

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З
ДИСЦИПЛІНИ “ГІДРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ”**

Одеса-2004

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Методичні вказівки
до практичних занять з дисципліни
«Гідрологічні розрахунки»
для студентів IV – V курсів заочного факультету**

Напрямок підготовки – гідрометеорологія

Спеціальність – “Гідрологія та гідрохімія”

**Затверджено
методичною радою університету
протокол № _____ від _____ 2004**

Одеса-2004

Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу “Гідрологічні розрахунки”. / Бояринцев Є.Л., Овчарук В.А.– Одеса, ОДЕКУ, 2004. – 41с.

Методичні вказівки призначені для студентів IV - V курсів заочної форм навчання за спеціальністю “Гідрологія та гідрохімія”.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета роботи – розроблення параметрів розрахункової формули максимального стоку за моделлю руслових ізохрон.

До складу методичних вказівок включені:

- 1) обґрунтування прийнятої методики розрахунку;
- 2) визначення максимальних витрат весняного водопілля та дощових паводків заданої ймовірності перевищення;
- 3) оцінка точності обчислення максимальних витрат води;
- 4) узагальнення максимальних шарів стоку;
- 5) обчислення часу руслового добігання;
- 6) обґрунтування характеристик графіків припливу води зі схилів до руслової мережі;
- 7) розрахунок трансформаційної функції;
- 8) визначення коефіцієнту русло-заплавного регулювання.

Виконання перелічених положень здійснюється за допомогою літературних джерел:

1.Алексеев А.Г.Методы оценки случайных погрешностей гидрологической информации.- Л.: Гидрометеиздат, 1978.

2.Бефани А.Н. Теория формирования паводков и методы их расчета. Л.: Гидрометеиздат, 1969.- т.1.

3.Бефани А.Н., Бефани Н.Ф., Гопченко Е.Д. Региональные модели формирования паводочного стока на территории СССР: обзорная информация. Сер.Гидрология суши. – Обнинск: ВНИИГИ, МЦД, 1981. – вып.2.

4.Гопченко Е.Д., Джабур Кхалдун, Романчук М.Е. О роли руслового добега в трансформации максимальных расходов воды паводков и половодий //Метеорологія, кліматологія та гідрологія, вип.41, Одеса, 2000.- стр.29-38.

5. Гопченко Е.Д., Джабур Кхалдун, Романчук М.Е. Методические подходы к обоснованию коэффициентов русло-пойменного регулирования максимального стока // Метеорологія, кліматологія та гідрологія, вип.41, Одеса, 2000.- стр.22-28.

6.Гопченко Е.Д. О редукции максимальных модулей дождевого стока по площади // Метеорологія и гидрологія, 1975. - № 2. – с.66-71.

7.Гопченко Е.Д. О редукционных формулах максимального стока // Тр.УкрНИГМИ. 1980. – вып.175. – с.55-57.

8.Гопченко Е.Д. Анализ структуры объемных формул // Метеорологія, кліматологія и гидрологія. – 1976. – вып.12. – с.84-90.

9.Гопченко Е.Д., Симонова Т.А. О расчете максимальных расходов весеннего половодья в бассейне р.Оки //Водные ресурсы , № 6. – 1983. – с.54-61.

10.Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1970.

11.Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком.- М.: Наука, 1981. – 285 с.

12.Гопченко Е.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами мелиорации. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.

13.Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. –Л.: Гидрометеиздат, 1984.

14.Ресурсы поверхностных вод СССР. – т.6. – вып.2. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 657 с.

Після виконання практичних занять студенти повинні: **знати:** основні параметри методики розрахунку максимальних витрат води, методи узагальнення максимальних шарів стоку за територією, фактори, які впливають на час руслового добігання, методичні підходи щодо обґрунтування характеристик схилового припливу, види трансформації схилового припливу та характеристики, що їх враховують; **вміти:** порохувати характеристики стоку заданої ймовірності превіщення, узагальнювати шари стоку за територією, обґрунтовувати характеристики схилового припливу, розрахувати час руслового добігання, визначити трансформаційні коефіцієнти.

МАКСИМАЛЬНИЙ СТІК

Для виконання студентами практичних занять за переліченими темами використовується література [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14].

У зв'язку з обмеженою кількістю літературних джерел у бібліотеці університету в даних методичних вказівках розширено наодяться деякі теоретичні питання.

Серед характеристик гідрологічного режиму річок максимальному стоку відведено особливе місце, внаслідок того виключного значення, яке він має при проектуванні та експлуатації гідротехнічних споруд на річках. На території нашої країни максимальні витрати на річках спостерігаються як при випаданні дощів, так і в результаті танення сезонних снігів. Частково на річках формуються максимальні витрати змішаного походження, коли на головну хвилю водопілля, наприклад, накладається дощовий стік. Весняне водопілля охоплює одночасно значні території, а дощові паводки частіше мають локальний характер. При визначенні розрахункових характеристик, у тому числі і максимальних витрат, проектувальнику доводиться зустрічатися з трьома можливими випадками:

- 1) довгі гідрометричні ряди спостережень;
- 2) короткі ряди спостережень;
- 3) спостереження за стоком відсутні.

Коли вихідні ряди репрезентативні, то максимальні витрати різної ймовірності перевищення обчислюються безпосередньо за наявним матеріалом з використанням відомих статистичних прийомів. В разі недостатності даних гідрометричних спостережень розрахункові характеристики зводять до багаторічного періоду з річками-аналогами з більш довгими рядами. У третьому випадку максимальні витрати розраховують за різними формулами та картами. При розробленні параметрів максимального стоку для невивчених річок району необхідно спиратися тільки на тривалі, репрезентативні ряди спостережень за максимальним стоком. У навчальних цілях об'єкт досліджень повинен включати до 20 постів з періодом спостережень за характеристиками максимального стоку більш ніж 15 років. Для кожного пункту вибирають максимальні (строкові) витрати води, шари стоку, тривалість весняного водопілля (дошових паводків).

1.1 Теоретичне обґрунтування розрахункових формул максимального стоку паводків і водопілля

У теоретичному плані найбільш обґрунтованим можна вважати описання процесів формування стоку за допомогою руслових ізохрон [2,3,4,5]. Схему ізохрон у загальному вигляді можна представити таким чином:

$$Q_t = q'_1 f_{t_p} \varepsilon_{t_p} + q'_2 f_{t_{p-1}} \varepsilon_{t_{p-1}} + \dots + q'_{t_{p-1}} f_2 \varepsilon_2 + q'_{t_p} f_1 \varepsilon_1, \quad (1.1)$$

де q'_i - модулі схилового припливу;

t_p - час руслового добігання;

f_i - межізохронні площі;

ε_i - коефіцієнт русло-заплавного регулювання.

Формування максимальної витрати залежить від співвідношення між t_p і тривалістю схилового припливу під час водопілля чи паводку T_0 , а саме:

а) при $t_p < T_0$

$$Q_m = \left(\sum_{t_p} q'_t f_i \varepsilon_i \right)_m; \quad (1.2)$$

б) при $t_p \geq T_0$

$$Q_m = \left(\sum_{T_0} q'_t f_i \varepsilon_i \right)_m \quad (1.3)$$

Після перетворень (1.2) та (1.3) можна отримати розрахункову формулу для максимального модуля q_m .

$$q_m = \frac{Y_m}{t_p} \varphi K_r K_F, \quad (1.4)$$

де Y_m – максимальний шар стоку;

t_p – час руслового добігання;

φ – коефіцієнт повноти схилового припливу;

K_r – гідрографічний коефіцієнт;

K_F – коефіцієнт русло-заплавного регулювання та водообміну.

Вперше структура (1.4) була обгрунтована проф.Бєфані А.М. [2,3], але її недоліком є те, що при $t_p \rightarrow 0$ (тобто на дуже малих водозборах) має

місце невизначеність у вигляді $\frac{0}{0}$. Тому Гопченко Є.Д. запропоновано

дещо інша структура [4], а саме:

$$q_m = q'_m \psi(t_p / T_0) K_F r \lambda_p, \quad (1.5)$$

де r – коефіцієнт регулювання максимального стоку озерами, водосховищами та ставками, λ_p – коефіцієнт забезпеченості; K_F – коефіцієнт русло-заплавного регулювання; q'_m – максимальний модуль схилового припливу, який дорівнює

$$q'_m = 0.28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m; \quad (1.6)$$

де - 0.28 – коефіцієнт розмірності при $q_{1\%}$ в $\text{м}^3/\text{скм}^2$; $\psi(t_p/T_0)$ – трансформційна функція, причому:

а) при $t_p < T_0$

$$\psi(t_p / T_0) = 1 - \frac{m+1}{(n+1)(m+n+1)} \left(\frac{t_p}{T_0} \right)^n, \quad (1.7)$$

б) при $t_p \geq T_0$

$$\psi(t_p/T_0) = \frac{n}{n+1} \frac{T_0}{t_p} \left[\frac{m+1}{m} - \frac{n+1}{m(m+n+1)} \left(\frac{T_0}{t_p} \right)^m \right], \quad (1.8)$$

де n і m – показники степені у рівняннях кривих припливу та ізохрон, відповідно.

На підставі (1.5)

$$K_F = \frac{q_m}{q'_m} / \psi(t_p / T_0). \quad (1.9)$$

Якщо розрахунок спирається на паводкоутворюючі опади $H_{1\%}$, то

$$q'_m = 0.28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} H_{1\%} \eta. \quad (1.10)$$

1.2 Статистична обробка рядів максимальних витрат та шарів стоку

Відповідно до рекомендацій СНіП 2.01.14-83, статистичну обробку рядів максимальних витрат та шарів стоку виконують з використанням кривих біноміального та трипараметричного гамма-розподілу [9].

Основні гідрологічні характеристики – середні значення рядів \bar{Q}_m, \bar{Y}_m , коефіцієнти варіації C_v і асиметрії C_s розраховують за допомогою методів моментів та найбільшої правдоподібності.

За відомих значень статистичних параметрів $\bar{Q}_m, \bar{Y}_m, C_v, C_s$ витрати та шари стоку заданої забезпеченості при використанні біноміальної кривої розподілу визначаються за формулами:

$$Q_p = \bar{Q}_m [1 + C_v \Phi(P, C_v)],$$

$$\text{або} \quad (1.11)$$

$$Y_p = \bar{Y}_m [1 + C_v \Phi(P, C_s)].$$

$$\text{Нормовані ординати розподілу Пірсона III типу } \Phi(P, C_v) = \frac{k_p - 1}{C_v}$$

наведені у таблиці [13].

Відповідно для трипараметричного гамма-розподілу:

$$Q_p = k_p \bar{Q}_m,$$

або (1.12)

$$Y_p = k_p \bar{Y}_m,$$

де k_p – модульні коефіцієнти, які вибирають з таблиці [13] залежно від співвідношення C_s/C_v , заданої забезпеченості $P_{1\%}$ та коефіцієнту варіації C_v .

За формулами (1.11) та (1.12) розраховуються витрати та шари стоку заданої забезпеченості (табл.1.1, 1.2, 1.3, 1.4).

1.3 Узагальнення шарів стоку

Існує два підходи щодо узагальнення шарів стоку у просторі: картування або районування.

Приступаючи до картування необхідно виключити можливий вплив місцевих факторів таких, як: залісенність, заболоченість або закарстованість водозборів.

Водозбори річок, які протікають в межах правих приток Прип'яті, мають значну залісенність. Оскільки розподіл тепла та вологи в умовах рівнини визначається широтним положенням об'єктів, спочатку досліджується залежність $Y_{1\%}$ від широти геометричних центрів тяжіння водозборів φ_0 (рис 1.1).

Зв'язок, як видно, просліджується добре та вказує на збільшення $Y_{1\%}$ в напрямку з півдня на північ. Описати його можна рівнянням лінійного типу:

$$Y_{1\%} = a\varphi + b_\varphi \varphi_0, \quad (1.13)$$

де b_φ - тангенс кута нахилу лінії зв'язку до осі абсцис, який дорівнює 22.6.

Оскільки досліджувана територія знаходиться в обмеженому діапазоні широт, то це рівняння доцільно представити у вигляді:

$$Y_{1\%} = a \varphi_0 + 22.6(\varphi - 51), \quad (1.14)$$

де φ_0 – умовна величина відповідаюча широті, приблизно середній для району (51^0 п.ш.), $a\varphi_0$ – приведенне до цієї умовної широти значення шарів стоку, тобто $a\varphi_0 = Y\varphi_0$.

Таблиця 1.1 - Статистичні характеристики часових рядів максимальних витрат води весняного водопілля

№ п/п	Річка – пост	\bar{Q} м ³ /с	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності			
			C_v	C_s	(R_1)	λ_2	λ_3	C_v	C_s/C_v
1	Прип'ять – с.Річиця	60.3	1.01	1.86	0.56	-0.227	0.187	-	-
2	Прип'ять – с.Люб'язь	109	0.82	1.13	0.19	-0.202	0.141	0.83	1.60
3	Вижівка – с.Руда	7.10	0.72	1.41	-0.02	-0.117	0.102	0.72	2.20
4	Турія – с.Ягідне	16.5	0.86	1.54	0.11	-0.170	0.140	0.86	2.20
5	Турія – с.Бузаки	74.2	0.78	1.83	0.54	-0.125	0.113	0.78	2.50
6	Стохід – с.Богушівка	20.1	0.83	1.18	0.18	-0.157	0.136	0.86	2.50
7	Стохід – смт.Любешів	76.7	0.67	1.18	0.07	-0.104	0.092	0.68	2.20
8	Стир – с.Щурівці	51.8	0.78	1.65	0.29	-0.126	0.116	0.79	2.60
9	Стир – м.Луцьк	153	0.92	2.79	-0.07	-0.125	0.133	-	-
10	Стир – с.Млинок	169	0.59	0.55	0.32	-0.082	0.075	0.62	2.30
11	Радоставка – с.Трійця	15.9	0.81	1.12	0.43	-0.163	0.134	0.83	2.10
12	Іква –с.Радянське	23.7	0.78	1.72	0.02	-0.116	0.112	0.78	3.00
13	Горинь – смт.Ямпіль	66.8	0.93	3.29	-0.08	-0.125	0.130	-	-
14	Горинь – с.Оженін	198	0.81	2.24	0.06	-0.117	0.112	0.80	2.90
15	Горинь – с.Деражне	230	0.70	1.33	0.06	-0.113	0.100	0.71	2.30
16	Случ – с.Велика Клітна	15.0	0.90	2.25	0.25	-0.148	0.141	-	-
17	Случ – смт.Сарни	733	1.01	1.62	-0.07	-0.202	0.182	-	-
18	Хомора – смт.Понінка	64.6	0.79	1.74	-0.03	-0.133	0.118	0.79	2.40
19	Тня – с.Броники	75.0	0.87	1.30	-0.07	-0.207	0.155	0.89	2.00
20	Смолка – с.Сусли	41.0	0.77	0.98	-0.06	-0.156	0.125	0.79	2.00
21	Льва – с.Осницьк	18.7	0.72	0.60	0.03	-0.159	0.118	0.74	1.50

Продовження таблиці 1.1

№ п/п	Річка – пост	\bar{Q} м ³ /с	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності			
			C_v	C_s	(R_1)	λ_2	λ_3	C_v	C_s/C_v
22	Уборть – с.Рудня Іванівська	36.2	1.00	1.58	0.011	-0.260	0.193	-	-
23	Уборть – с.Перга	113	0.75	0.62	0.23	-0.170	0.126	0.78	1.70
24	Уж – м.Коростень	83.1	0.90	1.16	0.17	-0.201	0.163	-	-
25	Уж – смт.Поліське	334	0.75	0.99	-0.01	-0.176	0.124	0.76	1.50
26	Жерев – с.Бабінічі	109	0.89	1.30	-0.14	-0.226	0.165	-	-
27	Тетерів – с.Троща	14.9	0.74	1.13	0.22	-0.144	0.115	0.74	1.90
28	Тетерів – м.Житомир	236	0.76	0.97	0.03	-0.159	0.124	0.79	1.90
29	Тетерів – с.Макалевичі	342	0.79	1.16	-0.08	-0.170	0.130	0.80	1.80
30	Гуйва – с.Городківка	19.1	1.14	2.45	-0.07	-0.236	0.209	-	-
31	Ірша – смт.Володарськ-Волинський	24.2	1.00	1.23	0.29	-0.270	0.200	-	-
32	Ірша – с.Українка	19.7	0.85	0.99	-0.05	-0.220	0.153	0.87	1.70
33	Здвиж – с.Гавронщина	53.3	0.95	1.40	-0.11	-0.228	0.175	-	-

Таблиця 1.2 - Розрахунок максимальних витрат весняного водопілля різної забезпеченості ($P = 1, 3, 5, 10 \%$) при $C_s = 2C_v$

№ п/п	Річка – пост	\bar{Q}_m м ³ /с	C_v	$Q_{1\%}$ м ³ /с	$Q_{3\%}$ м ³ /с	$Q_{5\%}$ м ³ /с	$Q_{10\%}$ м ³ /с
1	Прип'ять – м.Річиця	60.3	1.01	280	213	182	139
2	Прип'ять – с.Люб'язь	109	0.83	417	328	286	228
3	Вижівка – с.Руда	7.10	0.72	24.0	19.3	17.1	13.9
4	Турія – с.Ягідне	16.5	0.86	65.6	51.2	44.5	35.3
5	Турія – с.Бузаки	74.2	0.78	269	214	186	151
6	Стохід – с.Богушівка	20.1	0.86	79.8	62.3	54.2	43.0
7	Стохід – смт.Любешів	76.7	0.68	246	200	178	147
8	Стир – с.Щурівці	51.8	0.79	190	151	132	106
9	Стир – м.Луцьк	153	0.92	650	501	433	339
10	Стир – с.Млинок	169	0.62	502	413	371	309
11	Родоставка – с.Трійця	15.9	0.83	61.1	48.0	41.9	33.4
12	Іква – с.Радянське	23.7	0.78	85.9	68.4	59.9	48.3
13	Горинь – смт.Ямпіль	66.8	0.93	286	220	190	149
14	Горинь – с.Оженін	198	0.80	735	582	509	408
15	Горинь – с.Деражне	230	0.71	765	617	547	448
16	Случ – с.Велика Клітна	15.0	0.90	62.3	48.2	41.7	32.9
17	Случ – м.Сарни	733	1.01	3408	2596	2217	1695
18	Хомора – смт.Понінка	64.6	0.79	237	188	165	132
19	Тня – с.Броники	75.0	0.89	308	239	207	162
20	Смолка - с.Сусли	41.0	0.78	150	119	105	84.0
21	Льва – с.Осницьк	18.7	0.74	64.7	51.8	45.7	37.2
22	Уборть – с.Рудня Іванівська	36.2	1.00	167	127	109	83.3
23	Уборть – с.Перга	113	0.78	410	326	286	230
24	Уж – м.Коростень	83.1	0.90	345	267	231	182
25	Уж – смт.Поліське	334	0.76	1183	945	831	672
26	Жерев – с.Бабіничі	109	0.89	447	347	301	237
27	Тетерів – с.Троща	14.9	-.74	51.5	41.3	36.4	29.6
28	Тетерів – м.Житомир	236	0.79	864	686	600	482
29	Тетерів – с.Макалевичі	342	0.80	1270	1006	880	705
30	Гуйва – с.Городківка	19.1	1.14	99.9	74.8	62.7	46.5
31	Ірша – смт.Вододарськ- Волинський	24.2	1.00	111	84.9	72.6	53.7
32	Ірша – с.Українка	197	0.87	792	617	536	424
33	Здвиж – с.Гавронщина	53.3	0.95	233	179	154	120

Таблиця 1.3 - Статистична обробка часових рядів максимальних шарів стоку весняного водопілля

№ п/п	Річка – пост	\bar{Y}_m мм	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності			
			C_v	C_s	(R_1)	λ_2	λ_3	C_v	C_s/C_v
1	Прип'ять – с.Речіця	42.9	0.78	1.70	0.44	-0.130	0.111	0.75	2.10
2	Прип'ять – с.Люб'язь	33.8	0.66	1.20	-0.06	-0.136	0.095	0.65	1.00
3	Вижівка – с.Руда	50.9	0.57	0.76	-0.14	-0.087	0.007	0.57	0.00
4	Турія – с.Ягідне	33.7	0.73	1.34	0.20	-0.115	0.104	0.74	2.50
5	Турія – с.Бузаки	46.4	0.69	1.81	0.27	-0.084	0.088	0.68	2.60
6	Стохід – с.Богушівка	31.6	0.62	1.22	0.11	-0.088	0.078	0.62	2.00
7	Стохід – смт.Любешів	51.1	0.72	1.79	0.25	-0.094	0.093	0.72	3.50
8	Стир – с.Щурівці	43.2	0.72	1.74	0.18	-0.100	0.098	0.74	3.30
9	Стир – м.Луцьк	42.1	0.52	0.74	0.11	-0.060	0.056	-	-
10	Стир – с.Млинок	40.4	0.54	1.01	0.03	-0.062	0.059	0.55	2.50
11	Радоставка – с.Трійця	48.1	0.57	0.57	0.15	-0.081	0.071	0.58	1.90
12	Іква –с.Радянське	34.6	0.58	1.55	0.12	-0.064	0.064	0.59	3.50
13	Горинь – смт.Ямпіль	40.7	0.53	1.25	-0.03	-0.057	0.057	0.55	3.00
14	Горинь – с.Оженін	39.8	0.52	1.30	-0.03	-0.059	0.056	0.53	2.50
15	Горинь – с.Деражне	44.4	0.53	0.96	0.06	-0.068	0.061	0.54	1.70
16	Случ – Велика Клітна	48.8	0.63	1.36	-0.11	-0.092	0.081	0.63	2.10
17	Случ – смт.Сарни	52.1	0.66	1.15	-0.05	-0.085	0.087	0.67	2.40
18	Хомора – смт.Понінка	45.1	0.61	1.27	0.08	-0.077	0.074	0.62	2.70
19	Тня – с.Броники	47.8	0.76	1.20	0.19	-0.146	0.119	0.78	2.00
20	Смолка – с.Сусли	43.9	0.77	1.70	0.07	-0.115	0.110	0.77	3.00
21	Льва – с.Осницьк	63.7	0.72	1.17	-0.01	-0.135	0.109	0.73	2.00

Продовження таблиці 1.3

№ п/п	Річка – пост	\bar{Y}_m мм	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності			
			C_v	C_s	(R_1)	λ_2	λ_3	C_v	C_s/C_v
22	Уборть – с.Рудня Іванівська	48.3	0.79	0.97	0.18	-0.180	0.135	0.81	1.80
23	Уборть – с.Перга	53.7	0.70	0.81	0.22	-0.135	0.106	0.71	1.70
24	Уж – м.Коростень	41.9	0.72	1.37	0.27	-0.113	0.101	0.72	2.50
25	Уж – смт.Поліське	48.4	0.66	0.69	0.08	-0.114	0.095	0.67	1.90
26	Жерев – с.Бабінічі	54.3	0.84	1.25	-0.09	-0.158	0.139	0.89	2.50
27	Тетерів – с.Троща	38.0	0.49	0.64	0.29	-0.056	0.051	0.50	2.00
28	Тетерів – м.Житомир	41.4	0.67	1.11	0.15	-0.104	0.091	0.74	3.00
29	Тетерів – с.Макалевичі	48.9	0.75	1.44	0.48	-0.122	0.110	0.77	2.80
30	Гуйва – с.Городківка	34.8	0.58	0.71	0.36	-0.081	0.071	-	-
31	Ірша – смт.Володарськ-Волинський	51.5	0.82	1.12	0.37	-0.160	0.130	0.82	2.00
32	Ірша – с.Українка	47.1	0.85	1.11	0.04	-0.142	0.118	0.77	2.00
33	Здвиж – с.Гавронщина	33.5	0.87	1.92	-0.09	-0.144	0.135	0.90	3.50

Таблиця 1.4 - Розрахунок максимальних шарів стоку весняного водопілля різної забезпеченості ($P = 1, 3, 5, 10 \%$) при $C_s = 2C_v$

№ п/п	Річка – пост	\bar{Y}_m мм	C_v	$Y_{1\%}$ мм	$Y_{3\%}$ мм	$Y_{5\%}$ мм	$Y_{10\%}$ мм
1	Прип'ять – м.Речіця	42.9	0.75	156	121	105	83.9
2	Прип'ять – с.Люб'язь	33.8	0.65	109	86.4	76.1	62.2
3	Вижівка – с.Руда	50.9	0.57	146	1193	1061	88.8
4	Турія – с.Ягідне	33.7	0.74	121	94.3	81.9	65.5
5	Турія – с.Бузаки	46.3	0.68	155	122	107	86.9
6	Стохід – с.Богушівка	31.6	0.62	97.5	78.2	69.2	57.0
7	Стохід – смт.Любешів	51.1	0.72	179	140	122	98.2
8	Стир – с.Щурівці	43.2	0.74	156	121	105	84.0
9	Стир – м.Луцьк	42.1	0.52	113	92.8	83.8	70.9
10	Стир – с.Млинок	40.4	0.55	113	92.3	82.8	69.5
11	Радоставка – с.Трійця	48.1	0.58	140	114	102	84.5
12	Іква – с.Радянське	43.6	0.59	102	82.8	73.7	61.2
13	Горинь – смт.Ямпіль	40.7	0.55	114	93.0	83.4	70.0
14	Горинь – с.Оженін	39.8	0.53	108	88.8	80.0	63.5
15	Горинь – с.Деражне	44.4	0.54	124	100	90.1	75.8
16	Случ – с.Велика Клітна	48.8	0.63	152	1222	108	88.6
17	Случ – м.Сарни	32.1	0.67	172	136	119	97.1
18	Хомора – смт.Понінка	45.1	0.62	139	111	98.8	81.4
19	Тня – с.Броники	47.8	0.78	181	139	120	95.0
20	Смолка - с. Сусли	43.9	0.77	164	126	109	86.8
21	Льва – с.Осницьк	63.7	0.73	227	177	154	121
22	Уборть – с.Рудня Іванівська	48.3	0.81	189	144	124	97.6
23	Уборть – с.Перга	53.7	0.71	186	146	127	103
24	Уж – м.Коростень	41.9	0.72	147	115	100	80.5
25	Уж – смт.Поліське	49.4	0.67	162	129	113	82.1
26	Жерев – с.Бабіничі	54.3	0.89	232	174	148	115
27	Тетерів – с.Троща	38.0	0.50	98.4	81.7	74.1	63.1
28	Тетерів – м.Житомир	41.4	0.74	149	116	101	80.5
29	Тетерів – с.Макалевичі	48.9	0.77	1830	141	122	96.7
30	Гуйва – с.Городківка	34.8	0.58	102	82.3	73.4	61.1
31	Ірша – смт.Вододарск- Волинський	51.5	0.82	204	155	133	1057
32	Ірша – с.Українка	47.1	0.77	176	136	117	93.0
33	Здвиж – с.Гавронщина	33.5	0.80	145	108	92.1	71.0

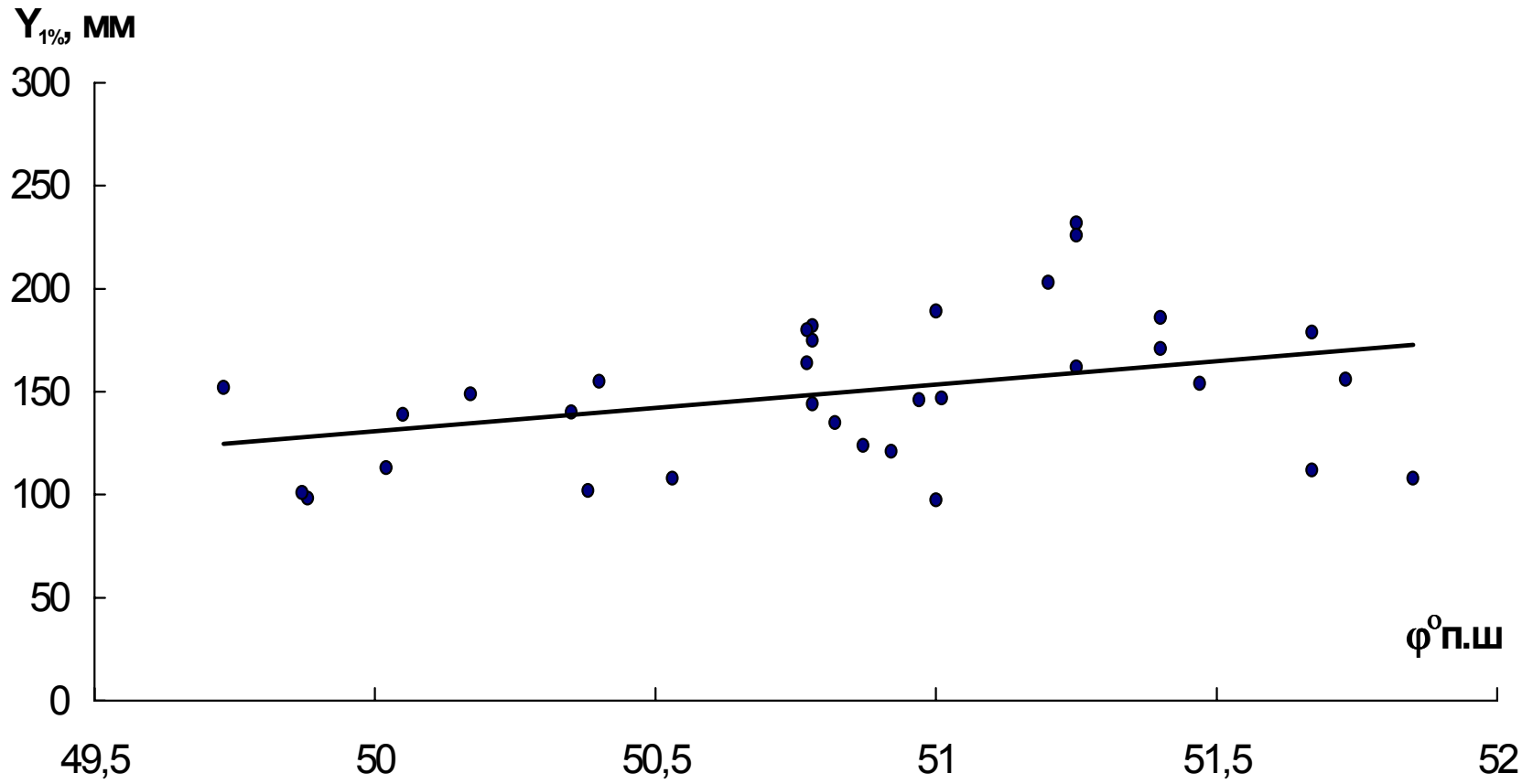


Рисунок 1.1 – Залежність шару стоку весняного водопілля $Y_{1\%}$ від центрів тяжіння водозборів φ°

Після приведення даних до єдиної широти побудовані залежності між $(Y\%)_{\varphi=51^\circ}$ та залісеністю водозборів які показані на рис 1.2, а також між $(Y_{1\%})_{\varphi=51^\circ}$ та заболоченістю водозборів (рис. 1.3). З цих графіків видно, що виявити яку-небудь закономірність у зміні максимального шару весняного водопілля під впливом цих факторів неможливо.

В результаті, враховуючи доволі чітку залежність $Y_{1\%}$ від φ^0 , побудована карта шару стоку весняного водопілля (рис.1.4). Ізолінії проведені через 20 мм. Шари стоку зменшуються з півночі на південь від - 220 мм до 100 мм, що відповідає загальній географічній зональності.

1.4 Час руслового добігання

Час руслового добігання паводкової хвилі по довжині головного водотоку обчислюється за виразом:

$$t_p = \frac{L}{V_d}, \text{ год.} \quad (1.15)$$

де L - гідрографічна довжина водотоку, км; V_d - швидкість добігання км/год.

Більшість авторів для розрахунку V_d пропонують використовувати формулу:

$$V_d = a_1 Q^\alpha I^\beta, \quad (1.16)$$

де a_1 – коефіцієнт, що враховує форму перетину і шорсткість русла, називаний швидкісним; α і β - гідравлічні показники.

А.Н. Бефані [2] одержав наступні вирази для α і β :

$$\alpha = \frac{r}{r + 1}, \quad (1.17)$$

$$\beta = \frac{1}{2(r + 1)}, \quad (1.18)$$

де $r = r_0 z$, а z залежить від типу русла ($z = 0.75$ - для природних русел, чистих і зарослих травою; 0.83 – для значно зарослих чагарником, водоростями; 1.0 – для селевих потоків, глибоких заплав).

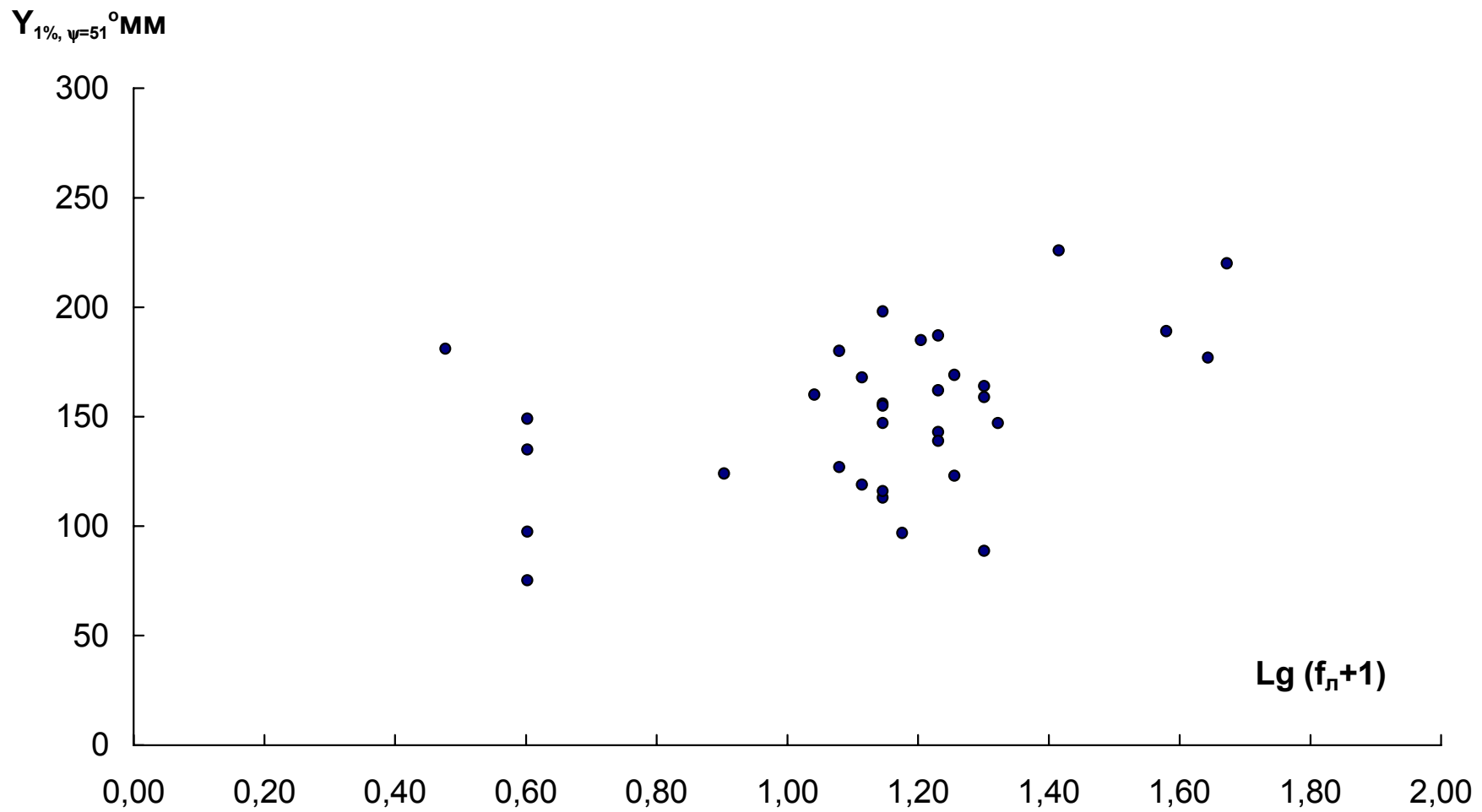


Рисунок 1.2 – Зміна шарів стоку весняного водопілля $Y_{1\%, \psi = 51}^0$ в залежності від залісеності $f_{л}$

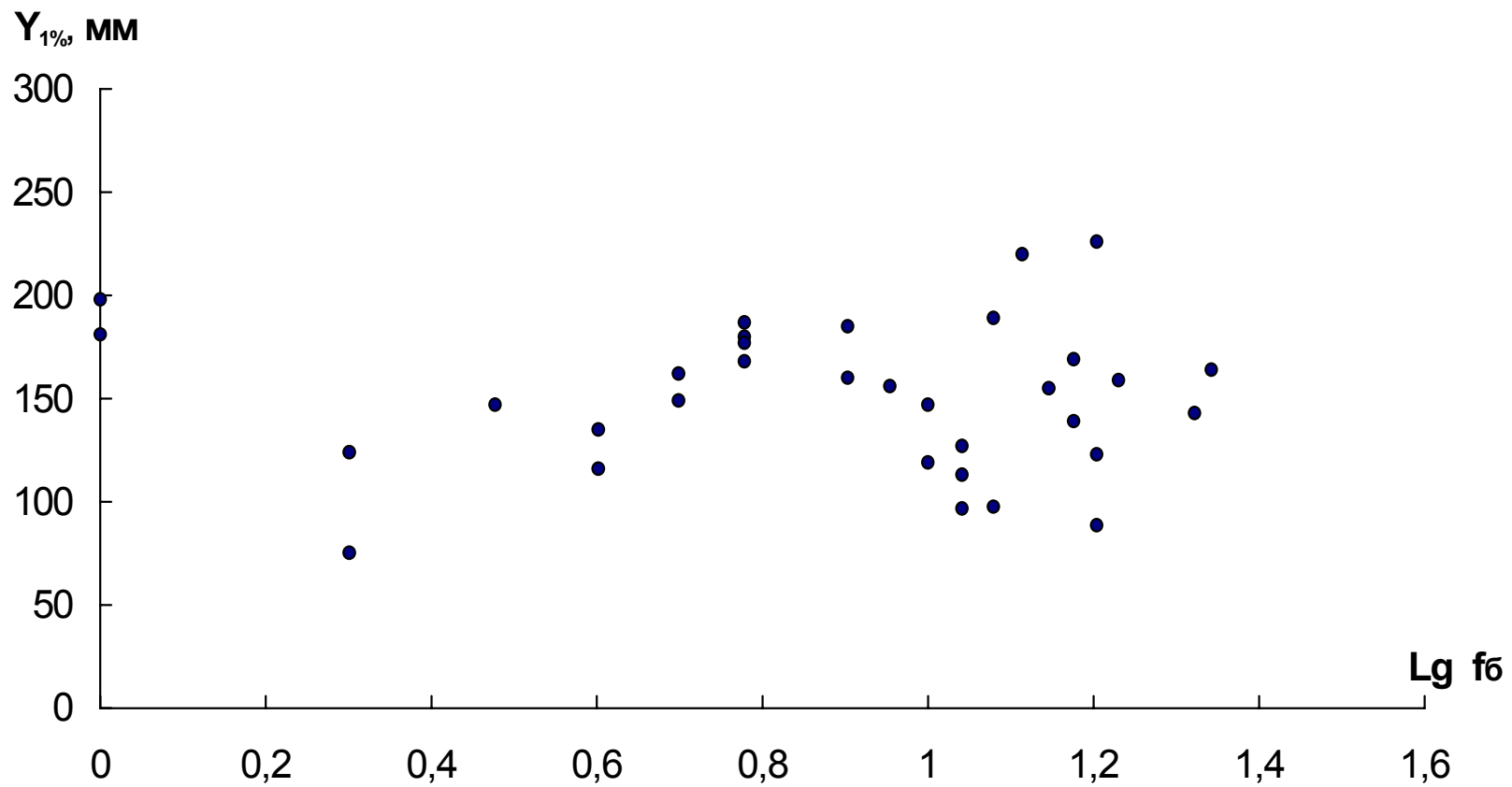


Рисунок 1.3 - Зміна шарів стоку весняного водопілля $Y_{1\%, \varphi=51_0}$ в залежності від зоболоченості водозборів $f_{л}$

Степеневий показник r_0 для лісостепової зони України коливається в межах від 0.47 до 1.20 при середньому значенні $\bar{r}_0 = 0.66$, для степової зони – від 0.30 до 0.87, при середньому значенні $\bar{r}_0 = 0.64$, для Полісся – від 0.30 до 1.0, при середньому значенні $\bar{r}_0 = 0.72$, для річок Криму – від 0.52 до 0.88, при середньому значенні $\bar{r}_0 = 0.67$, для Карпат – від 0.47 до 1.20, при середньому значенні $\bar{r}_0 = 0.66$.

Степеневі показники α і β однакові для всіх зон: $\alpha = 0.33$; $\beta = 0.33$ (при $z=0.75$ – природні русла, чисті і зарослі травною).

Таким чином, формула (1.16) може бути записана у вигляді:

$$V = a_1 Q^{0.33} I^{0.33} \quad (1.19)$$

Для обґрунтування швидкісного коефіцієнта a необхідно проаналізувати дані по середніх швидкостях течії усіх гідрометричних створів річок.

Якщо виразити Q через площу водозбору формулу швидкості руслового добігання можна записати в розрахунковому варіанті:

$$V_d = a_2 F^{\alpha_2} I^{0.33}, \text{ км/год}, \quad (1.20)$$

де a_2 – швидкісний параметр, представлений табл.1.5.

Таблиця 1.5 - Параметри формули швидкості добігання.

Район Параметр	Лісосте- пова зона	Полісся	Степова зона	Крим	Карпати
a_2	1.51	1.37	1.19	1.14	1.44
α_2	0.17	0.12	0.14	0.13	0.16

Для правих приток Прип'яті формула для розрахунку швидкості добігання, враховуючи дані табл.1.5, має вигляд:

$$V_d = 1.37 F^{0.12} I^{0.33}, \text{ км/год}. \quad (1.21)$$

1.5 Розрахункові характеристики графіків припливу води зі схилів до руслової мережі

1.5.1 Обґрунтування коефіцієнтів нерівномірності припливу води зі схилів до руслової мережі

Коефіцієнт нерівномірності припливу води зі схилів до руслової мережі являє собою відношення максимальної витрати Q'_m до його середньої величини за період водопілля чи паводку \bar{Q}_{T_0} , тобто

$$\frac{n+1}{n} = \frac{Q'_m}{\bar{Q}_{T_0}}, \quad (1.22)$$

Унаслідок рідкої мережі воднобалансових станцій в організаційній структурі гідрометеорологічних спостережень, методичні підходи щодо обґрунтування $\frac{n+1}{n}$ вкрай обмежені. От чому заслуговує уваги запропонований у роботі [9] метод визначення n через елементи руслового гідрографу, зокрема, через коефіцієнт нерівномірності руслового стоку $(m_1 + 1)/m_1$, який дорівнює

$$\frac{m_1 + 1}{m_1} = \frac{Q_m}{\bar{Q}_{T_{\Pi}}} = \frac{Q_m T_{\Pi}}{Y_m F}, \quad (1.23)$$

де Q_m - максимальна витрата води; T_{Π} - підстава руслового гідрографу; Y_m - максимальний шар стоку за водопілля чи паводок; F - площа водозбору.

Узагальнення $(m_1 + 1)/m_1$ по території показало, що воно інтегрально може бути відображене за допомогою площі водозбору F . З ростом F під впливом ефектів русло-заплавного регулювання і часу руслового добігання відбувається зменшення відношення Q_m/Y_m , з одного боку, і збільшення підстави гідрографів T_{Π} - з іншого. У цілому ж $Q_m T_{\Pi}/Y_m F$ характеризується поступовим зменшенням його з ростом розмірів водозбірної площі.

Однак, існують деякі труднощі у встановленні параметра $(n + 1)/n$. У ряді робіт рекомендується обчислювати $(m_1 + 1)/m_1$ через середні багаторічні максимальні характеристики: \bar{Q}_m , \bar{Y}_m , \bar{T}_{Π} , тобто

$$\frac{m_1 + 1}{m_1} = \frac{\bar{Q}_m \bar{T}_n}{\bar{Y}_m F}, \quad (1.24)$$

Обчислені за (1.24) коефіцієнти $(m_1 + 1)/m_1$ для басейну правих приток Прип'яті (табл.1.6) узагальнені у вигляді залежності $(m_1 + 1)/m_1 = f(F)$ (рис.1.5). Як видно з рис. 1.5, розкид точок досить великий, що, очевидно, пов'язано з якістю вихідної інформації. Проте, отримана залежність дозволяє досить просто екстраполювати її на вісь ординат з метою встановлення $(n + 1)/n$, як значення $\left(\frac{m_1 + 1}{m_1}\right)_{F \rightarrow 0} = \frac{n + 1}{n}$. Для правих приток Прип'яті можна прийняти $(n + 1)/n = 8.0$, звідки $n = 0.14$.

1.5.2 Тривалість припливу води зі схилів до руслової мережі

Тривалість припливу води зі схилів до руслової мережі є однією з основних характеристик паводків і водопілля. У двухоператорній схемі трансформації водоутворення у русловий гідрограф тривалість схилового припливу T_0 , при інших рівних умовах, визначає передусім міру зарегулювання стоку на схилах.

а) при $t_p < T_0$

$$T_0 = \left(\frac{k_F y_m}{n q_m} \right)^{\frac{1}{n+1}} \left[(n + 1) T_0^n - \frac{m + 1}{n + m + 1} t_p^n \right]^{\frac{1}{n+1}}; \quad (1.25)$$

б) при $t_p > T_0$

$$T_0 = \left[\left(\frac{m + n + 1}{n + 1} - \frac{q_m}{y_m k_F} t_p \right) \frac{m(n + m + 1)}{n + 1} t_p^m \right]^{\frac{1}{m}}. \quad (1.26)$$

При масових розрахунках нульове наближення потрібно починати зверху з деякого числа, що явно перевищує фізичні межі T_0 , але не менше t_p , наприклад, 2000 годин. Якщо на якомусь кроці ітераційної процедури послідовність T_{0i} расходится, тривалість притоку обчислюється алгебраїчним шляхом за рівнянням (1.26).

Таблиця 1.6 - Визначення коефіцієнтів нерівномірності
руслового притоку

№ п/п	Річка – пост	\bar{Q} м ³ /с	\bar{Y} мм	$\bar{T}_п$ діб.	F_2 км ²	Lg(F+1)	$\frac{m_1+1}{m_1}$
1	Прип'ять – м.Річиця	60.3	42.9	51	2210	3.34	2.80
2	Прип'ять – с.Люб'язь	109	33.8	69	6100	3.79	3.12
3	Вижівка – с.Руда	7.10	50.9	38	141	2.15	3.27
4	Турія – с.Ягідне	16.5	33.7	43	459	2.66	3.94
5	Турія – с.Бузаки	74.2	46.3	52	2630	3.42	2.76
6	Стохід – с.Богушівка	20.1	31.6	43	692	2.84	3.39
7	Стохід – смт.Любешів	76.7	51.1	60	2970	3.47	2.62
8	Стир – с.Щурівці	51.8	43.2	43	2020	3.31	2.20
9	Стир – м.Луцьк	153	42.1	58	7200	3.86	2.52
10	Стир – с.Млинок	169	40.4	63	10900	4.04	2.08
11	Родоставка – с.Трійця	15.9	48.1	41	316	2.50	3.72
12	Іква – с.Радянське	23.7	34.6	38	632	2.80	3.55
13	Горинь – смт.Ямпіль	66.8	40.7	43	1400	3.15	4.33
14	Горинь – с.Оженін	198	39.8	45	5860	3.77	3.29
15	Горинь – с.Деражне	230	44.4	50	9160	3.96	2.43
16	Случ – с.Велика Клітна	15.0	48.8	41	232	2.37	4.65
17	Случ – м.Сарни	733	52.1	49	13300	4.12	4.45
18	Хомора – смт.Понінка	64.6	45.1	44	1410	3.15	3.90
19	Тня – с.Броники	75.0	47.8	38	982	2.99	5.30
20	Смолка – с.Сусли	41.0	43.9	39	632	2.80	4.95
21	Льва – с.Осницьк	18.7	63.7	37	276	2.44	3.32
22	Уборть – с.Рудня Іванівська	36.2	48.3	39	510	2.71	4.94
23	Уборть – с.Перга	113	53.7	46	2880	3.46	2.91
24	Уж – м.Коростень	83.1	41.9	41	1450	3.16	4.83
25	Уж – смт.Поліське	334	49.4	45	5690	3.76	4.60
26	Жерев – с.Бабіничі	109	54.3	40	1440	3.16	4.81
27	Тетерів – с.Троща	14.9	38.0	40	227	2.36	5.98
28	Тетерів – м.Житомир	236	41.4	47	5270	3.72	4.37
29	Тетерів – с.Макалевичі	342	48.9	53	7890	3.90	4.07
30	Гуйва – с.Городківка	19.1	34.8	44	312	2.51	6.69
31	Ірша – смт.Вододарськ- Волинський	24.2	51.5	38	208	2.32	7.38
32	Ірша - с.Українка	197	47.1	40	260	3.42	5.62
33	Здвиж – с.Гавронщина	53.3	33.5	35	837	2.92	5.80

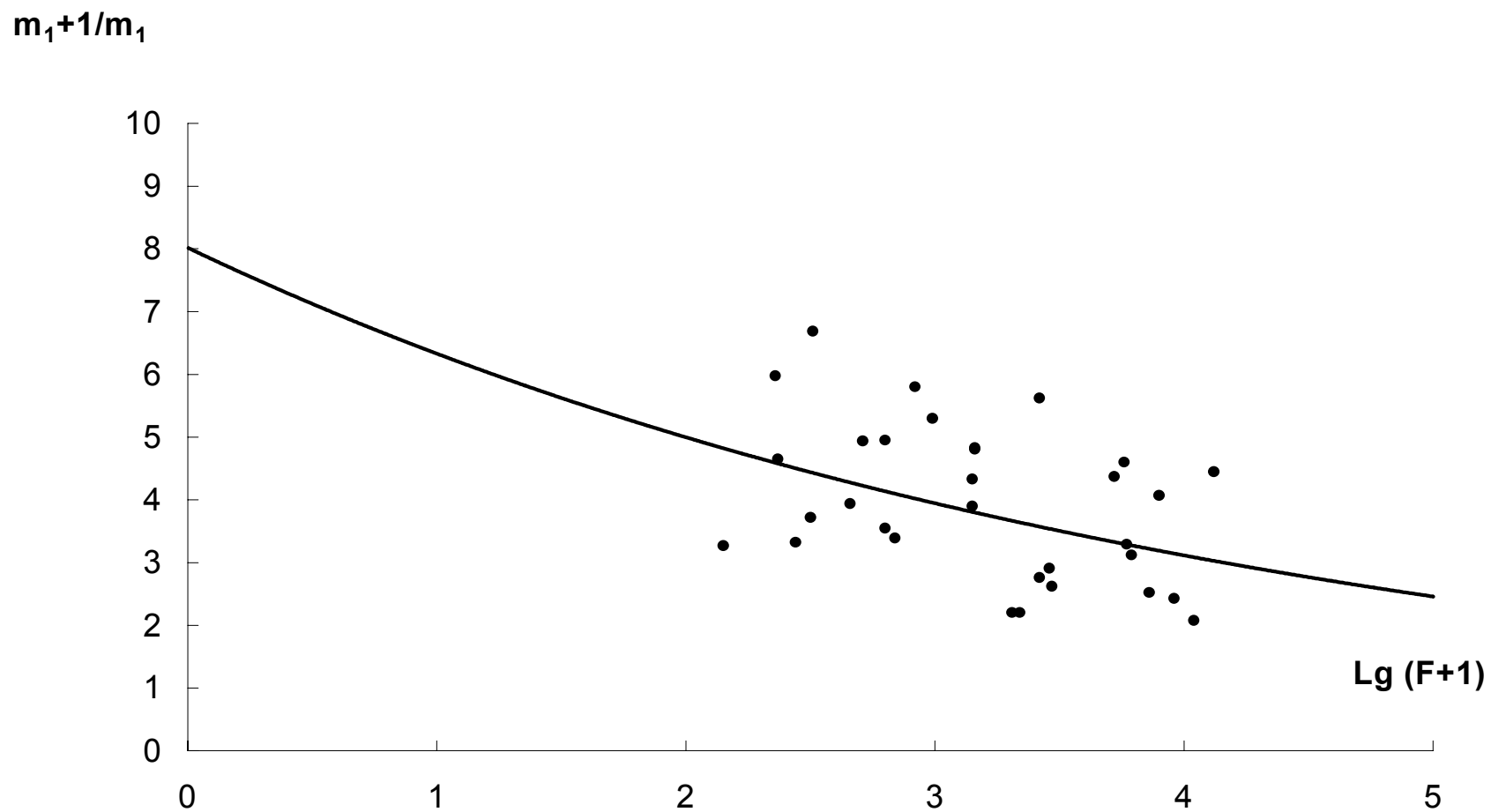


Рисунок 1.5 – Залежність коефіцієнту нерівномірності схилового припливу від площі водозборі

Для басейну правих приток Прип'яті значення T_0 розраховані з використанням програми « T_0 », розробленої на кафедрі гідрології ОДЕКУ (опис програми наводиться в додатку).

Результати розрахунку приведені в табл.1.7. Наступним етапом розрахунку є узагальнення параметра T_0 по території. В цьому випадку застосоване картування (рис.1.6). Як видно з рис.1.6, значення T_0 змінюються від 700-500 годин на північному заході басейну до 200 - на півдні і південному сході. Найбільші значення T_0 приурочені до зони поширення карсту [14].

1.6 Трансформаційна функція

Одним з видів трансформації є розпластування хвилі під впливом часу руслового добігання t_p . Кількісно міра трансформації максимальних модулів під впливом часу руслового добігання визначається за допомогою функції $\psi(t_p / T_0)$ по рівняннях (1.7) і (1.8):

а) при $t_p < T_0$

$$\psi(t_p / T_0) = 1 - \frac{m + 1}{(m + n + 1)(n + 1)} \left(\frac{t_p}{T_0} \right)^n; \quad (1.27)$$

б) при $t_p \geq T_0$

$$\psi(t_p / T_0) = \frac{n}{n + 1} \frac{T_0}{t_p} \left[\frac{m + 1}{m} - \frac{n + 1}{m(m + n + 1)} \left(\frac{T_0}{t_p} \right)^m \right]. \quad (1.28)$$

Для басейну р.Прип'ять в основному характерний розвинений тип весняного стоку ($t_p/T_0 < 1.0$), за винятком самих великих водозборів.

Коефіцієнти нерівномірності схилового припливу визначалися через коефіцієнти нерівномірності руслового стоку як показано у п.1.5.1.

Загалом для річок басейну Прип'яті коефіцієнт нерівномірності припливу води зі схилів до руслової мережі $(n+1)/n$ в період водопілля дорівнює 8.0, а $n = 0.14$. З урахуванням цих даних і, приймаючи $m = 1.0$, запишемо рівняння для трансформаційної функції $\psi(t_p / T_0)$ в редакції:

а) при $t_p < T_0$

$$\psi(t_p / T_0) = 1 - 0.82 \left(\frac{t_p}{T_0} \right)^{0.14}, \quad (1.29)$$

Таблиця 1.7 - Розрахунок тривалості припливу води
зі схилів до руслової мережі (басейн р.Прип'ять)

№ п/п	Річка – пост	$Y_{1\%}$, мм	$Q_{1\%}$ м ³ /скм ²	t_p , год.	T_0 , Год.	$V_{д}$, км/год
1	Прип'ять – м.Річиця	156	0.13	41.4	495	2.03
2	Прип'ять – с.Люб'язь	109	0.07	68.5	498	2.29
3	Вижівка – с.Руда	146	0.17	5.05	755	2.77
4	Турія – с.Ягідне	121	0.14	23.6	505	2.42
5	Турія – с.Бузаки	155	0.10	63.0	596	2.60
6	Стохід – с.Богушівка	97.5	0.12	17.2	455	2.79
7	Стохід – смт.Любешів	179	0.08	72.0	885	2.40
8	Стир – с.Щурівці	156	0.09	16.2	906	3.52
9	Стир – м.Луцьк	113	0.09	83.0	336	2.34
10	Стир – с.Млинок	113	0.05	205	498	1.96
11	Родоставка – с.Трійця	140	0.19	9.41	519	2.02
12	Іква – с.Радянське	102	0.14	18.2	405	3.24
13	Горинь – смт.Ямпіль	114	0.20	21.7	250	3.27
14	Горинь – с.Оженін	108	0.13	72.2	204	3.09
15	Горинь – с.Деражне	124	0.08	138	345	2.75
16	Случ – с.Велика Клітна	153	0.27	11.4	395	2.63
17	Случ – м.Сарни	172	0.26	129	1.23	3.16
18	Хомора – смт.Понінка	139	0.17	40.4	335	2.60
19	Тня – с.Броники	181	0.31	24.4	270	2.78
20	Смолка - с.Сусли	164	0.24	24.6	353	2.64
21	Льва – с.Осницьк	227	0.23	14.2	710	2.39
22	Уборть – с.Рудня Іванівська	189	0.33	18.4	317	2.43
23	Уборть – с.Перга	186	0.14	51.6	501	2.63
24	Уж – м.Коростень	147	0.24	30.3	251	2.77
25	Уж – смт.Поліське	162	0.221	54.9	208	3.08
26	Жерев – с.Бабіничі	232	0.31	33.2	315	2.77
27	Тетерів – с.Троща	98.4	0.27	10.2	240	2.94
28	Тетерів – м.Житомир	149	0.16	31.6	331	3.70
29	Тетерів – с.Макалевичі	183	0.16	64.1	326	3.57
30	Гуйва – с.Городківка	102	0.32	11.0	190	3.37
31	Ірша – смт.Вододарськ- Волинський	204	0.53	8.33	270	2.76
32	Ірша - с.Українка	176	0.31	37.1	189	3.13
33	Здвиж – с.Гавронщина	145	0.28	23.8	240	2.73

б) при $t_p \geq T_o$

$$\psi(t_p / T_o) = 0.125 \frac{T_o}{t_p} \left(2.0 - 0.53 \frac{T_o}{t_p} \right). \quad (1.30)$$

По вихідних матеріалах за формулами (1.29) і (1.30) розраховані значення трансформаційної функції, а потім побудована залежність $\psi(t_p / T_o) = f(t_p / T_o)$, показана на рис.1.7.

Як видно з рис.1.7, вплив часу добігання на трансформацію максимальних витрат весняного водопілля вельми значний. Особливо різко редукція t_p на Q_m виявляється на малих водозборах. Потім, починаючи з $t_p/T_o > 0.3$, темп убунання $\psi(t_p / T_o)$ із зростанням розмірів водозбору сповільнюється. При переході до уповільненого стоку ($t_p/T_o \geq 1.0$) ординати функції $\psi(t_p / T_o)$ знижуються до рівня 0.15.

1.7 Коефіцієнт русло-заплавного регулювання

Вплив русло-заплавного регулювання на максимальний стік визначається за допомогою коефіцієнта, який являє собою функцію K_F убуваючого вигляду (з верхнім граничним значенням $K_F = 1.0$, при $F \rightarrow 0$) із зростанням водозбірної площі. Розрахувати її можна зворотним шляхом з формули (1.5), як:

$$K_F = \frac{q_m / q'_m}{\psi(t_p / T_o)}, \quad (1.31)$$

Редукція максимального модуля q_m / q'_m може бути описана рівнянням

$$q_m / q'_m = \frac{1}{(F + 1)^{n_1}}. \quad (1.32)$$

Для визначення цього коефіцієнту вихідними даними є величини модуля схилового припливу q'_m , які розраховується за рівнянням (1.6).

Отримані для всіх постів значення $\frac{q_{1\%}}{q'_m}$ (табл.1.8) в логарифмічних

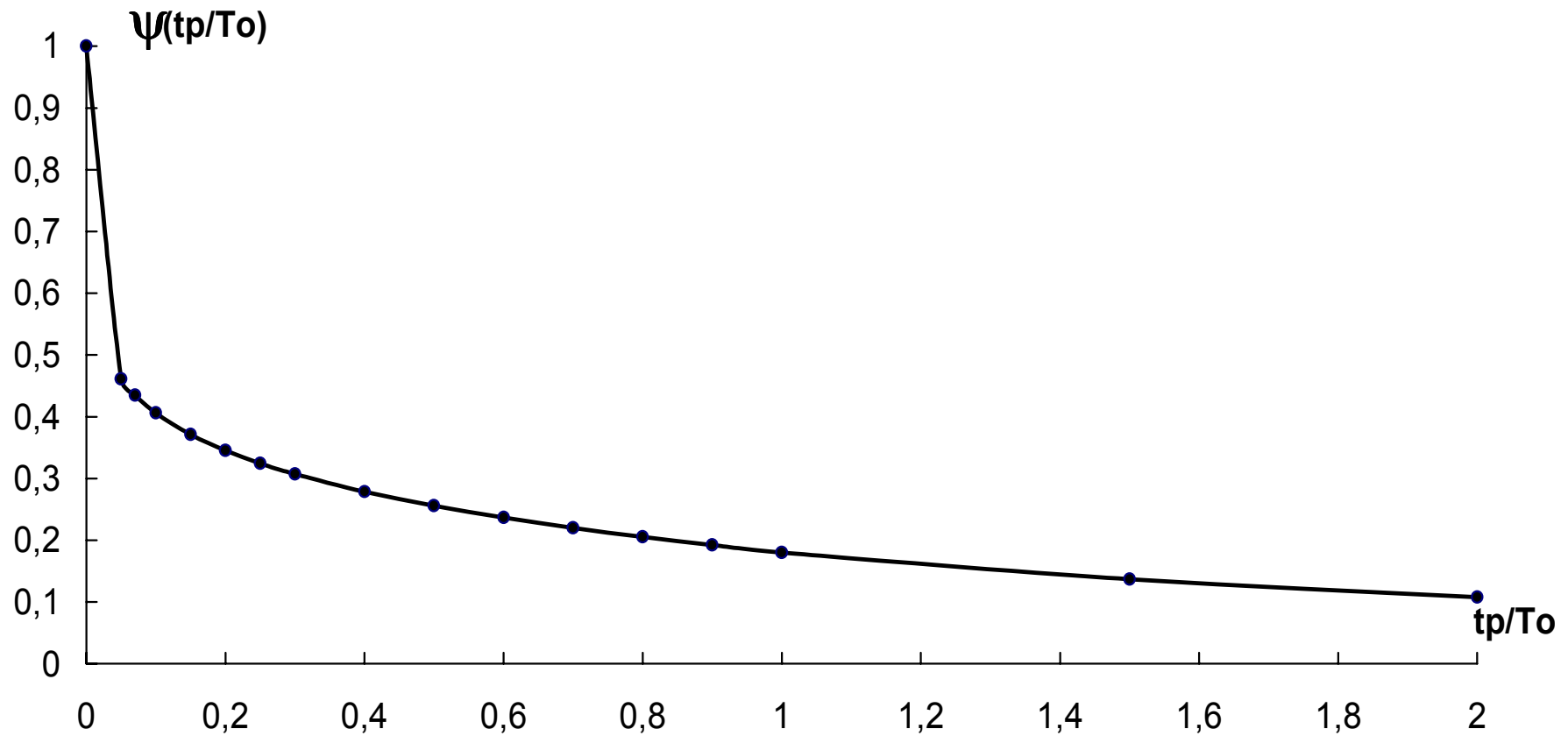


Рисунок 1.7 – Трансформаційна функція $\psi(t_p / T_o)$

Таблиця 1.8 - Вихідні дані для розрахунку загального коефіцієнта редукції максимального модуля стоку весняного водопілля

№ п/п	Річка-пост	T _o , ГОД	Y _{1%} , ММ	q' _m М ³ /СКМ ²	q _{1%} М ³ /СКМ ²	q _{1%} /q _m	Lg(F+1)	lg(q _{1%} /q _{1%})
1	Прип'ять – м.Річиця	500	160	0.72	0.13	0.18	3.34	-0.89
2	Прип'ять – с.Люб'язь	700	160	0.51	0.07	0.14	3.79	-1.15
3	Вижівка – с.Руда	500	140	0.63	0.17	0.27	2.15	-0.77
4	Турія – с.Ягідне	500	120	0.54	0.14	0.26	2.66	-0.85
5	Турія – с.Бузаки	700	150	0.48	0.10	0.21	3.42	-1.00
6	Стохід – с.Богушівка	500	100	0.45	0.12	0.27	2.84	-0.92
7	Стохід – смт.Любешів	700	160	0.51	0.08	0.16	3.47	-1.10
8	Стир – с.Щурівці	500	100	0.45	0.09	0.20	3.31	-1.05
9	Стир – м.Луцьк	400	100	0.56	0.09	0.16	3.86	-1.05
10	Стир – с.Млинок	600	120	0.45	0.05	0.11	4.04	-1.30
11	Родоставка – с.Трійця	500	100	0.45	0.19	0.42	2.50	-0.72
12	Іква – с.Радянське	400	100	0.56	0.14	0.25	2.80	-0.85
13	Горинь – смтЯмпіль	275	110	0.90	0.20	0.22	3.15	-0.70
14	Горинь – с.Оженін	280	120	0.96	0.13	0.14	3.77	-0.89
15	Горинь – с.Деражне	310	130	0.94	0.08	0.09	3.96	-1.10
16	Случ - с.Велика Клітна	250	120	1.01	0.27	0.25	2.37	-0.57
17	Случ – м.Сарни	300	180	1.34	0.25	0.19	4.12	-0.60
18	Хомора – с.Понінка	270	130	1.08	0.17	0.16	3.15	-0.77
19	Тня – с.Броники	300	180	1.34	0.31	0.23	2.99	-0.51
20	Смолка – с.Сусли	350	170	1.09	0.24	0.22	2.80	-0.62

Продовження таблиці 1.8

№ п/п	Річка-пост	T ₀ , ГОД	Y ₁ % ММ	q' _m М ³ /СКМ ²	q ₁ % М ³ /СКМ ²	q ₁ %/q _m	LgF	lg(q ₁ %/q _m)
21	Льва – с.Осницьк	700	220	0.70	0.23	0.33	2.44	-0.64
22	Уборть – с.Рудня Іванівська	400	210	1.18	0.33	0.28	2.71	-0.48
23	Уборть – с.Перга	500	220	0.99	0.14	0.14	3.46	-0.85
24	Уж – м.Коростень	300	205	1.53	0.24	0.16	3.16	-0.62
25	Уж – смт Поліське	350	150	0.96	0.20	0.21	3.76	-0.70
26	Жерев – с.Бабіничі	350	160	1.02	0.31	0.30	3.16	-0.51
27	Тетерів – с.Троща	230	120	1.17	0.27	0.23	2.36	-0.57
28	Тетерів – м.Житомир	250	150	1.34	0.16	0.12	3.72	-0.80
29	Тетерів – с.Макалевичі	250	180	1.61	0.16	0.10	3.90	-0.80
30	Гуйва – с.Городківка	200	100	1.12	0.32	0.29	2.51	-0.49
31	Ірша – смт .Володарськ- Волинський	250	200	1.79	0.53	0.30	2.32	-0.28
32	Ірша – с.Українка	200	170	1.90	0.30	0.16	3.42	-0.52
33	Здвиж – с.Гавронщина	200	100	1.12	0.27	0.24	2.92	-0.57

координатах наносяться на графік $\left(\frac{q_{1\%}}{q'_m}\right) = f(F)$ (рис.1.8). З рис.1.8. видно, що залежність добре виражена, а проведення лінії зв'язку спрощується тим, що залежність повинна виходити із $\lg\left(\frac{q_{1\%}}{q'_m}\right) = 0$ при $\lg(F + 1) = 0$.

Для досліджуваної території показник степені $n_1=0.22$, а (1.32) приймає вигляд:

$$q_m / q'_m = \frac{1}{(F + 1)^{0.22}}. \quad (1.33)$$

З урахуванням рівняння (1.32) обмежені значення K_F (табл.1.9). Узагальнення параметра K_F по території виконане в залежності від площі водозбору (рис.1.9). Залежність $K_F = f(F)$, як видно з рис.1.9, виражена добре. Виходе вона з 0 при $\lg(F) \rightarrow 0$ і має в області малих площ (до 100 км²) убуваючий характер, який надалі змінюється більш пологим спадом кривої редуції.

Для невивчених річок території, що розглядається, для визначення коефіцієнта K_F рекомендується користуватися як залежністю $K_F = f(F)$ (рис. 1.9) так і таблицею (табл.1.10).

Таблиця 1.10 – Коефіцієнти русло-заплавного регулювання максимального модуля стоку весняного водопілля в басейні річки Пріпять

$F, \text{ км}^2$	0	100	500	1000	2000	5000	10000	≥ 10000
k_F	1.0	0.70	0.60	0.86	0.50	0.42	0.45	0.40

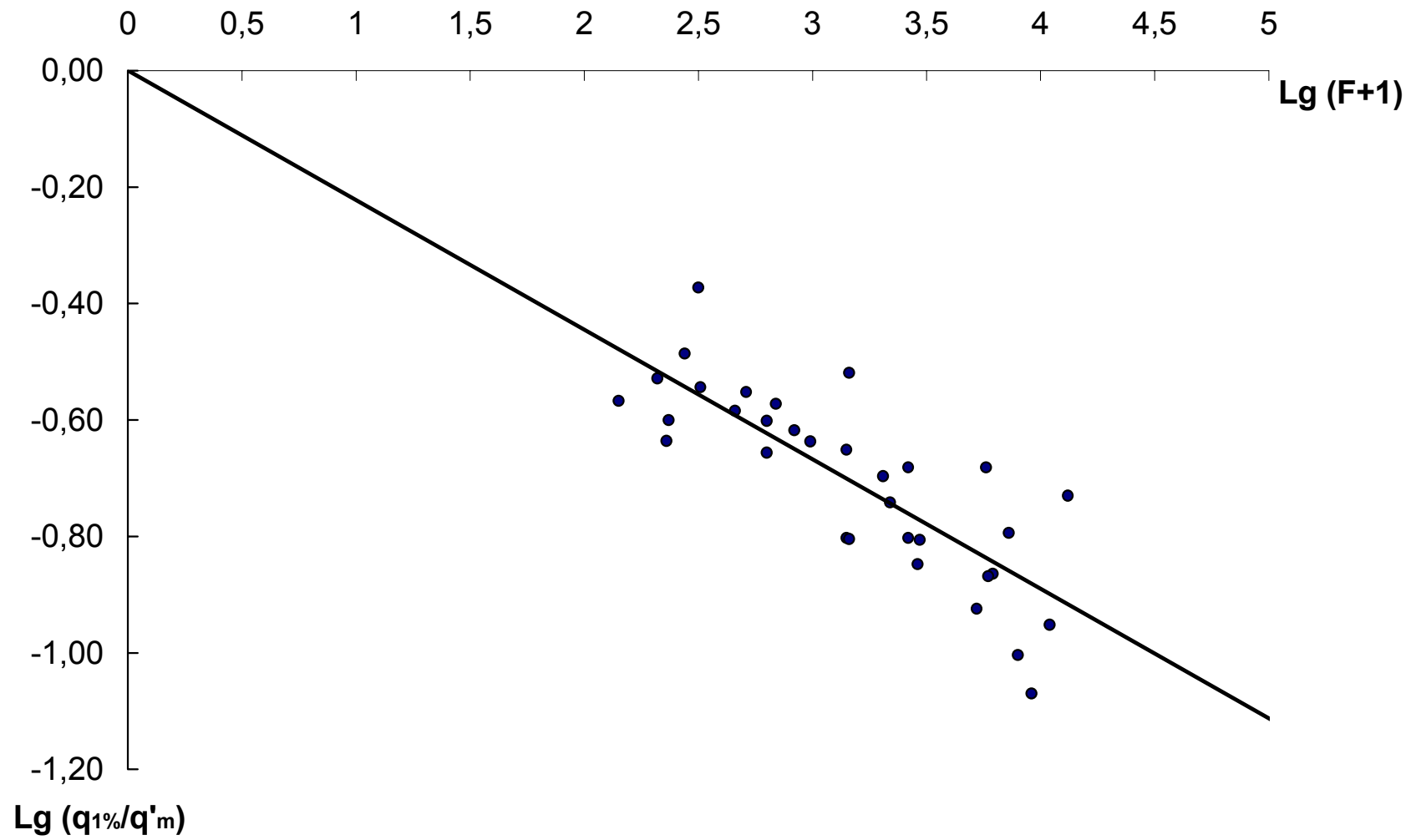


Рисунок 1.8 – Залежність співвідношення $q_{1\%}/q'_m$ від площі водозбору

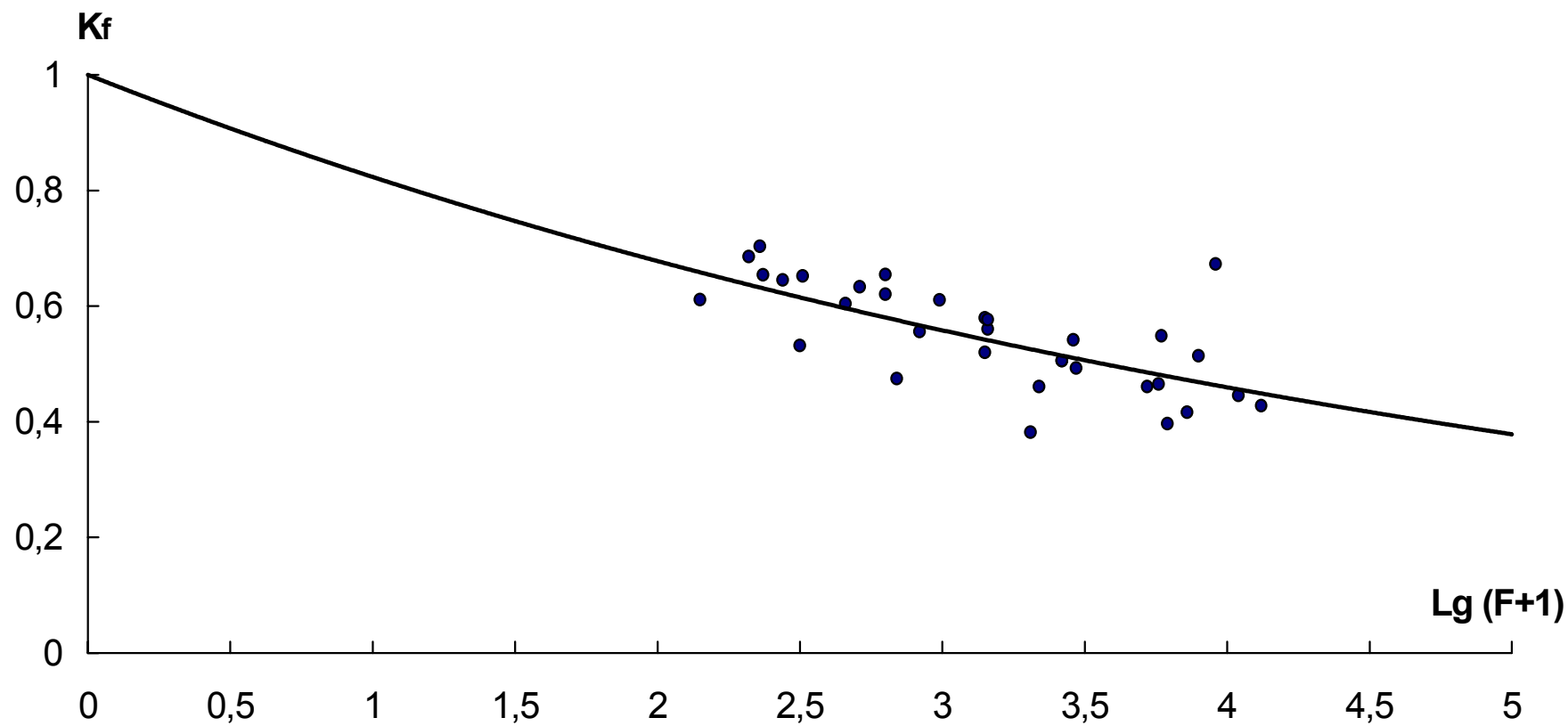


Рисунок 1.9 - Залежність коефіцієнту русло-заплавного регулювання та водообміну від площі водозбору

Таблиця 1.9 - Розрахунок коефіцієнта русло-заплавного водообміну та регулювання K_F

№ п/п	Річка – пост	$1/(F)^{0.22}$	$\Psi(t_p / T_0)$	k_F
1	Прип'ять – м.Річиця	0.184	0.40	0.46
2	Прип'ять – с.Люб'язь	0.147	0.37	0.40
3	Виживка – с.Руда	0.336	0.55	0.61
4	Турія – с.Ягідне	0.260	0.43	0.60
5	Турія – с.Бузаки	0.177	0.35	0.51
6	Стохід – с.Богушівка	0.237	0.50	0.47
7	Стохід – смт.Любешів	0.172	0.35	0.49
8	Стир – с.Щурівці	0.187	0.49	0.38
9	Стир – м.Луцьк	0.142	0.34	0.42
10	Стир – с.Млинок	0.129	0.29	0.45
11	Родоставка – с.Трійця	0.282	0.53	0.53
12	Іква – с.Радянське	0.242	0.39	0.62
13	Горинь – смт.Ямпіль	0.203	0.39	0.52
14	Горинь – с.Оженін	0.148	0.27	0.55
15	Горинь – с.Деражне	0.135	0.20	0.67
16	Случ – с.Велика Клітна	0.301	0.46	0.65
17	Случ – м.Сарни	0.124	0.29	0.43
18	Хомора – смт.Понінка	0.203	0.35	0.58
19	Тня – с.Броники	0.220	0.36	0.61
20	Смолка - с.Сусли	0.242	0.37	0.65
21	Льва – с.Осницьк	0.290	0.45	0.65
22	Уборть – с.Рудня Іванівська	0.253	0.40	0.63
23	Уборть – с.Перга	0.173	0.32	0.54
24	Уж – м.Коростень	0.202	0.36	0.56
25	Уж – смт.Поліське	0.149	0.32	0.47
26	Жерев – с.Бабіничі	0.202	0.35	0.58
27	Тетерів – с.Троща	0.302	0.43	0.70
28	Тетерів – м.Житомир	0.152	0.33	0.46
29	Тетерів – с.Макалевичі	0.139	0.27	0.51
30	Гуйва – с.Городківка	0.280	0.43	0.65
31	Ірша – смт.Вододарськ- Волинський	0.308	0.45	0.69
32	Ірша - с.Українка	0.177	0.35	0.51
33	Здвиж – с.Гавронщина	0.228	0.41	0.56

1.8 Перевірочні розрахунки

Розрахункова формула для максимального стоку весняного водопілля в басейні правих приток Прип'яті має вигляд:

$$q_{p\%} = q'_{1\%} \psi(t_p / T_0) k_F \lambda_p, \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2, \quad (1.34)$$

Для того, що підрахувати q_p необхідно мати такий мінімум вихідних даних: площу водозбору F (км²), довжину річки L (км), середньозважений уклон I (‰).

Порядок розрахунку:

1. Для розрахунку $q'_{1\%}$ параметри визначаються у такій послідовності:

1.1. Коефіцієнт нерівномірності схилового припливу $n + 1/n$ узагальнений по території, дорівнює 8.0;

1.2. Тривалість припливу води зі схилів до руслової мережі T_0 визначається за картою (рис.1.6) для центрів ваги водозбору;

1.3. Максимальний шар стоку весняного водопілля $Y_{1\%}$ таким же чином визначається за картою (рис.1.4).

2. Трансформаційна функція $\psi(t_p / T_0)$ розраховується, в залежності від співвідношення t_p та T_0 , n та m ; при $t_p < T_0$ – за рівнянням (1.27), а при $t_p \geq T_0$ – за рівнянням (1.28).

2.1. Час руслового добігання t_p встановлюється за гідрографічною довжиною L та швидкістю добігання V_d за формулою (1.15) з урахуванням a_2 та α_2 , які наведені у табл.1.5. Сама же швидкість паводкової хвилі визначається за (1.21).

3. Коефіцієнт русло-заплавного регулювання K_F устанавлюється за допомогою рис.1.9 або по табл.1.10 в залежності від площі водозбору F .

4. Коефіцієнт λ_p , який дозволяє переходити від опорної ймовірності 1% до інших, представлений в табл. 1.11.

Таблиця 1.11 - Коефіцієнти ймовірності λ_p

$P, \%$	1	3	5	10
λ_p	1.00	0.80	0.67	0.53

Точність розрахунків може бути визначена за виразом як:

$$\Delta = \frac{|q_{1\%p} - q_{1\%ф}|}{q_{1\%ф}} \cdot 100\%, \quad (1.35)$$

де $q_{1\%ф}$ – фактичні значення $q_{1\%}$, а $q_{1\%p}$ – розрахункові за методикою.

Середнє відхилення розрахункових значень від фактичних по басейну р.Прип'ять, відповідно до табл.1.12, дорівнює $\pm 16\%$, що задовільним результатом при розрахунках максимального стоку.

Приклад розрахунку

Завдання:

Виконати розрахунок максимального модуля весняного водопілля 1%-ної забезпеченості для р.Прип'яті у м.Річиця.

Вихідні дані: площа водозбору $F=2210 \text{ км}^2$, довжина річки $L=84 \text{ км}$, середньозважений уклон $I_{cp}=0.2 \text{ ‰}$

Порядок розрахунку:

1.Швидкість руслового добігання за (1.21)

$$V_d = 1.37 (2210)^{0.12} (0.2)^{0.33} = 2.03 \text{ км / год}$$

2.Час руслового добігання за (1.15)

$$t_p = \frac{84}{2.03} = 41.4 \text{ год}$$

3.Коефіцієнти нерівномірності схилового припливу для басейну р.Прип'ять $\frac{n+1}{n} = 8.0$, а $n=0.14$.

4.Тривалість схилового припливу T_0 , відповідно до рис.1.6, дорівнює 500 годин.

5.Знайдемо співвідношення $\frac{t_p}{T_0}$, яке дорівнює (при $t_p=41.4$ і $T_0=500$ год) 0.083, тобто менше 1.0.

6. Шар стоку весняного водопілля $Y_{1\%}$ за рис.1.4 для центру тяжіння басейну $Y_{1\%} = 160$ мм.

7. Максимальний модуль схилового припливу $q'_{1\%}$ за формулою (1.6) дорівнює

$$q'_{1\%} = 0.28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_{1\%} = 0.28 \cdot 8 \frac{160}{500} = 0.72 \text{ м}^3 / \text{скм}^2$$

8. Трансформаційна функція $\psi(t_p / T_0)$ при $t_p/T_0=0.08$, $n=0.14$ і $m=1.0$ дорівнює 0.40.

9. Коефіцієнт русло-заплавного регулювання та водообміну K_F за допомогою рис.1.9. при $F=2210 \text{ км}^2$ або за табл. 1.10 дорівнює 0.52.

10. Коефіцієнт зарегульованості озерами та водосховищами при $f_{оз} < 1.0$ $r = 1.0$.

11. Максимальний модуль весняного водопілля розраховується за (1.5), тобто

$$q_{1\%} = q'_{1\%} \psi(t_p / T_0) K_F r = 0.72 \cdot 0.40 \cdot 0.52 \cdot 1.0 = 0.15 \text{ м}^3 / \text{скм}^2$$

12. Похибка розрахунку

$$\Delta = \frac{|q_{1\%з} - q_{1\%ф}|}{q_{1\%ф}} \cdot 100\% = \frac{|0.15 - 0.13|}{0.13} \cdot 100\% = 15.2\%$$

Таблиця 1.12 - Перевірочні розрахунки

№ п/п	Річка – пост	$q_{1\%, \text{роз.}}$ $\text{м}^3/\text{скм}^2$	$q_{1\%, \text{ф.}}$ $\text{м}^3/\text{скм}^2$	$ \Delta , \%$
1	Прип'ять – м.Річиця	0.15	0.13	15.2
2	Прип'ять – с.Люб'язь	0.09	0.07	29.5
3	Виживка – с.Руда	0.23	0.17	33.6
4	Турія – с.Ягідне	0.14	0.14	0.00
5	Турія – с.Бузаки	0.09	0.10	14.0
6	Стохід – с.Богушівка	0.13	0.12	7.50
7	Стохід – смт.Любешів	0.09	0.08	14.1
8	Стир – с.Щурівці	0.12	0.09	28.2
9	Стир – м.Луцьк	0.09	0.09	0.00
10	Стир – с.Млинок	0.06	0.05	18.5
11	Родоставка – с.Трійця	0.15	0.19	23.0
12	Іква – с.Радянське	0.13	0.14	9.00
13	Горинь – смт.Ямпіль	0.19	0.20	5.00
14	Горинь – с.Оженін	0.12	0.13	4.00
15	Горинь – с.Деражне	0.09	0.08	8.80
16	Случ – с.Велика Клітна	0.31	0.27	15.6
17	Случ – м.Сарни	0.17	0.25	30.0
18	Хомора – смт.Понінка	0.20	0.17	20.4
19	Тня – с.Броники	0.27	0.31	13.0
20	Смолка – с.Сусли	0.23	0.24	3.00
21	Льва – с.Осницьк	0.20	0.23	14.0
22	Уборть – с.Рудня Іванівська	0.28	0.33	16.0
23	Уборть – с.Перга	0.16	0.14	15.0
24	Уж – м.Коростень	0.30	0.24	24.2
25	Уж – смт.Поліське	0.15	0.20	26.0
26	Жерев – с.Бабіничі	0.19	0.31	37.0
27	Тетерів – с.Троща	0.32	0.27	17.6
28	Тетерів – м.Житомир	0.22	0.16	34.5
29	Тетерів – с.Макалевичі	0.20	0.16	27.5
30	Гуйва – с.Городківка	0.30	0.32	8.00
31	Ірша – смт.Вододарськ- Волинський	0.51	0.53	3.00
32	Ірша - с.Українка	0.34	0.30	14.3
33	Здвиж – с.Гавронщина	0.26	0.27	4.00
			Середнє	16.2

Програма "Т₀"

1. Необхідні вхідні дані:

1.1. Якщо потрібен розрахунок t_p :

F (км²) - площа водозбору

L (км) - довжина водотоку

I (‰) - середньозважений уклон

$Y_{1\%}$ - максимальний шар стоку весняної повені

$q_{1\%}$ - максимальний модуль стоку весняної повені

n - показник степені в рівнянні схилового припливу

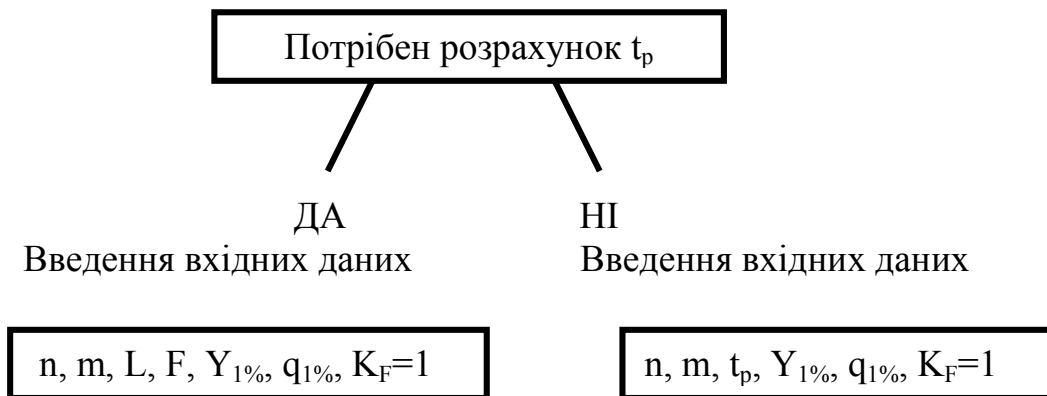
m - показник степені в рівнянні кривої ізохрон.

1.2. Якщо t_p вже розраховано, то замість F , L та I , задається t_p .

Порядок роботи:

1. Вхід до програми здійснюється через файл **estimate.exe**.

2. Обирається варіант розрахунку



3. Задається ім'я файла вхідних даних. Наприклад, a_1 .

4. Виконується розрахунок значень T_0 у першому наближенні.

5. Задається ім'я файла з даними розрахунку. Наприклад, a_2 .

5.1. По отриманим значенням T_0 будується залежність $T_0=f[\lg(F+1)]$

6. За допомогою клавіш $Alt+F_2$ переходимо до другого етапу розрахунку.

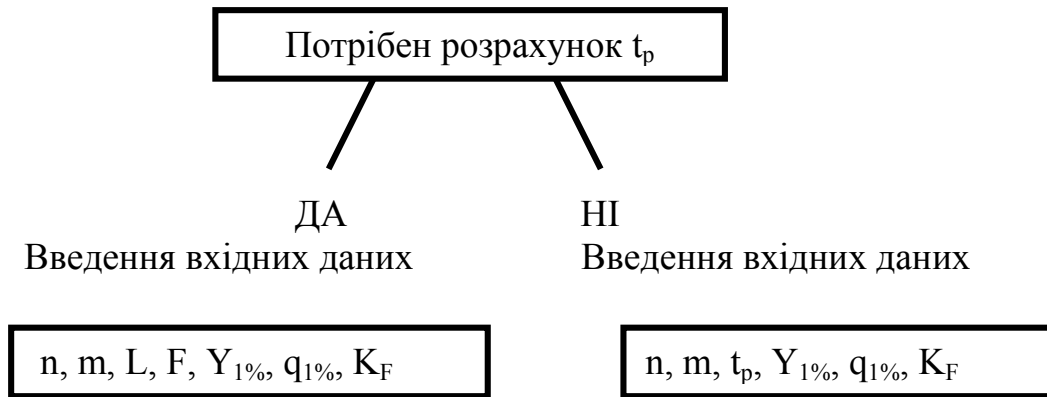
7. Задається значення T_0 у першому наближенні, спираючись на дані залежності. $T_0=f[\lg(F+1)]$

8. Задається ім'я файла, у який будуть записані результати розрахунку. Наприклад, a_3 .

9. Розраховуються значення коефіцієнтів ϕ , K_f та K_F .

9.1. По даним розрахунку будується залежність $K_F=f[\lg(f+1)]$

10. За допомогою клавіш $Alt+F_1$ знову переходимо до першого етапу розрахунку.



11. У файл вхідних даних a_1 заносяться дані про K_F , які отримані після узагальнення цього параметру в залежності від площі водозборів, тобто значення K_F знімаються з графіку $K_F=f[\lg(f+1)]$
12. Задається ім'я файла для результатів розрахунку T_0 у другому наближенні. Наприклад, a_4 .
13. Отримані значення T_0 узагальнюються за територією або районується у вигляді карти.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З КУРСУ “ГІДРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ”

Укладачі: к.г.н, доц. Бояринцев Є.Л.
К.г.н., доц.Овчарук В.А.

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул.Львівська, 15
