Руська Мокра	214	1946-99,2001	54	880	565	445	250	190	115
13	Брустуранка	Лопухів	257	1945-88	43	900	600	495	300	230	150
14	Лужанка	Нересниця	149	1956-88	33	582	396	337	228	187	131
15	Теребля	Колочава	369	1951-98,2001	48	1050	750	645	420	335	235
16	Ріка	Міжгір'я	550	1945-99	54	1615	1120	945	618	500	365
17	"	Хуст	1130	1945-99,2001	55	2180	1585	1380	978	820	610
18	Голятинка	Голятин	59,0	1954-80	26	292	195	162	100	80,0	59,0
19	"	Майдан	86,0	1955-94	39	341	234	195	120	95,0	68,0
20	Репинка	Репинне	203	1946-99	53	730	495	415	275	225	160
21	Пилипець	Пилипець	44,2	1956-99	43	212	145	122	80,5	68,0	48,0

17

Таблиця 2.6 – Розрахункові (узагальнені) об'єми стоку паводків різної забезпеченості в створах опорних водомірних постів

№ п/п	Ріка	Створ	Площа водозбору, км ²	Період спостережень:		Об'єм води (млн. м ³), забезпеченістю:					
				роки	n	0,1 %	0,5 %	1,0%	5,0 %	10%	25%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Тиса	Рахів	1070	1946-99	53	325	243	212	146	120	89,0
2	"	Ділове	1190	1945-99	54	360	280	250	183	156	119
3	"	Вилок	9430	1953-99	46	2570	1870	1640	1165	970	740
4	Чорна Тиса	Ясіня	194	1955-99	44	103	64,5	51,2	29,0	22,0	15,0
5	"	Білим	540	1945-99	54	163	121	106	76,0	64,0	48,0
6	Біла Тиса	Лути	189	1954-99	45	99,0	63,0	51,0	30,0	24,0	16,0
7	"	Розтоки	473	1946-99	53	188	139	118	82,5	69,0	53,0
8	Косівська	Кос. Поляна	122	1962-99	37	59,5	44,8	39,0	26,8	22,0	16,0
9	Шопурка	Коб. Поляна	240	1946-88	42	110	78,0	67,3	45,0	37,2	27,0
10	Тересва	Усть-Чорна	572	1946-76, 1978-99	52	226	169	148	103	85,0	62,5
11	"	Нересниця	1100	1955-99	44	422	322	281	197	163	120
12	Мокранка	Руська Мокра	214	1946-99	53	89,0	66,0	57,0	39,0	32,5	23,5
13	Брустуранка	Лопухів	257	1945-88	43	118	82,0	68,0	45,0	36,0	26,0
14	Теребля	Колочава	369	1951-98	47	120	93,0	83,0	60,0	51,0	39,0

18

Кінець таблиці 2.6

15	Ріка	Міжгір'я	550	1945-99	54	183	132	116	85,5	74,0	57,5
16	"	Хуст	1130	1945-99	54	365	292	266	202	177	139
17	Голятинка	Майдан	86,0	1955-94	39	45,0	27,5	22,1	14,8	12,4	9,10
18	Репинка	Репинне	203	1946-99	53	80,8	54,5	45,5	31,0	26,0	20,0
19	Пилипець	Пилипець	44,2	1956-99	43	23,1	14,1	11,5	7,70	6,45	4,95
20	Студений	Нижн. Студений	25,4	1953-94	41	13,4	8,30	6,70	4,30	3,50	2,60
21	Боржава	Довге	408	1946-99	53	155	110	95,0	65,0	55,0	40,0
22	Боржава	Шаланки	1100	1961-99	38	340	240	205	140	120	90,0
23	Іршава	Іршава	230	1954-88	34	59,0	44,0	38,0	26,0	21,5	15,5
24	Латориця	Підполоззя	324	1946-99	53	133	96,0	83,0	59,0	49,0	37,5
25	"	Свалява	680	1946-99	53	200	150	130	93,0	80,0	60,0
26	"	Мукачеве	1360	1946-99	53	385	290	255	180	150	115
27	"	Чоп	2870	1946-99	53	660	500	435	320	270	205
28	Жденявка	В. Грабовниця	150	1951-88	37	46,0	35,5	31,8	24,1	20,8	16,2
29	Віча	Нелпине	241	1957-99	42	79,0	57,0	49,0	34,0	28,0	21,0
30	Пініє	Поляна	166	1952-88	36	52,5	39,5	34,5	25,0	21,0	16,0
31	Стара	Зняцеве	224	1951-99	48	66,0	44,0	36,0	22,5	18,0	13,0
32	Уж	Жорнава	286	1951-99	48	96,1	72,5	63,0	43,5	36,0	26,0
33	"	Зарічеве	1280	1946-99	53	335	258	229	168	142	107
34	"	Ужгород	1970	1946-99	53	403	333	304	237	206	163
35	Люта	Чорноголова	169	1955-99	44	50,0	38,0	33,3	23,2	19,2	14,0
36	Тур'я	Сімер	464	1957-99	42	170	116	99,0	69,5	58,0	43,5

19

об'ємів повеней у розрахункових створах за відсутності там гідрометричних спостережень.

2.30 Аналіз інформації по водпостах приводить до таких висновків:

- найбільші витрати води в холодний період року формуються перш за все за рахунок дощової складової, а снігова складова не перевищує 20% об'єму, тобто максимальні витрати води і в цей період зумовлюються саме повенями, тому підпадають під дію практично тих самих законів, що властиві повеням теплого періоду, хоч і за дещо інших умов їх формування;

- величини максимальних витрат води холодного періоду можуть дещо перевищувати максимуми теплого періоду, але для малих площ водозборів вони однозначно менші за теплі.

Вказані висновки дають змогу обрати відповідні методи визначення характеристик максимального стоку в розрахункових створах, узгоджені з діючими нормативами та придатні для масових розрахунків на стадії схеми.

2.31 Враховуючи насиченість території стоковими водпостами в діапазоні водозборів від 25 до 10000 км², стає можливим застосування найбільш надійного методу аналогії за такою редуційною формулою:

$$Q_{P\%} = q_{1\%} \left(\frac{A_a}{A} \right)^n \lambda_{P\%} A, \quad (2.8)$$

де $Q_{P\%}$ – максимальна витрата води розрахункової забезпеченості, м³/с;

$q_{1\%}$ – модуль максимальної витрати 1%-ної забезпеченості, м³/с км²;

A_a – площа водозбору ріки-аналога, км²;

A – площа водозбору у розрахунковому створі, км²;

$\lambda_{P\%}$ – коефіцієнт переходу від максимальної витрати 1%-ної забезпеченості до витрат інших забезпеченостей;

n – коефіцієнт редуції модуля максимальної витрати залежно від площі водозбору.

Очевидним є те, що основним інструментом вказаної формули є саме коефіцієнт редуції n . Зважаючи на суттєве збільшення (на 20-50%) модулів максимальних витрат річок Закарпаття після врахування видатних повеней 1998 і 2001 рр. стає необхідним і доцільним визначитись як з величиною коефіцієнта редуції n , так і з областю застосування редуційної формули.

2.32 З цією метою досліджені залежності $Q_{1\%} = f(A)$ в логарифмічних координатах. Дослідження показало:

- форма залежності практично однакова для повеней холодного і теплого періодів, а також узагальнених максимумів;

- залежність різко змінюється в районі 60-100 км², визначаючи верхній

ліміт застосування редуційної формули;

– коефіцієнт редуції від зазначеного ліміту і в бік більших площ є практично однаковим для повеней різного походження, а також узагальнених величин, і коливається в діапазоні від плюс мінус 5 до 6% і є близьким до $n=0,40$.

2.33 Таким чином, область застосування і основний інструмент редуційної формули дістали своє підтвердження, а сама формула має право по застосування по всій території Закарпаття у визначеному діапазоні.

2.34 Очевидним є те, що в діапазоні площ водозборів, менших за 60-100 км², краще застосовувати формули типу граничної інтенсивності стоку, але значні зміни в уявленнях про величини максимальних витрат води, шару максимального стоку, максимальних опадів та їх редуції у часі обумовлюють необхідність перевірок і відповідно коригування основних параметрів формули граничної інтенсивності, наведених у діючих нормативах [1,2,3,4,5].

2.35 Слід використати безпосередньо графічну залежність модулів максимальних витрат води від площ водозборів, менших за 100 км², що є практично унікальною можливістю для такого діапазону площ і гарантією від суттєвих помилок. Крім того, для малих водозборів, висота яких не перевищує 150-500 м над рівнем моря, слід застосовувати понижуючий коефіцієнт 0,815, що відображає різницю в редуції опадів на Закарпатській низовині та в горах згідно з [6]. В такий спосіб отримано можливість визначення максимальних витрат води дуже малих річок.

3 РОЗРАХУНОК КРИВОЇ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ВОДИ В РАЙОНІ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ ПІД ЧАС КАТАСТРОФІЧНОЇ ПОВЕНІ

3.1 З метою прогнозування затоплення мостів під час стихійних лих встановлюються середні відмітки поверхні води z_c по всіх розрахункових поперечниках. Такий підхід до розв'язання задачі базується на отриманому І.А.Шеренковим уявленні поперечного похилу поверхні води за допомогою перевищення місцевих відміток поверхні води z_n над середнім рівнем води на даному поперечнику z_c .

На прямолінійних і слабозвивистих ділянках русла поперечна зміна відміток поверхні води не враховується. Перший етап розрахунку може не виконуватися, якщо середні відмітки поверхні води на поперечниках можуть бути визначені з заданого чи установленого натурними спостереженнями поздовжнього профілю поверхні води.

3.2 Визначення середніх відміток поверхні води z_c на поперечниках є одновірною задачею побудови кривої вільної поверхні нерівномірною потоку і виконується шляхом розв'язання кінцево-різностного рівняння поздовжньої рівноваги, складеного для повного перерізу потоку з урахуванням рівняння нерозривності:

$$\Delta z_c = \frac{Q^2 \Delta l_o}{K_m^2} + \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{\omega_{k+1}^2} - \frac{1}{\omega_k^2} \right) \quad (3.1)$$

де Δz_c – поздовжнє падіння середньої відмітки поверхні води між поперечниками (позитивне, якщо відмітка зменшується вниз за течією);
 Δl_o – відстань між поперечниками вздовж вісі потоку в зоні мостового переходу (до і після моста);

K – модуль витрати;

індекси: c – середня величина по перерізу потоку;

m – середня величина між двома сусідніми поперечниками;

k – порядковий номер поперечника, зверху вниз за течією.

У випадку неістотного впливу зміни площі перерізу русла на величину перепаду рівнів іншим складовим в рівнянні 3.1 (інерційним членом) часто нехтують, що спрощує розрахунки. Проте, на гірських ділянках рік, де мають місце великі швидкості течії і істотні зміни ширини потоку по довжині, цього робити не можна.

3.3 Для визначення, середнього між двома сусідніми поперечниками, значення модуля витрати k_m рекомендується користуватися наступними формулами:

$$K_m = 0,5(K_k + K_{k+1}), \quad (3.2)$$

$$K_k = \sum_{t=1}^{t=M} \omega_{kt} C_{kt} H^{1/2}, \quad (3.3)$$

де M і t відповідно кількість і номер ділянок перерізу з різними коефіцієнтами шорсткості n . У випадку використання для визначення коефіцієнта Шезі C формули Маннінга, формула для визначення модуля витрати на k – му поперечнику має вигляд:

$$K_k = \sum_{t=1}^{t=M} \frac{\omega_{kt} H^{2/3}}{n_{kt}} = \sum_{t=1}^{t=M} \frac{\omega_{kt}^{5/3}}{n_{kt} B_{kt}^{2/3}}, \quad (3.4)$$

де B_t – ширина ділянки поперечника.

3.4 Таким чином, в загальному випадку потік зі змінною шорсткістю по ширині поперечника (а саме, у випадку русла з заплавою) в першому наближенні тільки модуль витрати k рекомендується подавати у вигляді суми модулів витрат для кожної частини поперечника (зі своїм коефіцієнтом шорсткості). Інерційний же член (друга складова) рівняння 3.1 в цьому наближенні необхідно подати, використовуючи величини всієї площі перерізу потоку, включаючи русло і заплаву.

3.5 В зв'язку з неможливістю аналітичного представлення залежності $\omega = f(z_c)$, яка залежить від топографії русла на кожному конкретному поперечнику, розрахунок кривої вільної поверхні води, виконується підбором послідовно переходячи від одного розрахункового поперечника до іншого. Напрямок розрахунку залежить від стану потоку. Для спокійного потоку, для якого число Фруда $F_r = \frac{u^2}{gH} < 1$, розрахунок кривої

вільної поверхні необхідно здійснювати проти течії, керуючись тим, що в такому потоці рух води визначається, головним чином, потенціальною енергією і залежить від умов течії нижче даного створу. Для бурхливого потоку ($F_r > 1$), який визначається кінетичною енергією і умовами течії вище даного створу, розрахунок потрібно вести за течією. Виходячи з цього, для гірських ділянок рік, на яких часто можуть спостерігатися переходи від бурхливого стану потоку до спокійного і навпаки для кожної заданої відмітки поверхні води під час розрахунків необхідно контролювати число Фруда і обмежити розрахунок тим станом потоку, який відповідає вибраному напрямку розрахунку. Для річок з затопленою заплавою число Фруда слід підраховувати окремо для русла і заплави. В першому наближенні при розрахунку кривої вільної поверхні за допомогою рівняння 3.1 підрахунок чисел Фруда виконується для всього потоку в цілому.

3.6 Побудова кривої вільної поверхні води по рекомендованій методиці вимагає, щоб були відомі (або задані) відмітки поверхні води при даній розрахунковій витраті в початкових створах, розташованих на нижній границі ділянки річки, яка розглядається, у випадку постійної течії і на верхній межі у випадку бурхливого потоку. Такими вихідними відмітками з відомим наближенням можуть бути такі вибрані відмітки рівномірного потоку, визначені за похилом дна i_0 підбором за допомогою формули Шезі-Маннінга

$$Q = i_0^{1/2} \sum_{i=1}^{i=M} \frac{\omega_i H_i^{2/3}}{n_i} = i_0^{1/2} \sum_{i=1}^{i=M} \frac{\omega_i^{5/3}}{n_i B_i^{2/3}} \quad (3.5)$$

Для визначення цих вихідних відміток повинні бути вибрані створи, де течія води неістотно відрізняється від рівномірної (відсутній помітний

вплив нижчерозташованого русла при спокійній течії і вищерозташованого при бурхливій).

3.7 На ділянках гірських рік можуть зустрічатися перепади, швидкотоки або ж малі мости (водозлив з широким потоком).

Для таких ділянок в деяких випадках коли:

- вище гребеню перепаду (чи швидкотоку) має місце спокійна течія і , відповідно, на цьому гребені установлюється критичний режим течії ($F_r = 1$);
- витікання зі звуженого перерізу є незатопленим з властивою для нього бурхливою течією на порозі водозливу – для побудови кривої вільної поверхні води необхідно використовувати рекомендації розрахунку течії в цих штучних спорудах.

3.8 Для розрахунку кривої вільної поверхні води за рівнянням (3.1) для русел довільного перерізу (але з помітним послідовним зростанням відміток дна русла і заплави в обидві сторони від вісі потоку в зоні передбачуваної зміни рівня води) розроблений алгоритм програми.

Алгоритм програми розрахунку

При підготовці вихідних даних на план ділянки наносяться прямолінійні поперечники (пронумеровані зверху вниз за течією), намічені приблизно перпендикулярно напрямку течії в руслі і в межах можливого затоплення при максимальній повені. Для кожного поперечника складають таблиці поперечних координат x_p точок перелому схематизованої поверхні русла і відповідних їм відміток дна z_{dp} по всій довжині поперечників, виходячи за межі затоплення максимальними повенями. Початок координат на всіх поперечниках необхідно розміщувати по одну сторону русла. Початковими точками на кожному поперечнику приймають умовні точки за межами зони затоплення $1 \leq p \leq D_k$, D_k – число точок перелому на k – му поперечнику. Крім того, на кожному поперечнику задаються такими величинами:

- n_i – значення коефіцієнту шорсткості на кожній ділянці поперечника;
- M – кількість ділянок з різними коефіцієнтами шорсткості n_i ;
- p_i – номери координат переломів поверхні русла, співпадаючих з межами ділянок з різними коефіцієнтами шорсткості;
- $(z_{min})_k$, $(z_{max})_k$ – мінімальна і максимальна відмітки водної поверхні на всіх поперечниках.

В цілому для всього розрахунку задається:

- Q – розрахункова витрата води;
- z_n – середня відмітка поверхні води на початковому поперечнику.

Для кожної розрахункової ділянки задається чи визначається на плані ділянки Δl_0 – відстань між поперечниками на динамічній вісі потоку.

З математичної точки зору задача зводиться до розв'язання рівняння (3.1)

на відрізку $[(z_{\min})_k \text{ і } (z_{\max})_k]$, що виконується методом пропорційних частин.

Порядок розрахунку:

а) на початковому поперечнику

1) При заданій відмітці водної поверхні z_n , тобто, приймаючи $z(a) = z_n$ перебором знаходять ті значення p , для яких справедливі умови:

$$z_{\partial(p+1)} < z(a) \leq z_{\partial p} \quad (3.6)$$

$$z_{\partial(p-1)} < z(a) \leq z_{\partial p} \quad (3.7)$$

Той номер p , для якого справедливо (3.6) вважають початковим ($p = p_{\text{нач}a}$), а той, для якого справедливо (3.7) вважають кінцевим ($p = p_{\text{кон}a}$).

2) вважають значення відповідних поперечних координат $x_{p \text{ нач}}$ і $x_{p \text{ кон}}$ за формулою лінійної інтерполяції

$$y = \frac{(f - f_j)(y_{j+1} - y_j)}{f_{j+1} - f_j} + y_j \quad (3.8)$$

Для знаходження $x_{p \text{ нач}}$ приймають:

$$y = x_{p \text{ нач}}; f = z(a); f_j = z_{\partial p}; f_{j+1} = z_{\partial(p+1)}; y_{j+1} = x_{p+1}; y_j = x_p.$$

Для визначення $x_{p \text{ кон}}$ приймають

$$y = x_{p \text{ кон}}; f = z(a); f_j = z_{\partial(p-1)}; f_{j+1} = z_{\partial p}; y_{j+1} = x_p; y_j = x_{p-1}.$$

3) обчислюють площі живого перерізу ω_{kl} і ширину потоку B_{kl} ділянок поперечника з різними коефіцієнтами шорсткості

$$\omega_{kl} = \sum_{p=p_{l-1}}^{p=p_l} 0,5(2z(a) - z_{\partial p} - z_{\partial(p-1)})(x_p - x_{p-1}) \dots \quad (3.9)$$

$$B_{kl} = x_{p_l} - x_{p_{l-1}}, \quad (3.10)$$

Враховуючи, що $p_{l=0} = p_{\text{нач}}$; $p_{l=M} = p_{\text{кон}}$.

4) обчислюють загальну площу перерізу потоку

$$\omega_k = \sum_{l=1}^{l=M} \omega_{kl} \quad (3.11)$$

б) на розрахунковому поперечнику

1) послідовно приймаючи, що $z(a) = (z_{\min})_k$ і $z(a) = (z_{\max})_k$, виконують

наступні операції:

Визначають $p_{(нач)a}$; $p_{(кон)a}$; $x_{(р нач)a}$; $x_{(р кон)a}$; $\omega_{ка}$; $\omega_{кта}$; $B_{кла}$ відповідно за формулами (3.6 – 3.11), використовуючи обчислені значення $\omega_{кта}$; $B_{кта}$; $\omega_{ка}$ за допомогою рівняння 3.1 підраховують величину $F(z(a))$ – величину розходження між заданим перепадом рівнів води на розрахунковій ділянці (при заданій відмітці води $z(a)$ на розрахунковому поперечнику) і перепадом, отриманим в результаті розрахунку правої частини рівняння 3.1 при $z(a)$.

2) знаходять наближене значення відмітки водної поверхні за формулою (метод пропорційності частин):

$$z_{ск} = \frac{(z_{min})_к F((z_{max})_к) - (z_{max})_к F((z_{min})_к)}{F((z_{max})_к) - F((z_{min})_к)} \quad (3.12)$$

3) підставляючи $z(a) = z_{ск}$, визначаємо $p_{нач}$; $p_{кон}$; $x_{р нач}$; $x_{р кон}$; $\omega_к$; $\omega_{кт}$; $B_{кт}$ відповідно за формулами (3.6 – 3.12).

4) підраховуємо значення $F(z_{ск})$ за рівнянням (3.1).

5) де ε – задана допустима точність, якщо $|F(z_{ск})| > \varepsilon$, то в залежності від знаку вибирається частина відрізка між $(z_{min})_к$ і $(z_{max})_к$, на кінцях якої функція F приймає різні знаки і процес обчислення повторюється з пункту 1 з заміною $(z_{min})_к$ і $(z_{max})_к$ величиною $z_{ск}$.

6) якщо задана точність досягнута, тобто $|F(z_{ск})| \leq \varepsilon$ то обчислення по поперечнику закінчують і переходять до слідуючої розрахункової ділянки, для якої розглянутий поперечник є початковим з визначеними $\omega_к$; $\omega_{кт}$; $B_{кт}$.

3.9 Порівняння висотного положення кривої вільної поверхні води в районі мостового переходу під час катастрофічної повені з висотним розташуванням моста дає можливість установити можливість його затоплення та на яку висоту піднімається рівень води, а також можливість затоплення, населеного пункту чи інших транспортних споруд в зоні ризику.

4 ПРОГНОЗУВАННЯ ЗРОСТАННЯ ВИТРАТ ВОДИ НА РІЧЦІ ПІД ЧАС КАТАСТРОФІЧНИХ ПОВЕНЕЙ

4.1 Як уже зазначалось витрата води в річці зростає вниз за течією, оскільки в річку поступають все більші і більші маси води зі схилів водозборів і з притоків. Тому для установлення динаміки зростання витрат на будь-якій річці слід проаналізувати гідрографи води, починаючи з верхів'я і кінчаючи гирлом. Максимальні та мінімальні витрати можуть бути отримані з таблиці 1.1 та 1.2 або ж в результаті космічних спостережень.

4.2 Описуючи зміну „пиків” гідрографів вздовж річки за допомогою методів математичної статистики, отримаємо залежність між витратою

води і часом добігання $Q = f(\tau)$ при максимальній швидкості течії, що дозволить встановити максимальну витрату води на існуючому мостовому переході або ж в тому поперечнику річки, де планується запроектувати міст. Із попередніх спостережень для даного перерізу річки визначають мінімальну витрату води, ширину русла ріки в межень та ширину затоплювання заплави у випадку наявності захисних дамб біля обох берегів річки, ширина затоплювання заплави може прийматися рівною відстані між захисними спорудами.

4.3 Підтвердженням цього є прийняття в 1994-2000р. Урядом України комплексної Програми проведення протиповеневих заходів на території чотирьох областей (Закарпатської, Львівської, Івано-Франківської та Чернівецької), де на десятках кілометрів збудовано захисні дамби, укріплено береги, виконано регулювання русел. Значним є обсяг ремонтних робіт на раніше споруджених об'єктах. На жаль, нестача коштів не дозволила здійснити реалізацію Програми у повному обсязі. Не дивлячись на наявність укріплювальних споруд, найбільш потенційно небезпечними ділянками на річках Карпат зазвичай є місця розташування мостових переходів. На багатьох гірських річках практично повсюдним є скупчення вище мостів решток дерев, сміття, що сприяє підйомам рівня води.

4.4 У випадку, коли відсутні захисні дамби, ширина затоплюваної заплави на мостовому переході може бути установлена за даними спостережень за катастрофічними повенями в минулі роки. Користуючись зазначеними даними та допомогою отриманої залежності можна прогнозувати висоту затоплення мостового переходу або ж підняття в цьому місці рівня води.

Приклад встановлення динаміки зростання витрат води на річці Боржава
(річка–пункт, Боржава–Шаланки)

Рівняння, яке описує динаміку зростання витрат води на річці Боржава має вигляд:

$$Q = av^{\tau}, \quad (4.1)$$

де Q – витрата води в $\text{м}^3/\text{с}$;

τ – час добігання, г;

a і v – невідомі постійні, які визначаються за формулами

$$\lg a = \frac{\sum \tau_i^2 \sum \lg Q_i - \sum \tau_i \sum (\tau_i \lg Q_i)}{n \sum \tau_i^2 - (\sum \tau_i)^2} \quad (4.2)$$

$$\lg \sigma = \frac{n \sum \tau_i \lg Q_i - \sum \tau_i \sum \lg Q_i}{n \sum \tau_i^2 - (\sum \tau_i)^2} \quad (4.3)$$

Послідовність обчислень розглянемо на прикладі (табл.4.1)

Таблиця 4.1 – Підрахунок зростання витрати води на річці Боржава (річка–пункт, Боржава–Шаланки)

№ п/п	τ_i	Q_i	$\lg Q_i$	$\tau_i \lg Q_i$	τ_i^2	$\lg Q_i'$	Q_i'	$Q_i - Q_i'$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,98	10,0	1,00	0,98	0,9604	0,9726	9,389	0,61
2	1,96	50,5	1,699	3,33	3,8416	1,7654	58,2	8,2
3	2,94	380	2,5798	7,5846	8,6436	2,5582	361,6	1,9
Σ	5,88	440	5,2788	11,8946	13,448	5,2962	429,19	27,81

Колонка 2 – незалежні змінні значення τ_i , колонка 3 – залежні Q_i . Отримавши логарифм, заповнюємо колонку 4. Помноживши значення колонок 2 і 4, заповнюємо колонку 5. Підносячи до квадрату значення колонки 2, заповнюємо колонку 6. Підсумовуючи значення всіх колонок, заповнюємо рядок суми і отримуємо, що $\Sigma \tau_i = 5,88$; $\Sigma Q_i = 440$; $\Sigma \lg Q_i = 5,2788$; $\Sigma \tau_i \lg Q_i = 11,8946$; $\Sigma \tau_i^2 = 13,448$.

Знайдені суми підставляємо у вирази (4.2) і (4.3)

$$\lg a = \frac{13,4456 \cdot 5,2788 - 5,88 \cdot 11,8946}{3 \cdot 13,4456 - 34,5744} = 0,1798;$$

$$\lg \sigma = \frac{3 \cdot 11,8946 - 5,88 \cdot 5,2788}{3 \cdot 13,4456 - 34,5744} = 0,8090.$$

Звідси отримуємо, що $a = 1,513$; $\sigma = 6,442$.

Шукане рівняння має вигляд:

$$Q = 1,513 \cdot 6,442^t \quad (4.4)$$

За отриманою формулою (4.4) визначаємо значення витрат води Q_i' , заповнюємо колонку 8 таблиця 4.1.

За цими значеннями будуємо графік вирівненої кривої, який поданий на див. рис.4.1. Представлені приклади кривих і інших функцій: $y' = a + b \lg$

x для витрати $Q = a + b \lg \tau$; $y' = ax^b$ для витрати $Q = a \tau^b$ та експериментальна ламана крива, що можуть бути використані для апроксимації цієї кривої, побудованої за натурними даними. Крім того, з цією метою, можуть бути використані не тільки наведені функції. Головна вимога полягає в тому, щоб вони добре описували натурні дані і відповідали критеріям відповідності.

Таким чином, на комп'ютері за допомогою спеціальної програми підбирається відповідний тип кривої (у розглянутому випадку $y' = ab^x$ для витрати $Q = a b^x$), який дозволяє достатньо надійно описати хід

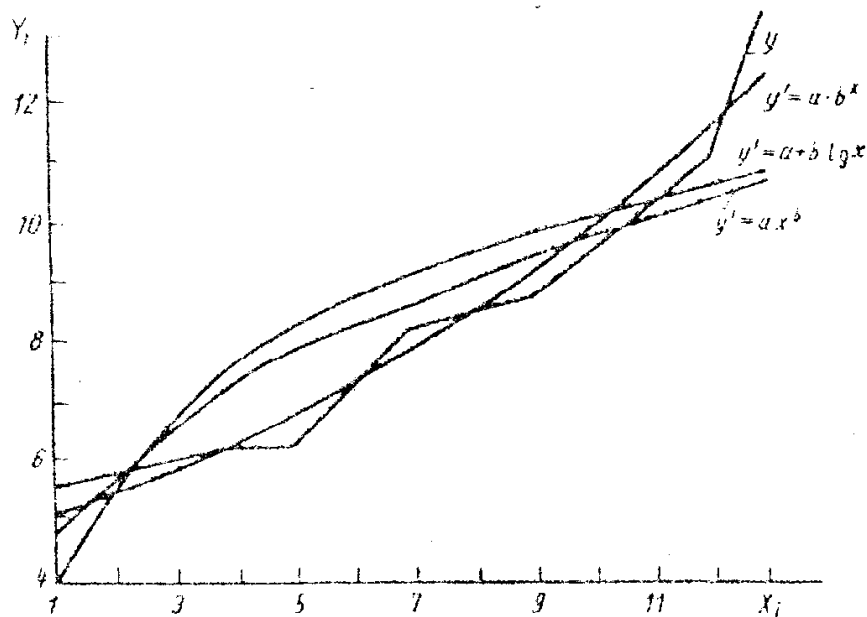


Рисунок 4.1- Приклад апроксимування математичними залежностями експериментальної кривої

зміни величини витрати води по довжині річки, тобто з врахуванням часу добігання води τ . Враховуючи той факт, що під час катастрофічної повені можна достатньо надійно і швидко визначити швидкість течії, в розглянутому прикладі $V_{\max} = 3$ м/с, устанавлюється відстань до поперечника річки, де знаходиться мостовий перехід і визначається величина витрати на даному перерізу річки.

Знаходимо величину основної похибки. Для цього обчислюємо $(Q_i - Q'_i)^2$, заповнюємо колонку 9 і знаходимо $\Sigma(Q_i - Q'_i)^2 = 27,81$.

Основна похибка дорівнює:

$$\sigma_o = \sqrt{\frac{\Sigma(Q_i - Q'_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{10,811^2}{2}} = 7,66 .$$

Ця величина є рівномірною. Її можна вважати малою і признавати, якщо $\sigma_0 < 0,1Q$ – вирівнювання задовільне. Середнє значення $Q = 146,6$, тоді похибка $7,66$ менша $0,1Q = 14,66$.

4.5 За зазначеною методикою, користуючись методами математичної статистики, встановлюється залежність $Q = f(\tau)$ для кожної річки, де має місце мостовий перехід або ж планується його будівництво з метою встановлення висоти затоплення під час катастрофічних повеней.

5 РОЗРАХУНОК ВИСОТИ ЗАТОПЛЕННЯ МОСТІВ ПІД ЧАС КАТАСТРОФІЧНИХ ПОВЕНЕЙ В ЗАКАРПАТСЬКІЙ, ЛЬВІВСЬКІЙ ТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКІЙ ОБЛАСТЯХ

5.1 Встановлення масштабів заплавних розмивів у часі (у високу повінь) і в просторі (по довжині річки) дозволяє за отриманими закономірностями затоплення і випорожнення вздовж річки в процесі проходження повені зробити висновок про трансформацію хвилі повені і забезпечити більш точний прогноз найвищих рівнів і розмірів заплавних розмивань і затоплень. Для цього слід використовувати аерокосмічні методи, які дозволяють встановити місця мостових переходів з метою їх будівництва, де немає затоплення під час катастрофічних повеней.

5.2 Для вирішення поставленої задачі слід проаналізувати русла гірських річок. Гірські і передгірські ділянки рік Українських Карпат мають схожість з рівнинними річками в розвитку мезоформ. Основна різниця між цими річками виражається лише в наявності обмежуючих факторів і здатності живлення річок наносами, що найбільш чітко проявляється на їх ділянках до виходу річок з гір. Обмежуючим фактором є фактор, що перешкоджає розвитку деформації русла при природних умовах течії.

5.3 Аналіз матеріалів обстежень рік Українських Карпат з врахуванням існуючих типізацій руслового процесу дозволили виділити наступні типи їх руслових форм:

1) Стиснуті русла з обмеженим надходженням наносів, які зустрічаються в трьох різновидностях:

– ті, що не розмиваються скельні русла, з нечітко вираженими берегами;

– стиснуті русла (тіщини) з уривистими берегами;

– каналізоване русло;

2) Стиснуті русла з необмеженим надходженням наносів;

3) Русла обмеженого меандрування;

4) Русла багаторукавність;

5) Русла незавершеного меандрування;

6) Русла вільного меандрування.

5.4 Стиснуті русла з обмеженим надходженням наносів. В цих руслах

повільно відсутнє накопичення руслових відкладень і русловий потік заповнює скелясте русло по всій малозмінній ширині між берегами, які важко розмиваються. Дно таких русел дуже часто може складатися не тільки зі скельних корінних порід, але й з крупних руслових відкладень. Таке русло має трикутну форму.

5.5 Стиснуті русла з обмеженим надходженням наносів зустрічається на річках Українських Карпат в таких різновидностях:

- нерозмиваєме (скельне) русло з нечітко вираженими берегами. Зустрічається майже на всіх річках, головним чином у верхів'ях і на мілких бічних притоках і характеризується трикутною формою русла;

- V-подібною долиною. Потік протікає по такому руслу і не може заглибитися в скельне дно;

- стиснуті русла з обривистими берегами, які мають місце, головним чином, в середній гірській частині рік Карпат, де утворюються в результаті заглиблення річки в дно гірської долини, яке важко розмивається. Такі русла в поперечному перерізі мають трикутну форму.

5.6 Каналізоване русло зазвичай розміщується в гірській долині, як в гірській частині, так і після виходу річки із гір. Характеризується помірно звивистістю з кутами повороту, що не перевищують 90° , між поворотами таких русел мають місце довгі прямолінійні ділянки. Форма русла в поперечному перерізі носить як трапецеїдальний так трикутний характер. Межений потік заповнює ці русла по всій ширині, і оскільки ширина русла незмінна по всій довжині, то вони нагадують штучні канали.

5.7 Стиснуті русла з необмеженим надходженням наносів з берегами, які важко розмиваються характеризуються утворенням руслових форм у вигляді побочнів і мілин. Цей тип русел має місце в звуженнях гірської долини в середній гірській частині рік Карпат.

5.8 Русла обмеженого меандрування зустрічаються на річках Українських Карпат до виходу із гір на розширених ділянках гірських долин. Значною особливістю цього типу є обмеження розмиву угнутих берегів. Ширина пояса меандрування дорівнює ширині дна гірської долини.

5.9 Русла незавершеного меандрування починаються безпосередньо після виходу цих рік із гір.

5.10 Русла вільного меандрування зафіксовані на карпатських річках, головним чином, на ділянках віддалених від гір. Форма цих русел має трапецеїдальний характер.

5.11 Для визначення висоти затоплення заплав, мостових переходів, штучних споруд – мостів, згідно проведеним дослідженням [6] рекомендується використовувати слідуєчу формулу:

$$h = \frac{2(Q_{\max} - Q_{\min})}{V_{\max}(C_{п.з.} + \theta)}, \quad (5.1)$$

де Q_{\max} – максимальна витрата води (м³/с) під час повені, яка визначалася за даними, (див. в табл.1.1);

Q_{\min} – мінімальна витрата води (м³/с) під час межені (див. табл.1.1) ;

V_{\max} – максимальна швидкість води під час повені (м/с) , яка складала 2 м/с, 3 м/с, 4 м/с в залежності від ділянки спостережень;

$C_{п.з.}$ – ширина затоплення заплави (м) , яка встановлювалася шляхом натурних спостережень або аерокосмічних зйомок;

θ – ширина русла під час межені (м).

На виході з гір ширина найбільших карпатських річок у межінь сягає 30-35 м. Слід зазначити також, що біля більшості мостових переходів побудовані захисні дамби, а тому ширина затоплення заплави $C_{п.з.}$ може бути обгрунтована відстанню між цими спорудами.

5.12 Для встановлення висоти підйому води на мостових переходах в зоні заплавної насипів та в зоні самого моста слід керуватися залежністю (5.1) між висотою підйому води (h) на заданому поперечнику річки та шириною затоплення заплави ($C_{п.з.}$) на заданій ділянці річки біля мостового переходу. Ця залежність подана на рис.5.1 для ділянки річка – пункт: Тиса – Вилок, а розрахункові дані подані в табл.5.1, де враховуються витрати: максимальна $Q_{\max} = 3650$ м³/с на 14.05.70 і мінімальна $Q_{\min} = 10,4$ м³/с на 17.02.64 (див. табл.1.2). Ширина затоплення заплави (м) $C_{п.з.}$ приймалася рівною від 40 до 600 м, а ширина русла в межень: 30, 50, 100, 200 та 300 м.

5.13 Отримані величини підняття рівня води під час катастрофічних повеней на річках Закарпатської, Львівської та Івано-Франківської областей можуть бути поширені на мостові переходи, які знаходяться поблизу зазначених пунктів, а також за допомогою цих даних стає можливим встановити межі розливання води та затоплення заплав, населених пунктів чи інших інженерних споруд. Для цього необхідно встановити швидкість течії річки, яка вимірюється за допомогою існуючих методів, не витрачаючи на це значного часу. За допомогою отриманих даних можна оперативно передбачати гідрологічну обстановку на вказаних річках та існуючих мостових переходах та прийняти відповідні заходи щодо попередження руйнувань. Особливо ефективним є застосування цієї методики при проектуванні нових мостових переходів у зазначеному регіоні, враховуючи можливість появи катастрофічних повеней та відповідного підняття рівня води, оскільки руйнування мостових переходів здійснюється головним чином через неврахування цієї ситуації.

Зазначена методика може також застосовуватися на малих річках на невеликих мостових переходах, на яких відсутні натурні спостереження. А

Таблиця 5.1 – Визначення величин затоплення мостових переходів на р. Тиса
річка-пункт (Тиса – Вилік)

№ п/п	Ширина підтоплення $S_{п.з.}, м$	Висота підтоплення $h, м$															
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	2																$V_{max} = 2 м/с$ $v = 300м$
1	600																$V_{max} = 3 м/с$ $v = 300м$
2	500				3,31	4,41	6,62	3,03	4,04	6,06	2,60	3,46	5,19	2,27	3,03	4,54	$V_{max} = 4 м/с$ $v = 300м$
3	400				4,00	5,39	8,08	3,63	4,85	7,27	3,03	4,04	6,06	2,59	3,46	5,18	$V_{max} = 2 м/с$ $v = 200м$
4	300				5,19	6,93	10,38	4,55	6,06	9,09	3,64	4,85	7,28				$V_{max} = 3 м/с$ $v = 200м$
5	200				7,28	9,70	14,56	6,06	8,08	12,13	4,55	6,06	9,09				$V_{max} = 4 м/с$ $v = 200м$
6	150																$V_{max} = 2 м/с$ $v = 100м$
7	100				12,13	16,18	24,26										$V_{max} = 3 м/с$ $v = 100м$
8	50																$V_{max} = 4 м/с$ $v = 100м$
9	40																$V_{max} = 2 м/с$ $v = 50м$

саме, користуючись, зазначеним способом прогнозування максимальних витрат під час катастрофічних повеней, слід установлювати висоту підняття рівня води і можливість затоплення малих мостів, яке є не менш небезпечним, чим для великих мостів. Методика прогнозування затоплення мостових переходів під час стихійних лих на прикладі Закарпатської, Львівської та Івано-Франківської області може використовуватися і в інших регіонах, де мають місце такі явища, як сезонні повені, але необхідно враховувати місцеві природні особливості, які впливають на достовірність встановлення найбільш вірогідної максимальної витрати. В останні роки мають місце затоплення мостів і в рівнинних районах, для його прогнозування слід проводити додаткові дослідження.

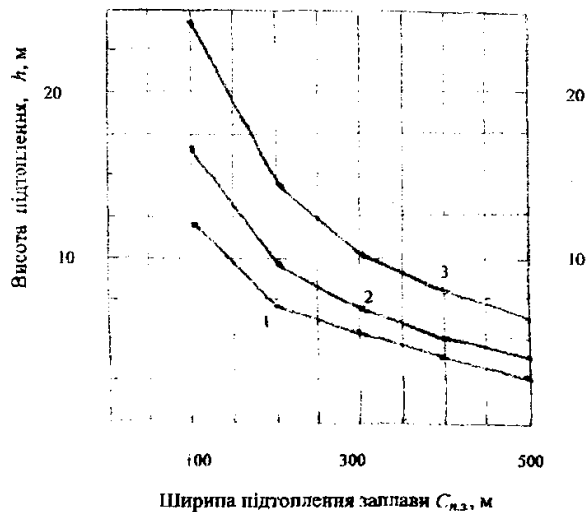


Рисунок 5.1 – Залежність між шириною затоплення запливи та глибиною затоплення в районі мостового переходу на ділянці річка-пункт:

Тиса – Вилок при ширині запливи $v = 50$ м : 1 – $V_{max} = 4$ м/с ;
 2 – $V_{max} = 3$ м/с ;
 3 – $V_{max} = 2$ м/с .

Розрахункові величини висоти затоплення біля мостових переходів, як існуючих так і тих, що проектується на р.Тиса відповідно до таблиці 5.1. На рисунку 5.1 подана закономірність зміни висоти затоплення h (м) від ширини затоплення запливи $C_{п.з}$ (м) для окремого випадку. Величини затоплення мостових переходів для річок Львівської, Івано-Франківської та Закарпатської областей відповідно до табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Величини затоплення мостових переходів для річок
Львівської, Івано-Франківської та Закарпатської областей

№ п/п	Назва (річка-пункт)	Q_{\max} , м ³ /с	Q_{\min} , м ³ /с	$C_{п.з.}$, м	b , м	V_{\max} , м/с	h , м
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Боржава – Шаланки	456	1,19	20	20	3	7,72
2	Латорица – Чоп	653	2,66	30	30	3	7,22
3	Тересва – Усть-Чорна	469	0,40	40	30	3	4,46
4	Ріка – Міжгір'я	735	0,29	50	50	3	4,69
5	Стрий – Верхнє Синьовиднє	2610	1,56	150	100	3	6,95
6	Дністер – Заліщики	8040	6,98	250	200	3	11,99
7	Теребля – Колочава	330	0,75	40	35	3	2,92
8	Уж – Ужгород	1680	0,50	250	50	3	3,73
9	Сірет – Сторожинець	816	0,10	45	20	3	8,36
10	Прут – Чернівці	5200	1,90	400	100	2	10,39
11	Дністер – Самбір	702	0,05	40	20	3	6,96
12	Дністер – Галич	4040	6,53	170	100	3	9,95
13	Західний Буг – Літовиж	216	6,21	27	5	3	4,33
14	Дунай – Рені	16000	1280	2879	100	2	4,94
15	Полтва – Буськ	119	0,33	21,0	5	2	4,55
16	Свіча – Зарічне	1970	0,71	385	35	2	4,68
17	Лімниця – Перевозець	1120	0,68	211	35	2	4,54
18	Золота Липа – Задарів	115	0,42	24,15	5	2	3,93
19	Стрипа – Бучач	192	1,02	72,0	5	2	2,48
20	Серет – Чортків	313	0,23	48,0	30	2	4,01
21	Збруч – Завалля	185	1,29	55,60	5	2	3,03

Кінець таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8
22	Смотрич – Цибулівка	243	0,14	55,41	5	2	4,02

В таблиці 5.3 подані величини затоплення та розливання води при швидкості течії $V=2$ м/с в зазначених пунктах.

Таблиця 5.3 – Величини затоплення мостових переходів для річок Львівської, Івано-Франківської та Закарпатської областей

№ п/п	Назва (річка – пункт)	Q_{max} , м ³ /с	Q_{min} , м ³ /с	$C_{п.з.}$, м	b , м	V_{max} , м/с	h , м
1	Боржава – Шаланки	466	1,19	51,50	5	2	8,22
2	Латорица – Чоп	653	2,66	90,63	5	2	6,80
3	Тересва – Усть-Чорна	469	0,40	105,00	5	2	4,26
4	Ріка – Міжгір'я	735	0,29	132,80	40	2	4,25
5	Стрий – Верхнє Синьовидне	2610	1,56	441,20	40	2	5,42
6	Дністер – Заліщики	8040	6,98	729,40	100	2	10,44
7	Теребля – Колочава	330	0,75	143,30	5	2	2,22
8	Уж – Ужгород	1680	0,50	827,90	100	2	1,81
9	Сірет – Сторожинець	816	0,10	105,10	40	2	5,62
10	Дністер – Самбір	702	0,05	107,85	20	2	5,49
11	Дністер – Галич	4040	6,53	309,9	100	2	9,84
12	Західний Буг – Літовиж	216	6,21	43,5	5	2	4,33
13	Рата – Межиріччя	222	0,33	20,40	5	2	4,67
14	Дунай – Рені	16000	1280	2879	100	2	4,94
15	Полтва – Буськ	119	0,33	21,0	5	2	4,55
16	Свіча – Зарічне	1970	0,71	385	35	2	4,68
17	Лімниця – Перевозець	1120	0,68	211	35	2	4,54

Кінець таблиці 5.3

18	Золота Липа – Задарів	115	0,42	24,15	5	2	3,93
19	Стрипа – Бучач	192	1,02	72,0	5	2	2,48
20	Серет – Чортків	313	0,23	48,0	30	2	4,01
21	Збруч – Завалля	185	1,29	55,60	5	2	3,03
22	Смотрич – Цибулівка	243	0,14	55,41	5	2	4,02

5.14 За даним методом розраховувалися значення висоти захисних дамб на р.Тиса за формулою:

$$h_{\text{дамби}} = \frac{Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}}{V_{\text{max}} C_{\text{в.д.}}}, \quad (5.2)$$

де $C_{\text{в.д.}}$ – відстань між захисними дамбами, яка дорівнює 200-300 м. Для ділянки р.Тиса при Q_{max} були розраховані такі значення висоти дамб: для швидкості $V_{\text{max}} = 4$ м/с, $h_{\text{дамби}} = 3,03$ м; для швидкості $V_{\text{max}} = 3$ м/с, $h_{\text{дамби}} = 4,04$ м; для швидкості $V_{\text{max}} = 2$ м/с, $h_{\text{дамби}} = 6,06$ м.

5.15 Практичний інтерес представляє встановлення величин площі затоплення в залежності від максимальної витрати на водпосту, які подані в табл. 5.4 за даними космічних спостережень.

Для просторової оцінки гідрологічної ситуації під час катастрофічної повені використовувалася залежність [6] на основі якої були проведені розрахунки площі підтоплення за формулою:

$$F = 0,00005 Q_{\text{max}}^3 - 0,0052 Q_{\text{max}}^2 + 0,2537 Q_{\text{max}} - 3,0986; \quad (5.3)$$

$$R^2 = 0,9759.$$

Отримані дані (див.табл.5.3) дали можливість виявити мостові переходи, що попадають через час добігання ($\tau = 9$ діб) в зону підтоплення і прийняти завчасно заходи, щодо попередження їх руйнування та при проектуванні мостових переходів врахувати ці особливості.

Таблиця 5.4 – Величини площі затоплення під час катастрофічних повенів в залежності від максимальної витрати води на водпосту ($\tau = 9$ діб)

№ п/п	Максимальна витрата води, Q_{max} , тис. м ³ /с	Площа затоплення, F , тис. км ²	Примітки
1	2	3	4
1	20	0,290	за даними космічних спостережень

Кінець таблиці 5.4

1	2	3	4
2	21	0,400	за даними космічних спостережень
3	22	0,498	
4	23	0,594	
5	24	0,680	
6	25	0,780	
7	30	1,190	

Додаток А
(довідковий)

НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цій Методиці є посилання на такі нормативні документи:
ДБН В.2.3.-4-2000 Автомобільні дороги
ДБН В.2.3-14:2006 Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування
Пособие к СНиП 2.05.03-84 “Мосты и трубы” по изысканию и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (ПМП-91). М., 1992. – 410с. (Посібник до БНіП 2.05.03-84 “Мости та труби” з вишукування та проектування залізничних та автодорожніх мостових переходів через водотоки (ПМП-91))
СНиП 2.06.15-85 Инженерная защита территорий от затопления и подтопления (БНіП 2.06.15-85 Інженерний захист територій від затоплення та підтоплення)
Методика расчёта зон затопления при гидродинамических авариях, Утверждена постановлением Госгортехнадзора России от 04.11.2000 № 65. Введена в действие 04.11.2000 (Методика розрахунку зон затоплення під час гідродинамічних аварій, Затверджена постановою Держмістотехнагляду Росії від 04.11.2000 № 65. Введена в дію 04.11.2000)
Белятинський А.О. Гідрологічні розвідування мостових переходів з застосуванням методів дистанційного зондування Землі. – Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.-К., НАУ, НТУ 2005.-400с.
Методические рекомендации по расчёту деформаций русел и выбору защитно-регуляционных мероприятий на реках Украинских Карпат. – Киев: УкрНИИГиМ, 1987. – 189с. (Методичні рекомендації з розрахунку деформацій русел та вибору захистно-регуляційних заходів на ріках Українських Карпат)

Додаток Б
(довідковий)

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цій Методиці використані такі терміни та гідравлічні поняття:

- вільна поверхня потоку – поверхня розподілу між рідиною і газоподібним середовищем;
- коефіцієнт варіації – число, яке характеризує мінливість випадкової величини, наприклад, витрати води;
- коефіцієнт шорсткості – число, яке визначається експериментально і характеризує ступінь шорсткості стінок русла, розмірність коефіцієнта шорсткості може бути різною в залежності від виду емпіричної формули;
- крива вільної поверхні потоку – лінія перетину вільної поверхні потоку з поздовжньою (по відношенню до потоку) вертикальною площиною;
- число Фруда – безрозмірний вираз, який використовується як характеристика безнапірного потоку.

ЗМІСТ

	С.
1 Сфера застосування	3
2 Прогнозування витрат води на річках Закарпатської, Львівської та Івано-Франківської областей під час холодного та теплого періодів року	3
3 Розрахунок кривої вільної поверхні води в районі мостового переходу під час катастрофічної повені	21
4 Прогнозування зростання витрат води на річці під час катастрофічних повеней	26
5 Розрахунок висоти затоплення мостів під час катастрофічних повеней в Закарпатській, Львівській та Івано-Франківській областях	30
Додаток А Нормативні посилання	39
Додаток Б Терміни та визначення понять	40