

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Факультет водного господарства, будівництва та землеустрою

Кафедра науки про Землю



МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для виконання курсової роботи
з дисципліни “Інженерна геологія та гідрогеологія”
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія
та водні технології»

Херсон -2019

Методичні рекомендації для виконання курсової роботи з дисципліни **«Інженерна геологія та гідрогеологія»** для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології».- Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2019. - 40 с.

Укладач: Смирнов В.М. - к.геолог.наук, доцент кафедри науки про Землю

Рецензент: Волошин М.М. - к.т.н., доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій.

ЗМІСТ

Вступ

Вихідні дані для гідрологічних та водогосподарських розрахунків

Розділ 1 Гідрологічні розрахунки

- 1.1 Визначення норм річного стоку
- 1.2 Розрахунок річного стоку заданої забезпеченості (імовірності перебільшення)
- 1.3 Розрахунок розподілу стоку
- 1.4 Розрахунки максимальних витрат води
 - 1.4.1 Розрахунок максимальної витрати стоку весняної повені
 - 1.4.2 Розрахунок максимальних витрат дощового паводку
 - 1.4.3 Визначення об'ємів стоку весняних повеней і дощових паводків

Розділ 2 Водогосподарські розрахунки

- 2.1 Побудування батіграфічних характеристик водосховища
- 2.2 Розрахунок мертвого об'єму і відповідного йому рівня водосховища.
- 2.3 Розрахунок втрат води з водосховища.
 - 2.3.1. Визначення втрат води на випаровування.
 - 2.3.2. Визначення втрат на фільтрацію.
- 2.4 Розрахунок водосховища сезонного регулювання стоку.
 - 2.4.1. Розрахунок сезонного регулювання стоку при заданому графіку водоспоживання (попередній розрахунок без урахування втрат).
- 2.5 Розрахунки регулювання паводкового стоку водосховища
 - 2.5.1 Вихідні данні і умови розрахунку.
 - 2.5.2 Побудування моделі розрахункового гідрографу паводку
 - 2.5.3 Розрахунок максимальної скидної витрати через відкритий водоскид

Література

Вступ

Гідрологія вивчає природні води, явища і процеси, які в них відбуваються, та закономірності, що зумовлюють ці явища і процеси. Основними практичними завданнями гідрології є оцінка сучасного, і в прогнозі, майбутнього стану водних ресурсів, гідрологічне обслуговування використання водних ресурсів.

Тому метою даної курсової роботи є привити практичні навички в виконанні розрахунків основних гідрологічних характеристик водних об'єктів при проектуванні і експлуатації споруд, зрошувальних, осушувальних систем та інших водогосподарських об'єктів.

**Вихідні дані для гідрологічних та водогосподарських розрахунків
(таблиці 1...3)**

Таблиця 1- Список річкових басейнів і гідрографічні характеристики річок та їх водозборів.

Варіант	Річка-пункт	Площа водозбору, км ²	Довжина головного водотоку, км	Середній похил, ‰	Лісистість, %	Заболоченість, %	Зарегульованість, %	Закарстованість, %	Щільність мережі ярів, км/ км ²	Середня тривалість періоду замулення N
18	Ушиця-Кривчани	1210	121	2,6	22	0	5	5	0,58	60

Таблиця 2 - Розрахункові щорічні імовірності перевищення

Умови розрахунків	Значення розрахункових характеристик для варіантів									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розрахункова забезпеченість регулювання (забезпеченість річного стоку), P%	75	80	85	90	95	75	80	85	90	95
Розрахункова імовірність щорічного перевищення максимальних витрат води (Pm, %)	10	5	3	2	1	10	5	3	2	1

Таблиця 3 - Гідрологічні дані по річному стоку річок за період багаторічних спостережень.

№ п.п.	Роки	Шар річного стоку h_i (мм) за варіантами
		18
1	1956	41
2	1957	15
3	1958	21
4	1959	18
5	1960	31
6	1961	25
7	1962	20
8	1963	42
9	1964	35
10	1965	50
11	1966	65
12	1967	50
13	1968	6,8
14	1969	91
15	1970	69
16	1971	89
17	1972	102
18	1973	97
19	1974	17
20	1975	43

Розділ 1 Гідрологічні розрахунки

1.1 Визначення норми річного стоку при наявності даних гідрометричних спостережень.

При наявності даних гідрометричних спостережень норму річного стоку визначають як середню арифметичну величину /7/:

$$h_0 = \frac{\sum h_i}{n}, \quad \text{мм} \quad (1.1)$$

Визначену величину середнього багаторічного шару стоку переведіть в інші числові характеристики стоку:

1. Об'єм річного стоку в млн.м³

$$W_0 = h_0 \cdot F \cdot 10^3 \quad (1.2)$$

2. Середню багаторічну витрату води в м³/сек

$$Q_0 = \frac{W_0}{T} \quad (1.3)$$

3. Середній багаторічний модуль стоку в л / с·км²

$$M_0 = \frac{Q_0 \cdot 10^3}{F} \quad (1.4)$$

де F - площа водозбору в км² (таблиця 1)

$T = 31.54 \cdot 10^6$ сек - кількість секунд в році.

Величина відносної середньої квадратичної похибки визначення норми річного стоку по формулі (1.1) встановлюється за рівнянням:

$$\varepsilon_{h_0} = \frac{100 C_v}{\sqrt{n}} \quad (1.5)$$

де C_v - коефіцієнт варіації річного стоку, який визначається за формулою:

$$C_V = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n - 1}} \quad (1.6)$$

де K_i - модульний коефіцієнт річного стоку

$$K_i = \frac{h_i}{h_0}. \quad (1.7)$$

Розрахунки h_0 по формулі (1.1) і C_V по формулі (1.6) виконуються в робочій таблиці 1.1. Значення норми річного стоку вважаються обчисленими з задовільною точністю, при похибці $\varepsilon_{h_0} \leq 10\%$.

Таблиця 1.1- Розрахунок статистичних характеристик річного стоку
р. _____, П. _____

№ п.п	Роки	Шар стоку h_i , мм	$K_i = \frac{h_i}{h_0}$	$(K_i - 1)$	$(K_i - 1)^2$	$(K_i - 1)^3$	$K_i \downarrow$	$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%$
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
Сума	—						—	—

m - порядковий номер члену ряду спостережень, n – ряд спостережень, рівний у даному випадку 20.

Таблиця 1.2 - Основні гідрологічні характеристики, встановлені по картам ізоліній для центрів розрахункових водозборів /б/.

Варіант	Норма річного стоку, M_0 , л/с· $км^2$	Коефіцієнт т варіації річного стоку, C_v	Номер	Шар стоку	Коефіцієнт т варіації шару повені	Добовий максимум дощових опадів	Шар стоку дощового паводку, h_1 %, мм
18	0,65	0,87	II	8,00	0,95	145	53

Таблиця 1.3 - Підсумки розрахунків норми річного стоку

р _____, П. _____

Спосіб визначення	h_0 , мм	ε_{h_0} , %	Прийнята норма річного стоку			
			h_0 , мм	W_0 , МЛН.М ³	Q_0 , М ³ /с	M_0 , л/с· $км^2$
При наявності даних гідрометричних спостережень						

По обчисленим значенням модульних коефіцієнтів K_t (таблиця 1.1) і забезпеченості P %, котра розраховується за формулою:

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\% \quad (1.7)$$

в робочій таблиці 1.1 побудувати емпіричну криву забезпеченості (Рис. 2.1)

1.2. Розрахунок річного стоку заданої забезпеченості (імовірності перевищення)

Для визначення річного стоку різної забезпеченості використовуються криві забезпеченості річного стоку, які розраховують методом моментів з використанням статистичних параметрах h_0 (то ж

для Q_0, W_0, M_0), C_V і C_S . Порядок визначення h_0 і C_V був розглянутий вище (формули 1,1; 1,6).

Коефіцієнт асиметрії визначається по формулі

$$C_S = \frac{\Sigma(K_i - 1)^3}{(n-1)C_V^3} \quad (2.1)$$

Після визначення C_V і C_S необхідно знайти їх відносні середньо - квадратичні помилки по формулах

$$\varepsilon_{C_S} = \frac{1}{C_S} \sqrt{\frac{6}{n} (1 + 6C_V^2 + 5C_V^4)} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

$$\varepsilon_{C_V} = \sqrt{\frac{1 + C_V^2}{2n}} \cdot 100\% \leq [10\%]$$

Підсумки розрахунків C_V і C_S та їх помилки ε_{C_V} і ε_{C_S} записуються в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 - Підсумки розрахунків статистичних параметрів

річного стоку р. _____ п. _____.

Спосіб визначення	C_V	C_S	Похибки %		Прийняті значення	
			ε_{C_V}	ε_{C_S}	C_V	C_S
1. При наявності даних спостережень						
а) спосіб моментів						

Прийнята точність коефіцієнтів варіації визначається помилкою $[\varepsilon_{C_V}] \leq 15\%$, а коефіцієнта асиметрії $[\varepsilon_{C_S}] \leq 30\%$. Якщо $[\varepsilon_{C_V}] > 15\%$, то ряд необхідно подовжити.

На практиці часто доводиться оперувати величинами річних стоків

рідкіснішої повторюваності ніж ті, котрі можна встановити за фактичними багаторічними даними. Тому виникає завдання екстраполяції кривої забезпеченості в зону забезпеченості не освітленої даними спостережень (у лівій частині емпіричної кривої – максимальних значень стоку, в правій частині – мінімальних значень). Це завдання вирішується шляхом використання теоретичної кривої забезпеченості біноміальною (коли $C_V < 0,5$), або трипараметричної (коли $C_V > 0,5$).

Ординати біноміальної кривої забезпеченості обчислюються методом моментів по значеннях норм річного стоку (у даній курсовій роботі h_0) коефіцієнта варіації C_V і співвідношення $C_s \geq 2C_V$ з використанням спеціальної таблиці відхилення ординат біноміальної асиметричної кривої забезпеченості, складеною А. Фостером (таблиця 2.2).

Модульний коефіцієнт заданої забезпеченості $K_{p\%}$ обчислюється за формулою см. таблицю

$$K_{p\%} = \Phi_{p\%} \cdot C_V + 1 \quad (2.3)$$

Ординати кривий трипараметричного гама-розподілу визначають з використанням таблиці 2.2

Отримані значення теоретичних ординат кривих забезпеченості у модульних коефіцієнтах річного стоку $K_{p\%}$ (таблиці 2.4, 2.5) наносяться на сітку ймовірностей Рис.1.1 і зіставляються з емпіричними даними. Ординати кривий трипараметричного гама-розподілу визначають з використанням таблиці 2.3

Аналітична (теоретична) крива, яка краще погоджується з емпіричними даними, приймається за розрахункову. По таблиці ординат розрахункової кривої встановлюється, значення шару стоку $h_{p\%}$ (мм). заданої забезпеченості.

Шар стоку заданої забезпеченості $P\%$ для варіанту, указанного в таблиці розраховується за формулою (см. таблицю 2.4)

$$h_{p\%} = K_{p\%} \cdot h_0 \text{ (мм)} \quad (2.4)$$

Таблиця 2.2. Визначення теоретичної біноміальної кривої забезпеченості річних шарів стоку р. _____, п. _____

	h ₀ =			C _V =				C _s =			
Забезпеченість, P%	1	5	10	25	50	75	80	85	90	95	99
$\Phi_{p\%}$											
$\Phi_{p\%} \cdot C_V$											
$K_{p\%} = \Phi_{p\%} \cdot C_V + 1$											
$h_{p\%} = K_{p\%} \cdot h_0 \text{ (мм)}$											

Величину інших характеристик стоку заданої забезпеченості (ймовірності перевищення) для свого варіанту (таблиця 2) розрахувати по формулах

$$W_{p\%} = h_{p\%} F \cdot 10^3, \quad \text{млн. м}^3, \quad (2.5)$$

$$Q_{p\%} = W_{p\%} / T, \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (2.6)$$

$$M_{p\%} = Q_{p\%} \cdot 10^3, \quad \text{л / с} \cdot \text{км}^2, \quad (2.7)$$

Отримані значення величин стоку заданої забезпеченості використовуються при водогосподарських розрахунках.

1.3. Розрахунок внутрірічного розподілу стоку

Розрахунки внутрірічного розподілу стоку при наявності даних спостережень виконують методами реального року і компонування. Коли немає даних гідрометричних спостережень або їх не досить, внутрірічний розподіл стоку розраховують за аналогією з вивченою в гідрологічному відношенні річкою або за існуючими типовими схемами внутрірічного

розподілу стоку.

Для цього на підставі таблиці 1,3 встановлюють приналежність розрахункового водозабору до відповідного району На підставі розрахункових таблиць (3.1, 3.2) проводиться вибір типових моделей розподілу стоку для необхідного гідрологічного району та категорії водності характерного року.

Розрахунок проводиться на підставі відомої величини річного стоку розрахункової забезпеченості Q_p (пункт 2.2) та типової схеми розподілу стоку у відсотках від річної величини (таблиця 3.2).

Таблиця 3.1 - Строки та довгочасність гідрологічних сезонів /7/.

Район	Сезони		
	весна	лето-осень	зима
Південна частина лісної зони та лісостепова зона	$\frac{\text{III-IV}}{3}$	$\frac{\text{VI-XI}}{6}$	$\frac{\text{XII-II}}{3}$
Степова зона	$\frac{\text{II-IV}}{3}$	$\frac{\text{V-XI}}{7}$	$\frac{\text{XII-I}}{2}$

Для визначення середньомісячних витрат стоку слід користуватись співвідношеннями

$$Q_{p(i)} = \frac{12Q_p \cdot y(i)}{100} \quad (3.1)$$

де $y(i)$ - частота стоку (відсотки) i -го місяця (таблиця 3.2).

Підсумки розрахунків по формулі 3.1 записуються в таблицю 3.3, на підставі якої будується гідрограф стоку для середнього та маловодного року (Рис.3.1).

Таблиця 3.2 - Типова схема розподілу (%) річного стоку /4/.

Водність року	По місяцям												По сезонам		
	III	IV	V	VI	VII	VII1	IX	X	XI	XI	I	II	Весна	Літо-осінь	Зима
Район II															
Середній	7,4	44,9	16,3	4,9	2,5	2,2	2,8	2,3	2,7	4,3	5,2	4,8	57,1	33,4	9,5
Маловодний	11,5	38,2	20,3	4,5	2,8	1,9	2,1	2,6	3,1	4,0	4,8	4,2	53,9	37,3	8,8

Таблиця 3.3 - Розрахунок внутрірічного розподілу стоку

р. _____, п. _____.

Водність року	Характеристики	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Весна	Літо-осінь	Зима	Рік	
		Середній P = 50%	%															
	$Q_p, \text{м}^3/\text{с}$																	
Маловодн. P, %	%																	100
	$Q_p, \text{м}^3/\text{с}$																	

Виконанні розрахунки дозволяють встановити величину частки стоку лімітуючого періоду року ($m_{л.с.}$) та частку довгочасності цього періоду ($t_{л.с.}$) у відношенні до річного стоку

$$m_{л.с.} = \frac{U_{л.с.}}{100} \quad (3.2)$$

$$t_{л.с.} = \frac{T_{л.с.}}{12} \quad (3.3)$$

де $U_{л.с.}$ – відсотки лімітуючого сезону (таблиця 3.2).

$T_{л.с.}$ - кількість місяців у сезоні (таблиця 3.1).

Для річок з весняною повинню за лімітуючий період приймають два маловодних сезони: літо – осінь і зиму. При перевазі водоспоживання на сільськогосподарські потреби за лімітуючий сезон приймається літо – осінь, а для енергетики і з метою водопостачання - зима.

При проектуванні відведення надлишкових вод, для боротьби з повенями або при осушенні боліт і заболочених земель за лімітуючий період приймають багатоводну частину року (весну та літо – осінь), а за лімітуючий сезон – самий багатоводний сезон – весну. /3/.

1.4 Розрахунки максимальних витрат води

1.4.1 Розрахунок максимальних витрат стоку весняної повені

При відсутності гідрометричних даних максимальні витрати повені (Q_{mp}) розрахункової імовірності перебільшення ($P\%$) для рівнинних річок, можна обчислити за формулою

$$Q_{mp} = \frac{K_0 \cdot h_{mp} \cdot \mu \cdot F}{(F + 1)^{0.25}} \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \quad (4.1)$$

Параметри формули (4.1.) визначаються у наступній послідовності:

1. Розрахунковий шар сумарного стоку (h_{mp}) повені обчислюються за формулою

$$h_{mp} = h_k \cdot K_F \cdot K_{03} \cdot K_K \cdot K_{mp} \quad (4.2)$$

де h_k - середній багаторічний шар стоку повені (таблиця 1.3),

K_F, K_{03}, K_K - коефіцієнти, які враховують роль площ водозбору, зарегульованість басейну (таблиця 4.1, 4.2, 4.3).

Таблиця 4.1 - Поправочні коефіцієнти до шару стоку повені K_F

Шар стоку повені h_k , мм	Поправочні коефіцієнти K_F при площі водозбору F				
	<10	100	500	1000	>1000
<10	3,0	2,0	1,5	1,3	<u>1,0</u>
Від 10 до 15	3,0-2,5	2,3-1,6	1,6-1,4	1,4-1,2	1,0
Від 15 до 30	2,0-1,5	1,5-1,3	1,4-1,2	1,2-1,1	1,0
Від 30 до 50	1,5-1,0	1,3-1,0	1,2-1,0	1,1-1,0	1,0

Таблиця 4.2 - Поправочні коефіцієнти до шару стоку повені K_{03}

у

Озерність (зарегульованість) f_{03} , %	Коефіцієнт зниження шару стоку повені K_{03}
Від 0 до 2	1,0
Від 2 до 10	<u>0,9-0,8</u>
Більше 10	0,7

Таблиця 4.3 - Поправочні коефіцієнти до шару стоку повені K_K

Ступінь закарстованості басейну, %	Поправочні коефіцієнти K_K
0-50	<u>1,0-0,8</u>
50-100	0,8-0,6

K_{pm} - модульний коефіцієнт шару повені, який обчислюється за формулою

$$K_{pm} = \Phi_{pm} \cdot C_{V(B)} + 1 \quad (4.3)$$

$C_{V(B)}$ - коефіцієнт варіації стоку повені, який обчислюється за формулою

$$C_{V(B)} = C_{V(K)} \cdot K_F \quad (4.4)$$

де - $C_{V(K)}$ - коефіцієнт варіації з таблиці 1.2.

Φ_{pm} - нормоване відхилення від середнього значення ординат біноміальної кривої забезпеченості. Значення цього параметра встановлюється у залежності від величини розрахункової забезпеченості

максимальної витрати (P_m , %) та співвідношенням C_s/C_v по таблиці 2.2.

2. Коефіцієнт дружності повені K_0 обчислюється по таблиці 3.6, залежно від природної зони, до якої належить розрахунковий водозбір, та категорія рельєфу, яка оцінюється співвідношенням

$$\alpha_p = \frac{I}{I_T} \quad (4.5)$$

де I – середній похил водотоку (таблиця 1),

I_T – типовий похил водотоку, що визначається за виразом

$$I_T = \frac{25}{\sqrt{F+1}} \quad (4.6)$$

Таблиця 4.4 - Значення коефіцієнту α_p при оцінці категорії рельєфу

$\alpha_p = \frac{I}{I_T}$	Категорія рельєфу
$\alpha_p > 1.0$	I
$\alpha_p < 1.0$	II

Таблиця 4.5 - Значення параметру дружності повені K_0

Природна зона	Параметр K_0 при категорії рельєфу		
	I	II	III
Лісостепова та степова зони України	0.020	0.015	0.012

3. Значення коефіцієнту (μ), який враховує невідповідальність статистичних параметрів шару стоку та максимальної витрати повені, вибирається з таблиці 4.7 залежно від розрахункової імовірності перебільшення максимальної витрати та природних умов водозбору.

Таблиця 4.6 - Значення коефіцієнтів μ /б/.

Природна зона	Імовірність перебільшення P_m , %					
	0,1	1	3	5	10	25
Лісостепова та степова зони України:						
при $F \geq 200 \text{ км}^2$	1,05	1,00	0,96	0,94	0,92	0,97
при $F < 200 \text{ км}^2$	1,10	1,00	0,98	0,87	0,78	0,64

4. Коефіцієнт δ_1 , який враховує зниження максимальної витрати повені від регулюючого впливу озер та водосховищ, визначається за формулою

$$\delta_1 = \frac{1}{1 + cf_{oz}} \quad (4.7)$$

де f_{oz} - середньозважений коефіцієнт озерності (зарегульованості) водозбору в % (таблиця 1),

c - коефіцієнт, величина якого залежить від середнього шару стоку повені (таблиця 4.8).

5. Коефіцієнт δ_2 врахування впливу боліт і лісів обчислюється за формулою

$$\delta_2 = 1 - 0,8 \lg(1 + 0,05f_l + 0,1f_b) \quad (4.8)$$

де f_l - залісеність водозбору в (таблиця 1),

f_b - заболоченість водозбору в (таблиця 1).

Таблиця 4.7 - Підсумки розрахунків максимальної витрати води весняної повені р. _____ п. _____ при $n = 0,25$, $C_S = 2C_{V(B)}$, $P_m =$

F км ² .	По таблиці 1.3		Поправочні коефіцієнти				K_{pm}	h_v мм	I_T	α_p	K_o	$(F+1)^{1/4}$	μ	δ_1	δ_2	Q мр м/с	
	h_k мм	$C_V(k)$	K_F	K_{O3}	K_K	K_{Fn}											

1.4.2 Розрахунок максимальних витрат дощового паводку

Для розрахунку максимальної витрати дощового паводку застосовується формула

$$Q_{mp} = A_{1\%} \cdot \varphi \cdot N_{1\%} \cdot \delta_I \cdot \lambda_p \cdot F \quad (4.9)$$

Параметри формули (4.9) визначаються у послідовності:

1. Максимальний добовий шар опадів $N_{1\%}$ ймовірністю перебільшення 1% визначається за таблицею 1.2.

2. Коефіцієнт паводочного стоку φ визначається за таблицею 4.11, у залежності від характеру ґрунту-почви, добового шару опадів $N_{1\%}$ та площі розрахункового басейну.

3. Максимальний модуль стоку $A_{1\%}$ обчислюється в залежності від гідроморфологічної характеристики русла за таблицею 4.12.

Величина Φ_p обчислюється за формулою

$$\Phi_p = \frac{1000 L}{9I^{1/3} \cdot F^{1/4} \cdot (\varphi \cdot N_{\%})^{1/4}} \quad (4.10)$$

де L - довжина головного водотоку (таблиця 1),

I - похил головного водотоку (таблиця 1),

F - площа водозбору.

2. Значення перехідного коефіцієнта λ_p , який враховує умови розрахунків максимального стоку різної імовірності перебільшення, визначається за таблицею 4.13.

3. Коефіцієнт δ_I , Яким враховують регулюючий вплив озер та водосховищ на максимальні витрати води, визначають за пунктом 3.1,

тобто
$$\delta_I = \frac{1}{1 + cf_{оз}} \quad (4.11)$$

Підсумки розрахунків максимальних витрат дощових паводків зводяться в таблицю 3.14.

Таблиця 4.8 - Підсумки розрахунків максимальної витрати води дощового паводку

F , км ²	$f_{оз}$, %	L , км	I , %	$H_{1\%}$, мм	φ	$(\varphi \cdot H_{1\%})^{1/4}$

Φ_p	$A_{1\%}$	λ_p	$\varphi \cdot H_{1\%}$, мм	δ_I	Q_{mp} , м ³ /с

1.4.3 Визначення об'ємів стоку весняних повеней і дощових паводків

Об'єм стоку повені обчислюється за рівнянням

$$W_{mp} = h_{mp} \cdot F \cdot 10^3 \quad (4.12)$$

Об'єм стоку дощового паводку обчислюється за рівнянням

$$W_{mp} = h_{1\%} \cdot F \cdot \lambda_p \cdot 10^3 \quad (4.13)$$

де $h_{1\%}$ - шар стоку імовірності перебільшення $P = 1\%$ (таблиця 1.3.)

Таблиця 4.9 - Підсумки обчислення характеристик повеневих і дощових вод

Паводок	Q_{mp} , м ³ /с	W_{mp} , млн.м ³	Прийняті до розрахунків	
			Q_{mp} , м ³ /с	W_{mp} , млн.м ³
Від повеневих вод				
Від дощових вод				

Розділ 2 Водогосподарські розрахунки

2.1 Побудування батіграфічних характеристик водосховища

Ціллю водогосподарських розрахунків є визначення розмірів водосховища та встановлення режиму його роботи. Розміри водосховища визначаються нормативними рівнями та об'ємами. Основними складовими частинами місткості водосховища є: мертвий, корисний та регулюючий об'єми.

Мертвий об'єм ($V_{мо}$) - незпрацьовуєма у нормальних умовах експлуатації частина місткості водосховища, розташована нижче рівня найбільш можливого спрацювання (опорожнення) - рівня мертвого об'єму (РМО). Мертвий об'єм має велике практичне значення, хоч і не приймає участі у регулюванні стоку.

Робочий або корисний об'єм ($V_{к}$) - частина місткості водосховища, яка використовується для регулювання стоку, розташовується між РМО і нормальним підпірним рівнем (НПР). Мертвий і корисний об'єм разом становлять повний об'єм водосховища ($V_{п}$).

Форсований (регулюючий) об'єм ($V_{ф}$, $V_{рег}$) - частина місткості водосховища, яка тимчасово заповнюється і використовується для зниження ("зрізки") високих паводкових і повеневих витрат і необхідна для зменшення розмірів водоскидних споруд. Регулюючий об'єм розташований між НПР і максимальним підпірним рівнем (МПР).

Усі характерні об'єми і рівні зв'язані між собою. Об'єми є вихідними величинами для призначення характерних рівнів, котрі визначаються за батіграфічними кривими.

Вихідними даними для побудови батіграфічних характеристик водосховища є топографічний план місцевості, по якому методом планіметрування площ між горизонталями встановлюються площі водного дзеркала водосховища при заданих рівнях наповнення.

У таблиці 5.1 надаються площі водного дзеркала водосховища при заданих рівнях його наповнення.

Таблиця 5.1- Дані для побудови батіграфічних характеристик водосховища.

Варіант	Значення площі водного дзеркала (млн.м2) при горизонті води (м)										
	0,1	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36
2,3	20	22	24	26	28	30	34	38	42	46	50
4,5	30	32	34	36	38	40	44	48	52	56	60
6,7	40	42	44	46	48	50	54	58	62	66	70
8,9	50	52	54	56	58	60	64	68	72	76	80
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
18	0	0,03	0,06	0,11	0,18	0,3	0,46	0,8	2	4	6

Розрахунок батіграфічних характеристик виконується в табличній формі (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2. Розрахунок батіграфічних характеристик водосховища

на р. _____, п. _____

Відмітка рівня, м	Площа водного дзеркала млн. М ³		Різниця відміток ΔH , м	Об'єм водосховища млн. М ³		Середня глибина h_{CP} , м
	ω	$\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$		ΔV_i	V_i	
1	2	3	4	5	6	7

За даними таблиці 5.2. будуються криві залежностей (Рис. 5.1):

$\omega = f(H)$ - крива площ (графи 1,2),

$V = f(H)$ - крива об'ємів (графи 1,6),

$h_{CP} = f(H)$ – крива середніх глибин (графи 1,7).

2.2 Розрахунок мертвого об'єму і відповідного йому рівня водосховища

При розрахунках об'єму замулення необхідно розв'язати коло питань серед яких одним із основних є оцінка строку служби водосховища, тобто періоду літ (років) протягом якого відбудеться повне або часткове замулення його наносами. Допустимий строк замулення малих водосховищ складає приблизно 50 років, а крупних водосховищ – 200 років.

При розрахунках використовується рівняння седиментаційного балансу, по якому визначається різниця між припливом наносів P_0 і виносом їх у нижній б'єф $W_{сб}$, тобто встановлюється акумуляція наносів у водосховищі за вибраний строк його експлуатації.

Для вирішення цих питань необхідно мати такі вихідні дані:

1. Відомості про рідкий стік (приплив) у водосховище.
 - а) норму річного стоку W_0 ;
 - б) річний стік розрахункової імовірності перебільшення W_p .
2. Батиграфічні характеристики водосховища:
 $\omega = f(H)$; $V = f(H)$; $h_{лср} = f(H)$
3. Відомості про стік завислих і рухомих (донних) наносів та їх гранулометричний склад.

Розрахунок стоку завислих і рухомих наносів при відсутності даних гідрометричних спостережень виконується по регіональним залежностям. Вага середнього багаторічного стоку завислих наносів P_0 обчислюється за формулою:

$$P_0 = p_0 \cdot W_0 \cdot 10^3, \text{ тон за рік} \quad (6.1)$$

де p_0 - середня багаторічна мутність води

Для приблизної оцінки ваги річного стоку рухомих (донних) наносів

рекомендується використовувати принцип їх часткового визначення з відомого стоку завислих наносів через співвідношення:

$$P_p = K_p \cdot P_0, \text{ тон за рік} \quad (6.2)$$

де: P_p - вага річного стоку рухомих наносів;

K_p - частка рухомих наносів.

Для приблизної оцінки частки наносів, які утворюються від деформації берегової зони водосховищ України, використовуються рекомендації /2/, згідно з якими їх загальний річний об'єм складає 10% від стоку завислих наносів P_0 . Таким чином, вага загального річного стоку наносів, які потрапляють у водосховище, складається зі стоку завислих P_0 , рухомих наносів P_p і наносів від переробки берегової зони:

$$P_H = P_0 [1 + (K_p + 0,1)], \text{ тон за рік} \quad (6.3)$$

Частина завислих наносів не встигає осісти на дно водосховища і проноситься через нього транзитом. Вона враховується коефіцієнтом δ і складає приблизно 30% від завислих наносів. З урахуванням цього загальна вага наносів буде

$$P_H = P_0 + K_p P_0 + 0,1 P_0 - 0,3 P_0 = P_0 (1 + K_p + 0,1 - 0,3) = P_0 (0,8 + K_p) \quad (6.4)$$

Окрім того на дні водосховища відкладаються органічні частини, які утворюються при відмиранні рослинності та тваринних організмів. Їх доля складає біля 10% від завислих наносів ($0,1 P_0$). Кінцево маємо

$$P_H = P_0 (0,9 + K_p) \quad (6.5)$$

Об'єм замулення водосховища за рік експлуатації буде рівний

$$V_3 = P_H / \gamma, \quad (6.6)$$

де γ - щільність наносів,

Тоді мертвий об'єм водосховища за розрахунковий період експлуатації N років можна визначити по формулі

$$V_{MO} = V_3 \cdot N, \quad \text{млн.м}^3 \quad (6.7)$$

У цілому загальний об'єм акумуляції наносів, при якому водосховище буде ефективно експлуатуватись, повинен відповідати нерівності

$$V_C \leq V_3 \cdot N \leq 0,5 W_P, \quad (6.8)$$

де V_C – санітарний об'єм водосховища, який забезпечує санітарні і технічні якості води при середньої його глибині 2-2,5 м.

$V_3 \cdot N$ - об'єм замулення водосховища за N років, який не повинен перебільшувати половину річного стоку розрахункової імовірності $0,5 W_P$.

Якщо V_{MO} перебільшує $0,5 W_P$, за остаточний мертвий об'єм потрібно приймати об'єм замулення з умови нерівності (6.8), тобто $V_{MO} = 0,5 W_P$, або $V_{MO} = V_C$.

Таблиця 5.3. Підсумки оцінки параметрів замулення і санітарно-технічних вимог водосховища на р. _____ біля п _____

Площа водозбору, F км ²	Щільність ярів γ км/км ²	Щільність наносів, γ _{отл} т/м ³	Мутність води, P ₀ кг/м ³	Загальний стік наносів, W тон за рік	Санітарний об'єм, тон за рік	Об'єм річного стоку, млн. м ³	Розрахунковий об'єм замулення, млн. м ³	Термін служби водосховища, роки	Мертвий об'єм, млн.м ³	РМО, млн. м ³

Рівень мертвого об'єму визначають по батиографічним кривим (Рис. 5.1).

2.3 Розрахунок втрат води з водосховища

2.3.1 Визначення втрат води на випаровування

Для водойм з площею водної поверхні $\omega \leq 5 \text{ км}^2$ величина шару додаткових втрат визначається за рівнянням:

- для середнього по водності року

$$E_d = E_v - x_0 (1 - \alpha_c), \quad \text{мм./рік} \quad (7.1)$$

- для маловодного року

$$E_d = E_v \cdot K_{(100-p)} - x_0 \cdot K_{px} \cdot (1 - \alpha_c), \quad \text{мм./рік} \quad (7.2)$$

Розрахунок основних параметрів які входять до рівняння (7.1) і (7.2) виконуються у такій послідовності:

1. Величина середнього шару випаровування з водної поверхні E_v встановлюється за формулою:

$$E_v = E_{20} \cdot K_h \cdot K_\omega \cdot K_3, \quad \text{мм./рік} \quad (7.3)$$

де E_{20} - середній багаторічний шар випаровування з водної поверхні випарувального басейну площею 20 м^2 . Визначається по спеціальним картам ізоліній, які дають в середньому такі значення (таблиця 7.1).

K_h - поправочний коефіцієнт на глибину водойм. Для степової зони України, значення K_h змінюється від 1 до 0,96.

K_ω - поправочний коефіцієнт на розмір площі. Для степової зони півдня України приймається рівним 1,0.

K_3 -- поправочний коефіцієнт на захищеність водоймища від вітру, якій визначається у залежності від співвідношення.

$$K_3 = f\left(\frac{H_{np}}{L_{cp}}\right) \quad (7.4)$$

де H_{np} – середня висота природних перешкод, значення якої для рівнинних водосховищ приймається 20-50 м (у середньому 37м);

L_{cp} - середня довжина розгону повітряного потоку над водоймищем, яка може бути визначена за формулою:

$$L_{cp} = \sqrt{\frac{4\omega_p}{\pi}} \quad (7.5)$$

де ω_p – розрахункова площа водного дзеркала, яка відповідає прийнятій середній глибині 5 м і визначається за батіграфічною характеристикою водосховища.

2. Розмір середньо-багаторічного шару атмосферних опадів x_0 визначається за даними багаторічних спостережень.

3. Для оцінки забезпечених значень випаровування з водної поверхні і відповідних значень шарів опадів, які входять у формулу (7.2), необхідно використовувати середні статичні характеристики. Дослідження показують, що коефіцієнт варіації випаровування C_{Ve} для степових і лісостепових районів України в середньому дорівнює 0.1, а коефіцієнт асиметрії C_{Se} близький до нуля. Для атмосферних опадів $C_{Vx} = 0.2$, а $C_{Sx} = 2C_{Vx}$. Значення коефіцієнтів K_{Px} і $K_{(100-P)}$ визначаються за таблицею 7.4.

4. Значення коефіцієнту a_c із схилу річкової долини визначається за таблицею 7.5.

Таблиця 5.4. Значення коефіцієнтів K_{px} і $K_{(100-p)}$

Розрахункова забезпеченість опадів і стоку P , %	Модульний коефіцієнт опадів K_{px} при $C_{vx} = 0,2$	Розрахункова забезпеченість випаровування $(100-P)$, %	Модульний коефіцієнт випаровування $K_{(100-p)}$ при $C_{vx} = 0,1$
95	0,70	5	1,16

Таблиця 5.5. Значення коефіцієнта стоку α_c

Номер варіанту	Характеристика схилів	α_c
18	Схили з середнім похилом 90-100 ‰	0,06

Підсумки розрахунків річного шару додаткових втрат на випаровування за формулами (7.1) і (7.2) зводяться у таблицю 7.3

Таблиця 5.6 Підсумки розрахунків E_d

Середня глибина, м	Площа водного дзеркала, м	Висота перешкод $H_{прМ}$	\overline{E}_{20} мм	K_h	K_3	X_0 мм	K_{px}	$K_{(100-p)}$	α_c	E_d мм	
										За формулою (7.1)	За формулою (7.2)

Внутрірічний розподіл випаровування з водної поверхні встановлюється за районованими схемами, які характеризують, для окремих географічних зон, частку (%) випаровування по місяцям року. Визначив за формулою (7.2) першу складову $E_B K_{(100-p)}$ яка дорівнює розрахунковому шару випаровування з водної поверхні водойми для маловодного року і оцінюючи за типовою схемою (таблиця 7.7) відсоток випаровування Z_i , за конкретний місяць року, обчислюємо шар випаровування з водної поверхні за формулою:

$$\left[E_B K_{(100-p)} \right]_i = \frac{E_B K_{(100-p)} \cdot Z_i}{100} \quad (7.6)$$

Таблиця 5.7. Типові схеми розподілу випаровування з поверхні водоєм Z_i , та атмосферних опадів Y_i по місяцям, у %.

Місяці	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	За рік
Випаровування Z_i , %	3	6	13	17	20	19	13	7	2	100
Опади Y_i , %	7	8	12	18	15	12	10	8	10	100

Аналогічним чином виконується розрахунок другої складової рівняння водного балансу (7.2), яка дорівнює випаровуванню з поверхні суші тої частини водозбору, яка згодом буде затоплена.

$$\left[x_0 K_{px} (1 - a_c) \right]_i = \frac{\left[x_0 K_{px} (1 - a_c) \right] \cdot Y_i}{100} \quad (7.7)$$

де Y_i - частка опадів і-го місяцю у % від річних (таблиця 7.4 [2]).

Підсумки розрахунків додаткових втрат на випаровування для маловодного року з використанням формул (7.6) і (7.7) проводимо у табл. 7.8.

Таблиця 5.8. Розподіл додаткових втрат на випаровування для маловодного року % забезпеченості з водосховища на р. _____ у п. _____

Характеристики розрахунків	Місяці									За рік
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
$\left[E_B K_{(100-p)} \right]$										
$\left[x_0 K_{px} (1 - a_c) \right]$										
$E_{ді}$										

2.3.2 Визначення втрат на фільтрацію

При розрахунках фільтраційних втрат води з водосховища належить використовувати рекомендації /3, 4/, згідно з якими втрати приймаються у % від розрахункового об'єму води у водосховищі. Оцінка втрат води здійснюється у залежності від гідрогеологічних умов водосховища (таблиця 7.9).

Таблиця 5.9. Нормативні рекомендації для приблизної оцінки втрат на фільтрацію води з водосховища.

Номер варіанту	Характеристика гідрогеологічних умов водосховища	Частка втрат у % від об'єму за місяць	Частка втрат у % від об'єму за рік
18	Середньоводонепронекнені ґрунти (суглинки, супеси). Рівні ґрунтових вод у зоні підпору (середні умови)	1-1,5	10-20

2.4 Розрахунок водосховища сезонного регулювання стоку

2.4.1. Розрахунок сезонного регулювання стоку при заданому графіку водоспоживання (попередній розрахунок без урахування втрат)

Розрахунок сезонного регулювання стоку передбачає рішення основних задач:

1. Встановлення тактності в роботі водосховища.
2. Визначення корисної місткості водосховища.
3. Визначення моменту спорожнення водосховища.
4. Розрахунок величині скидних об'ємів з водосховища.
5. Визначення повного об'єму водосховища.

Для рішення цих задач необхідно мати наступні вихідні дані:

1. Розмір середньої річної витрати води розрахункової забезпеченості регулювання (пункт 2.2).
2. Типову модель внутрірічного розподілу стоку для маловодного року

(таблиця 3.3).

3. Батіграфічну характеристику водосховища (малюнок 5.1).
4. Величину мертвого об'єму водосховища (таблиця 6.4).
5. Розрахункову величину шарів додаткових втрат на випаровування (таблиця 7.8).
6. Нормативні дані з оцінки втрат на фільтрацію (таблиця 7.9).
7. Середні витрати корисного водоспоживання, які визначаються при умові повного використання стоку маловодного року:

$$Q_p = \varphi_n \cdot q_{\text{нетто}} \quad (8.1)$$

звідкіля

$$q_{\text{нетто}} = Q_p / \varphi_n \quad (8.2)$$

де $q_{\text{нетто}}$ - середня витрата корисного водоспоживання (планова віддача), постійна на протязі року, м³/с.

φ_n - коефіцієнт підсумкових втрат з водосховища, який приймається рівним:

- для I гідрологічного району - 1,30

- для II гідрологічного району - 1,35

Розрахунки регулювання виконують в два прийоми. Спочатку проводять табличний розрахунок без врахування втрат води на випаровування і фільтрацію, а потім розраховують регулювання з урахуванням втрат.

Порядок розрахунку водосховища сезонного регулювання стоку наведений у таблиці 8.1.

В першу графу таблиці записують розрахункові інтервали часу (місяці) починаючи з місяця початку водогосподарського року. У другу і третю графи записують данні по середнім місячним витратам води (таблиця 3.3), а також середні місячні витрати корисного водоспоживання, обчислені за формулою (8.2). Четверта і п'ята графи характеризують об'єми припливу і споживання за розрахункові інтервали часу. Їх значення визначають шляхом побільшування витрат припливу (гр.2) і споживання (гр.3) на кількість секунд у розрахунковому інтервалі часу, який дорівнює $2.63 \cdot 10^6$ секунд. Шоста і сьома графи являють

собою алгебраїчну різницю між об'ємами припливу W_x і об'ємами споживання V_{hx} . Причому, якщо ця різниця позитивна, то вона характеризує надлишок припливу над споживанням (гр.6), а якщо вона негативна, то - недостачу (гр.7). Підсумки розрахунків **ілюструють** хронологічне чергування надлишків і недостач за розрахунковий рік, що дозволяє встановити тактність роботи водосховища. У чергуванні надлишків і недостач зустрічаються два характерні випадки:

- одноктактна робота водосховища;
- двуктактна робота водосховища (з незалежними і залежними тактами).

Аналіз чергування надлишків і недостач необхідно вивчити самостійно за матеріалами лекційного курсу /4/.

Таблиця 5.10 Розрахунок сезонного регулювання стоку без урахування втрат.

$$P = 95\%, \quad V_{\text{мо}} = , V_{\text{кор}} = V_{\text{повн.}} = V_{\text{мо}} + V_{\text{кор}}$$

Місяці	Витрати, м ³ /с		Об'єми, млн..м ³		(W _x -V _{н(x)}),млн..м ³		Об'єми наповнення і скиду за варіантами регулювання 1 варіант	
	Припливу Q _x	Споживання q _н	Припливу W _x	Споживання Припливу Q _x	Надлишки, +	Недостачі, -	V _x V _{н(x)}	R _x
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
Сума								

. Якщо має місце один безперервний період надлишків V і один період недостач з об'ємом d_1 , причому $V_1 > d_1$, то має місце однокітна робота водосховища. У цьому разі

$$V_{кор} = d_1 \quad (8.3)$$

2. Якщо спостерігається два періоди надлишків з об'ємами V_1 і V_2 , та два періоди недостач з об'ємами d_1 і d_2 , то має місце двокітна робота водосховища. Причому

а) якщо $V_1 > d_1$, і $V_2 > d_2$, то водосховище працює за двокітною схемою з незалежними кітками:

$$V_{кор} = d_{max} \quad (8.4)$$

б) якщо $V_1 > d_1$, а $V_2 < d_2$, то водосховище працює за двокітною схемою з залежними кітками:

$$V_{кор} = d_1 + d_2 - V_2 \quad (8.5)$$

У графі 8 ÷ 11 записують підсумки обчислень наповнень V_x і скидів R_x у залежності від прийнятого варіанту регулювання водосховища. Розрізняють два варіанти регулювання. За першим варіантом водосховище наповнюють зразу ж після спорожнення і тримають наповненим весь час, поки приплив перевищує споживання. За другим варіантом водосховище наповнюють у кінці періоду надлишків, тобто намагаються тримати водосховище наповненим як найкоротший час.

Перед початком розрахунків встановлюють момент спорожнення водосховища (при цьому $V_{кор} = 0$), який є вихідним для наступних розрахунків. Згідно з правилами регулювання за момент спорожнення приймається кінець місяця року, який наступає у кінці періоду недостач, які приймають участь при оцінці корисної місткості за рівняннями (8.3 ÷ 8.5). Момент спорожнення водосховища при однокітній роботі буде в кінці періоду недостач. У випадку двокітної роботи при незалежних кітках момент спорожнення буде в кінці більшого за об'ємом періоду недостач, а при залежних кітках - у кінці другого

періоду недостач.

Розрахунок наповнення водосховища по першому варіанту регулювання виконується, починаючи з моменту спорожнення, ходом вперед по календарному часу (надлишки додаються, а недостачі відлічуються) з використанням балансового рівняння.

Урахування втрат води при сезонному регулюванні стоку виконується по методиці, приведеної в /4/. В цьому разі корисний об'єм водосховища, визначений в результаті попереднього розрахунку, необхідно збільшити за рахунок обліку втрат на випаровування і фільтрацію.

2.5 Розрахунки регулювання паводкового стоку водосховища

2.5.1 Вихідні данні і умови розрахунку

При проходженні паводкової хвилі через водосховище здійснюється перерозподіл в часі її витрат і об'ємів. Внаслідок цього зменшується максимальна витрата і збільшується подовженість паводку, тобто проходячи через водосховище паводкова хвиля трансформується. Процес трансформації паводку (або повені) дозволяє зменшити розміри отворів водоскидних споруд і запобігти затопленню на ділянці річки нижче від водосховища.

Розрахунки трансформації паводку водосховища здійснюється шляхом вирішення рівняння водного балансу водосховища, яке зв'язує припливну і витратну частки співвідношенням:

$$(Q_t - q_t) = \pm \frac{dv}{dt} \quad (9.1)$$

де: $Q_t = f(t)$ – ординати гідрографу паводку;

$q_t = f(h)$ - трансформована водосховищем витрата води у створі греблі;

$\frac{dv}{dt}$ - приріст акумулюючого об'єму води за прийнятий інтервал часу dt .

Цей об'єм залежить від рівня наповнення dh і площі водної поверхні водосховища ω , яка є функцією цього рівня $\omega = f(h)$.

Тоді, диференціальне рівняння водного балансу, буде мати вигляд:

$$\omega(h) \frac{dh}{dt} = Q(t) - q(h) \quad (9.2)$$

Точне інтегрування рівняння (9.2) можливе тільки для прямокутного гідрографу паводку. Вирішення рівняння можливо спрощено в кінцевих об'ємах для прийнятих інтегралів часу Δt (години/доба):

$$Q_{\text{ср.}} \Delta t = \frac{Q_H + Q_K}{2} \Delta t \quad (9.3)$$

$$q_{\text{ср.}} \Delta t = \frac{q_H + q_K}{2} \Delta t \quad (9.4)$$

де Q_H , Q_K та q_H , q_K - припливні і складні витрати води на початку і в кінці інтервалу Δt .

Якщо прийняти об'єми акумуляції на початку і в кінці інтервалу Δt рівними V_H і V_K , тоді:

$$V_K = V_H + Q_{\text{ср.}} \Delta t - \frac{q_H + q_K}{2} \Delta t \quad (9.5)$$

Вирішення рівняння (9.5) відносно q_K є основною задачею регулювання стоку паводків і повеней. Для цього необхідно мати наступні вихідні матеріали:

1. Розрахункову модель гідрографу паводку (повені) розрахункової вірогідності.
2. Максимальну витрату води Q_m і об'єм стоку W_m повеневих або дощових вод.
3. Батіграфічну характеристику водосховища.
4. Тип водоскидної споруди.
5. Відмітки НГР і РМО.

2.5.2 Побудування моделі розрахункового гідрографу паводку

Для побудування розрахункового гідрографу паводку користуються спрощено його моделлю у вигляді трикутника. Для побудування такої моделі

необхідно мати:

1. Максимальну витрату води заданої імовірності перебільшення Q_m , м³/с;
2. Об'єм паводкового стоку тій же вірогідності Q_m млн.м³;
3. Розрахункову подовжність паводку T , час і час коли настає максимальна витрата t_n , (Рис. 9.1).

При умові, що Q_m і W_m встановлені в табл.4.15 /1/, подовжність паводку, схематизованого за трикутником, визначиться за співвідношенням:

$$T = \frac{2W_m}{3600 Q_m}, \quad (\text{годин}) \quad (9.6)$$

а час коли настає максимальна витрата або тривалість підйому t_n оцінюється за приблизною формулою.

$$t_n = \frac{1.2L}{V_g}, \quad (\text{годин}) \quad (9.7)$$

тут L - довжина головного водотоку (табл.1/1/);

V_g - розрахункова швидкість руслового добігання хвилі паводку;

$$V_g = 0.4 \cdot I^{1/2} \cdot F^{1/4} \quad (\text{км/год}) \quad (9.8)$$

Маючи основні опорні характеристики Q_m , T , t_n можна побудувати модель гідрографу паводку у прямокутній системі координат, як показано на Рис. 9.1.

2.5.3 Розрахунок максимальної скидної витрати через відкритий водоскид

При використанні формули Д.І.Кочеріна і трикутній формі гідрографів паводку і скидних витрат:

$$q_m = Q_m \left(1 - \frac{V_{\hat{o}}}{W_m}\right), \quad \text{м}^3/\text{с} \quad (9.9)$$

Величина регулюючого форсованого об'єму V_{ϕ} визначається через криву об'ємів, при умові що поріг водоскиду розташований на відмітці НПР при багаторічному регулюванні стоку. Для цього задаємось величиною максимального напору на порозі водоскиду $h_m = 3\text{м}$. При заданому напорі значення форсованого об'єму V_{ϕ} встановлюється за графіком на Рис 5.1. Потім, за рівнянням (9.9) обчислюється максимальна скидна витрата. По встановленій величині q_m і максимальному напорі на порозі водоскиду $h_m = 3\text{м}$, використовуючи рівняння (9.10), обчислюється ширина його порога, яка забезпечує безаварійний пропуск всієї наволочної хвилі:

$$\beta = \frac{g_m}{0,42\sqrt{2gh^{3/2}}} \quad (9.10)$$

Відмітку форсованого паводкового рівня визначають як суму відмітки прийнятого НПР і заданого напору h_m .

Підсумки розрахунків з визначенням максимальної скидної витрати для відкритих водозливів і з затворами зводять у таблицю 5.11

Таблиця 5.11. Підсумки розрахунків основних параметрів регулювання паводкового стоку водосховищем

$$Q_m = _ , W_m = _ , НПР = _ , РМО = _ , h_{нпр} = _$$

Відкритий водозлив при $h_m = 3\text{м}$			
V_{ϕ} , млн.м ³	q_m М ³ /с	В,м	ФПР, м

Література

1. Гідрологічні розрахунки для річок України. Видавництво АНУ, Київ, 1962.
2. Водоп'янов А.П., Полякова В.О. Інженерна гідрологія і регулювання стоку. Методичні вказівки до розрахунково-графічних робіт для студентів очного і заочного навчання за спеціальністю 7.092602 "Гідромеліорація". Ч.І. Херсон, ХДАУ, 2000.
3. Литовченко О.Ф. Інженерна гідрологія та регулювання стоку. Київ, "Вища школа", 1999.
4. Лаликін М.В., Ревера О.З. Гідрологічні та водогосподарські розрахунки. Київ, "Вища школа", 1973.
5. Овчаров Е.Е. и др. Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулирование стока. М. ВО "Агропромиздат", 1988.
6. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик Л., ГМИ, 1984.
7. СНиП 2.01.14 – 83. Определение расчетных гидрологических характеристик.

