

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет

Збірник
методичних вказівок
до практичних занять
з дисципліни
“Водне господарство України”

Одеса – 2004

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет

Збірник
методичних вказівок
до практичних занять
з дисципліни
“Водне господарство України”

Напрямок підготовки – гідрометеорологія
Спеціальність – гідрологія та гідрохімія

“ЗАТВЕРДЖЕНО”
на засіданні методичної
ради університету
протокол № від 2004р.

Одеса – 2004

Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни “Водне господарство України” для студентів спеціальності – гідрологія суші // Обухов Є.В. – Одеса, ОДЕКУ, 2004. - с.

Зміст

Передмова	4
1. Вибір параметрів водосховища	4
2. Розрахунки втрат води із водосховища на випаровування	10
3. Розрахунок сезонного (річного) регулювання стоку табличним способом з урахуванням втрат (брутто)	21
4. Розрахунок сезонного (річного) регулювання стоку (нетто) графічним способом (без урахування втрат)	33
Додатки	39
Література	42

Передмова

Методичні вказівки з дисципліни водне господарство України призначені для студентів гідрологів IV-V курсу денної форми навчання, які виконують розрахунки пов'язані з водогосподарськими розрахунками водосховищ гідровузлів.

Пояснювальна записка розрахункової роботи виконується в учнівському зошиті, курсові та дипломні проекти на стандартних листах паперу (210*297мм), а графічні утворення на міліметровці.

1 Вибір параметрів водосховища

Водосховища - особлива категорія внутрішніх водойм ($V > 1$ млн. м³) із специфічними особливостями водообміну, проточності та сезонних коливань рівня.

На погляд А.Б. Авакяна, великі багатоцільові водосховища, які створені біля ГЕС, необхідно розглядати як **складний системний водогосподарський об'єкт**: склад води; склад гідравлічної енергії; акваторія, яка використовується водним транспортом, рибним господарством і в цілях рекреації; засіб боротьби з повеннями; об'єкт суттєво змінюючий вихідну якість річкової води (в одних випадках поліпшення, в інших - погіршення її показників); об'єкт, який вносить помітні зміни в природу та господарство.

За генезисом (спосіб створення водосховищ) є такі типи водосховищ [13]:

- водосховища в долинах річок, які перегороджені греблями (**річкові водосховища**), і мають видовжену форму;
- зарегульовані озера (**озера-водосховища**), ложем яких є озерні котловини, а форма їх округла або слабо витягнута;
- водосховища змішаного типу (**озерно-річкові**), ложем яких служить частина річкової долини або озерна котловина, яка характеризується вузькою витягнутою пригреблевою ділянкою або озеровидним розширенням в їх центральній частині;
- **наливні** водосховища, які створюються в природних пониженнях місцевості в засушливих районах і заповнюються через канали повеневими і паводковими водами;
- **підземні** водосховища, при створенні яких використовуються підземні порожнечі, наприклад, карстові;
- **морські** водосховища створюються на прибережних ділянках моря - в морських затоках, бухтах, лиманах та естуаріях, які відділені від відкритого моря дамбами.

В залежності від об'єму та площі водної поверхні водосховища бувають такі:

Типи водосховищ	V_n (км ³)	$F_{в.дз.}$ (км ²)
величезні	>50	>5000
дуже великі	50-10	5000-500
великі	10-1	500-100
середні	1-0,1	100-20
невеликі	0,1-0,01	20-2
малі	<0,1	<2

До числа параметрів, які визначають основні розміри водосховищ відносять: **форсований підпертий рівень (ФПР); нормальний підпертий рівень (НПР); рівень мертвого об'єму (РМО); корисний об'єм (V_k) мертвий об'єм (V_m); повний об'єм водосховища, який відповідає НПР ($V_n = V_k + V_m$); площа водної поверхні водосховища при НПР ($F_{нпр}$); площа водної поверхні при РМО ($F_{рмо}$).**

Під НПР розуміють найвищий рівень водосховища, який можуть підтримувати підпірні споруди на протязі довгого часу.

Під РМО розуміють найнижчий рівень, до якого спрацьовується водосховище в процесі нормальної його експлуатації.

Під **корисним об'ємом** водосховища розуміють об'єм, який безпосередньо здійснює регулювання стоку. Він укладається в шарі водосховища висотою $h_{спр}$ (між НПР та РМО).

Мертвий об'єм водосховища не приймає участь в регулюванні стоку, але має велике практичне значення для водосховища (замулення, санітарні умови, мінімальний напір та інше).

При пропуску катастрофічних повеней і паводків допускається короткочасне підвищення рівня води у водосховищі над НПР до відмітки, яку називають ФПР.

Об'єм водосховища, який укладається між ФПР та НПР, називається **форсованим і** використовується для додаткової трансформації катастрофічних максимальних витрат повеней та паводків.

Основні параметри водосховища вибираються на основі топографічних, геологічних, економічних та природоохоронних умов (рис. 1.2)

Топографічні умови визначають площу водного дзеркала, об'єм водосховища, його глибину та інше.

Геологічні умови визначають відмітку НПР та можливу висоту підпірних споруд (гребель).

Під економічними умовами вибору НПР розуміють грошові та матеріальні затрати, які пов'язані з побудовою підпірних споруд, та

компенсацією збитків від затоплення населених пунктів, пром-підприємств, сільськогосподарських та лісних угідь та інше.

За економічними умовами місцеположення водосховищ та їх НПР вибирають виходячи зі зберігання природної рівноваги.

Вибір НПР відноситься до особливо відповідальних задач і здійснюється на основі техніко-економічного зіставлення різних варіантів.

Мертвий об'єм (який не використовується) приймають інколи рівним об'єму, який відводиться під замулення. Якщо цього об'єму буде недостатньо для інших цілей, то передбачають додатковий об'єм. Відмітка РМО також вибирається на основі техніко-економічного розглядання декількох варіантів.

Якщо вибирається НПР, то вибирається і повний об'єм водосховища і максимальний напір на гідровузел, а якщо - РМО, то - корисний об'єм водосховища і мінімальний напір.

Таким чином параметри водосховища є взаємопов'язаними і вибір їх повинен здійснюватися одночасно.

При цьому зміні рівня води в водосховищі H або глибини d в ньому відповідає зміна площі водної поверхні F та об'єму води V . Криву $F = F(H)$ або $F = F(d)$ називають **кривою площі** водної поверхні водосховища, криву $V = V(H)$ або $V = V(d)$ - **кривою об'ємів** водосховища. Обидві ці криві називають батиграфічними характеристиками водосховища.

Елементарні об'єми води між суміжними за висотою горизонталями визначають за спрощеною формулою

$$\Delta V = 0.5(F_i + F_{i+1})(H_{i+1} - H_i) \quad (1.1)$$

де F_i та F_{i+1} - площі водної поверхні, які відповідають рівням води H_i та H_{i+1} .

Об'єм першого від дна шару води в водосховищі визначають за формулою

$$\Delta V_1 = 0,66 F_1 \Delta H_1 \quad (1.2)$$

Повний статичний об'єм водосховища до якої-небудь відмітки H визначають за формулою

$$V_H = \sum_{H_0}^H \Delta V_i, \quad (1.3)$$

де H_0 - значення нижньої горизонталі.

До важливих характеристик водосховища відносять також середню глибину [2, 13]

$$dm_i = V_{ni} / F_i, \quad (1.4)$$

та критерій літоралі (мілководдя)

$$L_{Fi} = FL_i / F_{ni}, \quad (1.5)$$

де F_{ni} та V_{ni} - площа водної поверхні і об'єм води при рівні H_i ; FL_i - площа літоралі, яка відповідає рівню H_i .

Приблизно площу літоралі визначають відніманням із площі водної поверхні водосховища при відмітці H_i площі при відмітці на 2м нижче цього рівня ($H_i - 2$). Критерій площі літоралі змінюється від 1 при $dm_i = 2$ м до значення, яке прямує до нуля зі збільшенням рівня.

Літоралі - частина берегової області озерної улоговини від зони захоплення хвиль при максимальному підйомі рівня до глибини проникання світла.

Для вивчення динаміки водосховищ та процесів, які проходять в них, з'явилася необхідність розглядати питання морфології (і морфометрії) водосховищ.

При цьому до основних морфометричних показників поверхні водосховищ відносяться [11, 12, 13]:

довжина водосховища L - відстань від греблі до місця вклинювання підпору по середній рівновіддаленій від берегів лінії;

середня ширина $V_{ср}$ - частка від ділення площі водного дзеркала $F_{в.дз.}$ на довжину L ;

максимальна ширина $V_{макс}$ - відстань за перпендикуляром до довжини водойми між найбільш віддаленими точками берегів (без врахування глибоко врізаних в сушу заток);

довжина берегової лінії l вимірюється за нульовою ізобатою (урізу води при НПР) від греблі до виклинювання підпору окремо для правого та лівого берега;

площа водного дзеркала поверхні водосховища $F_{в.дз.}$ при різних відмітках ФПР, НПР, РМО - визначається планіметруванням.

До морфометричних показників глибини та об'єму водосховища відносяться також:

максимальна глибина водосховища - визначається за даними промірів глибин або батиметричним картам;

середня глибина - частка від ділення об'єму водної маси V_n на площу $F_{в.дз.}$.

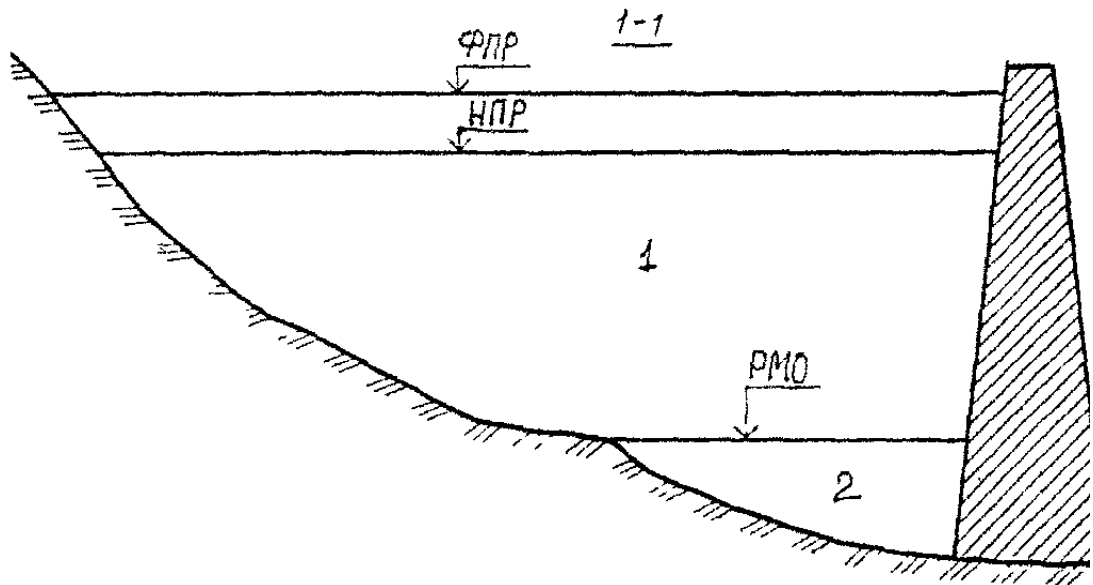
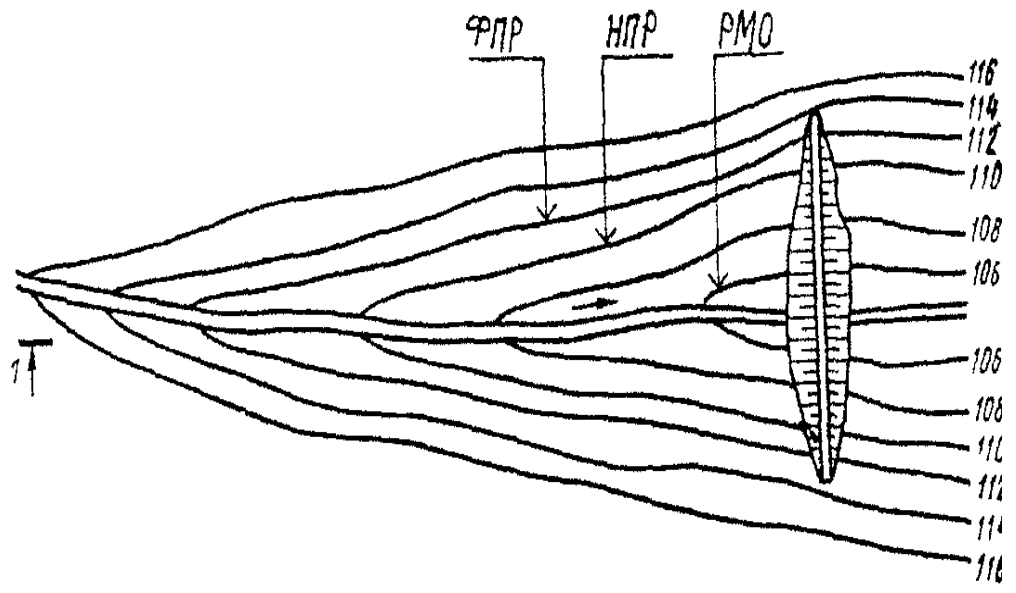


Рис. 1.1 Генплан, продольний переріз гідровузла

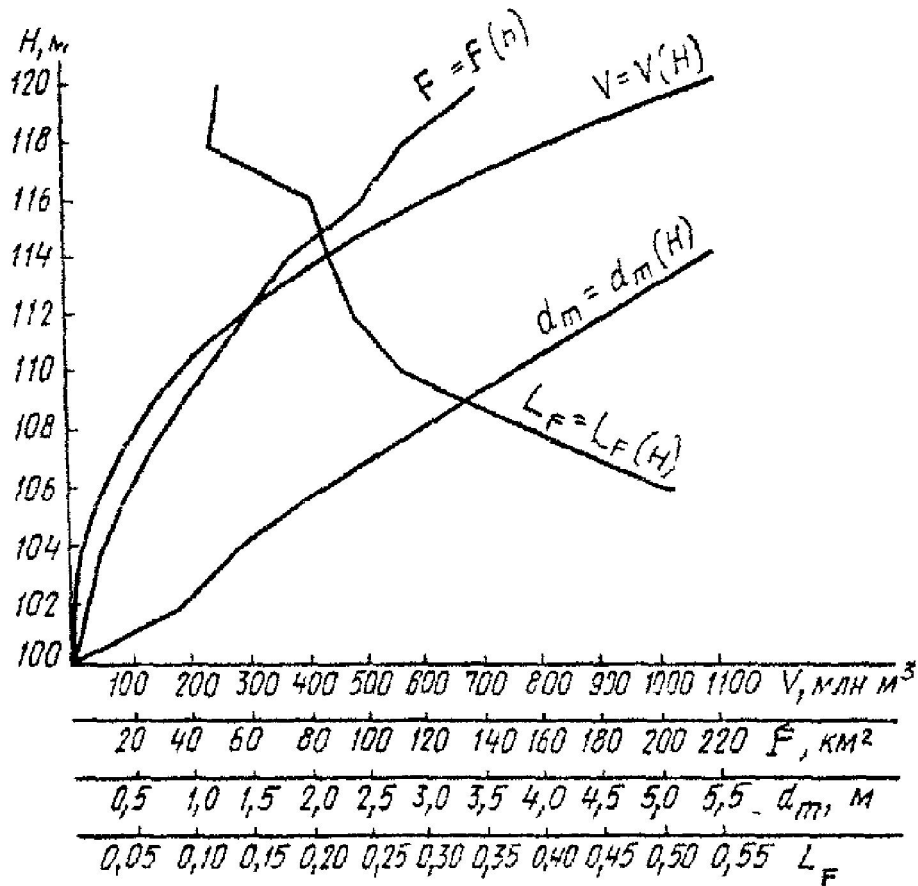
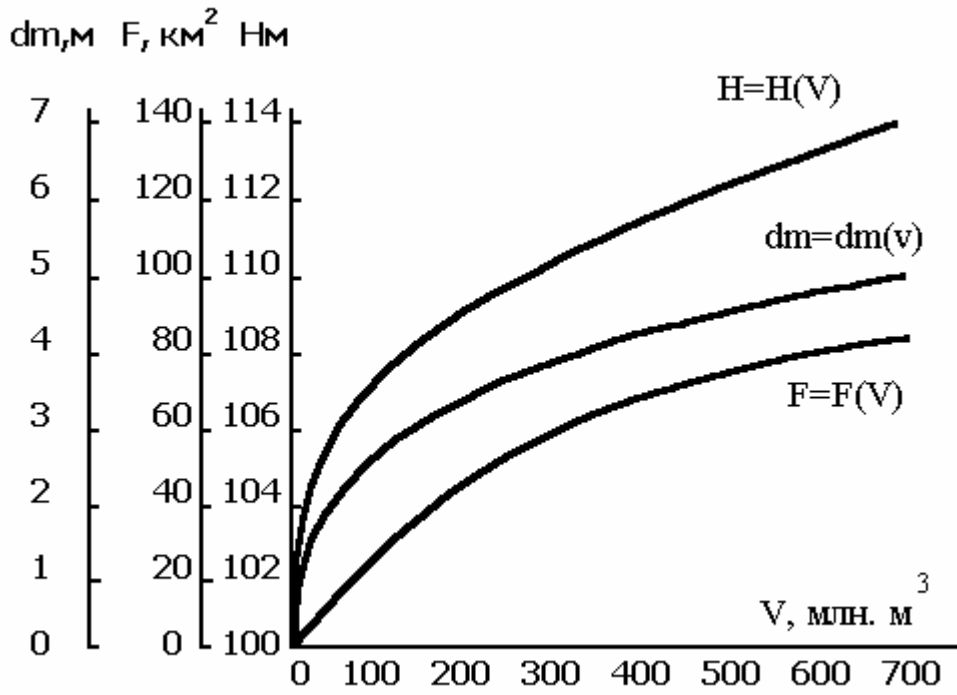


Рис. 1.2 Криві залежності $H=H(V)$, $dm=dm(V)$, $F=F(V)$, $F=F(H)$, $V=V(H)$, $L_F=L_F(H)$

Приклад розрахунків:

Таблиця 1.1 Розрахунок параметрів водосховища

$\nabla, \text{м}$	$F, \text{млн. м}^2$	$F_{\text{ср}} \text{млн. м}^2$	$\Delta h, \text{м}$	$\Delta V, \text{млн. м}^3$	$\Sigma(\Delta V), \text{млн. м}^3$
13	0	0,034	2	0,068	0
15	0,068	0,165	2	0,33	0,068
17	0,262	0,335	2	0,67	0,398
19	0,408	0,485	2	0,97	1,068
21	0,562	0,781	2	1,421	2,038
22	0,859	0,966	2	1,932	3,459
25	1,073				5,391

2 Розрахунки втрат води із водосховища на випаровування

Спорудження та експлуатація ставків та водосховищ в басейнах річок – один із основних факторів господарського впливу на стік. Масове їх будівництво в умовах інтенсивного розвитку водного господарства та максимального використання місцевого стоку, який формується на не великих тимчасових водотоках в короткий весняний період, не тільки змінить водний режим, а і може привести до зменшення сумарних водних ресурсів та їх основних характеристик. Все це проходить передусім за рахунок збільшення випаровування з водної поверхні в порівнянні з випаровуванням з поверхні суходолу до її затоплення. Крім цього, частина стоку витрачається на заповнення мертвого об'єму. Особливо великі ці зміни в зоні нестійкого та недостатнього зволоження, де більша частина стоку, а нерідко і весь місцевий стік, акумулюється штучними водоймами, а потім витрачається на господарські потреби та випаровування.

При розрахунках втрат води на випаровування із водосховища слід розрізняти дійсне та розрахункове випаровування

Водогосподарські розрахунки ведуть за стоковими даними, які одержані в результаті гідрологічних спостережень і відображують водний баланс на водозборі в природних умовах. Оскільки водосховище створюють в межах того ж водозбору, необхідно враховувати зміни у водному балансі на площі, яка зайнята водним дзеркалом, у порівнянні з балансом до створення водосховища.

Ці зміни мають подвійний характер. З одного боку сумарне випаровування з суходолу (випаровування з ґрунту та транспірація рослинності) замінюється випаровуванням з водної поверхні. З другого боку, опади, які випали на суходолі та частково (за виключенням втрат з

суходолу) стекли в річку, після створення водосховища випадають на водне дзеркало і зразу ж повертаються в стік.

Таким чином, зміни, які вносяться водосховищем у водний баланс, виражаються різницею кількості води, яка в минулому надходила у вигляді стоку з затопленої частини водозбору, та кількості води, яка надходить через водну поверхню створеного водосховища.

В загальному об'ємі втрат річного стоку під впливом ставків та водосховищ основну долю складають втрати річкового стоку на додаткове випаровування, яке в практиці проектування іменується розрахунковим.

Шар розрахункового випаровування можна обчислити за одною із формул [7]:

$$E_d = E_v - E_c \quad (2.1)$$

$$E_d = E_v - X - Y_c \quad (2.2)$$

Де E_v - середній шар випаровування з поверхні води (мм);

E_c – середній шар випарювання з суходолу (мм);

X - середній шар опадів на дзеркало штучної водойми (мм);

Y_c – середній шар стоку з ділянки водозбору, яка затоплена при наповненні водойми (мм).

За наявності матеріалів спостережень опади та випаровування обчислюють за даними метеорологічних станцій, які розташовані в районі досліджуваного водозбору, а за їх відсутністю – за нормативними документами або регіональними картами.

Стік з території, яка відведена під чашу водосховища, визначається у відповідності з БН або використовуючи довідники.

Випаровування з водної поверхні E_v можна визначити за розрахунковою формулою ДПІ, яка одержана Б. Зайковим, О.Браславським та З. Вікулиною [6].

Випаровування з поверхні суходолу обчислюють методами водного або теплового балансу, за температурою та вологістю повітря [6]. За відсутністю даних спостережень коефіцієнт варіації випаровування з водної поверхні в залежності від зони приймають $C_v = 0.12 - 0.19$ (коефіцієнт асиметрії дорівнює нулю), а C_v випаровування з суходолу дорівнює $0.03 - 0.05$. Все це значно менше мінливості розрахункового випаровування ($C_v=0.35-1.8$) [6].

Розрахункову забезпеченість випаровування з водної поверхні приблизно обчислюють як доповнення до 100% забезпеченості річкового стоку [6], тобто:

$$P=100 - p \quad (2.3)$$

де p – розрахункова забезпеченість стоку.

Зворотній зв'язок забезпеченості стоку та випаровування з водної поверхні пояснюється тим, що в роки з несприятливими для стоку умовами (висока температура повітря, невелика кількість опадів) умови для випаровування з водної поверхні, навпроти, дуже сприятливі [7].

Шар розрахункового випаровування заданої по стоку забезпеченості буде дорівнювати [7] :

$$E_{д.р} = E_{в, 100-p} - X_p + U_{с.р}. \quad (2.4)$$

Високе випаровування з водної поверхні $p=25\%$ та невелике випаровування з суходолу $p=75\%$ відповідають розрахунковій забезпеченості зрошення [1] .

Якщо неможливо виконати такий розрахунок за відсутності необхідних вихідних даних або при розробці питань водного господарства на попередніх стадіях проектування висота середнього шару випаровування з водної поверхні приймається за картами ізоліній [1.2]

В межах України випаровування з водної поверхні в більшості перевищує випаровування з суходолу. На півночі ця різниця в середні за водністю роки досягає 100-120, на півдні 400-500 мм , та збільшується в маловодні роки відповідно на 150-250 та 250-700 мм [7]. В дуже зволоженій місцевості Прикарпаття та Закарпаття спостерігається зворотнє: випаровування з суходолу перевищує випаровування з водного дзеркала.

Величина $(X-E_{в})$ в областях з вологим кліматом позитивна, тобто опадів на водойму випадає більше, чим випаровується з його поверхні. В засушливих областях навпаки, ця величина від'ємна, тобто опадів менше чим випаровувань.

Величина $E_{д}$ для південних районів позитивна. При цьому після спорудження водосховища, з площі, яка покрита водою, надійде менше води, чим з той же площі до його спорудження, тобто водна поверхня в південних районах втрачає води більше, чим той же простір суходолу до затоплення.

Величина $E_{д}$ представляє собою шар додаткового розрахункового випаровування після створення водного дзеркала і являється предметом розрахунку при проектуванні підпірних споруд.

Для території України у 1966р побудовані карти різниці випаровування з водної поверхні та опадів $E_B - X$ та 1985р різниці величин випаровування з водної поверхні та суходолу $E_B - E_c$ (рис. 2.1) [7].

Для визначення шару розрахункового випаровування з штучних водойм в маловодні та дуже маловодні роки (забезпеченості 75% та 95%) також побудовані карти [7].

О. Огієвський пропонує визначати середні втрати (мм) на додаткове (розрахункове) випаровування з поверхні водойм за формулою [6]:

$$E_d = E_B - X(1 - \alpha_c) \quad (2.5)$$

де α_c – коефіцієнт стоку зі схилів та річної долини, які затоплені водосховищем:

$$(1 - \alpha_c) = \beta_c$$

Коефіцієнти α_c та β_c залежать від умов стоку та визначаються за таблицею 2.1 (над рискою α_c , під рискою β_c).

Таблиця 2.1 Значення α_c та β_c

Характеристики умов стоку	Значення α_c та β_c для сезонів року			Рік (окрім зими)
	весна	літо	Осінь	
Пісчана заплава або заплава із інших легкопроникних порід, які заросли травою та рідким чагарником	0.20	0.05	0.10	0.1
	0.8	0.95	0.90	0.90
Глиняні, кам'янисті та інші слабопроникні породи за наявності значних ухилів	0.80	0.40	0.60	0.60
	0.20	0.60	0.40	0.40
Середні умови	0.50	0.20	0.40	0.35
	0.50	0.80	0.60	0.65

Розрахунковий шар втрат на випаровування визначеної забезпеченості (мм) V . І. Мокляк рекомендує обчислювати за формулою [1,6]:

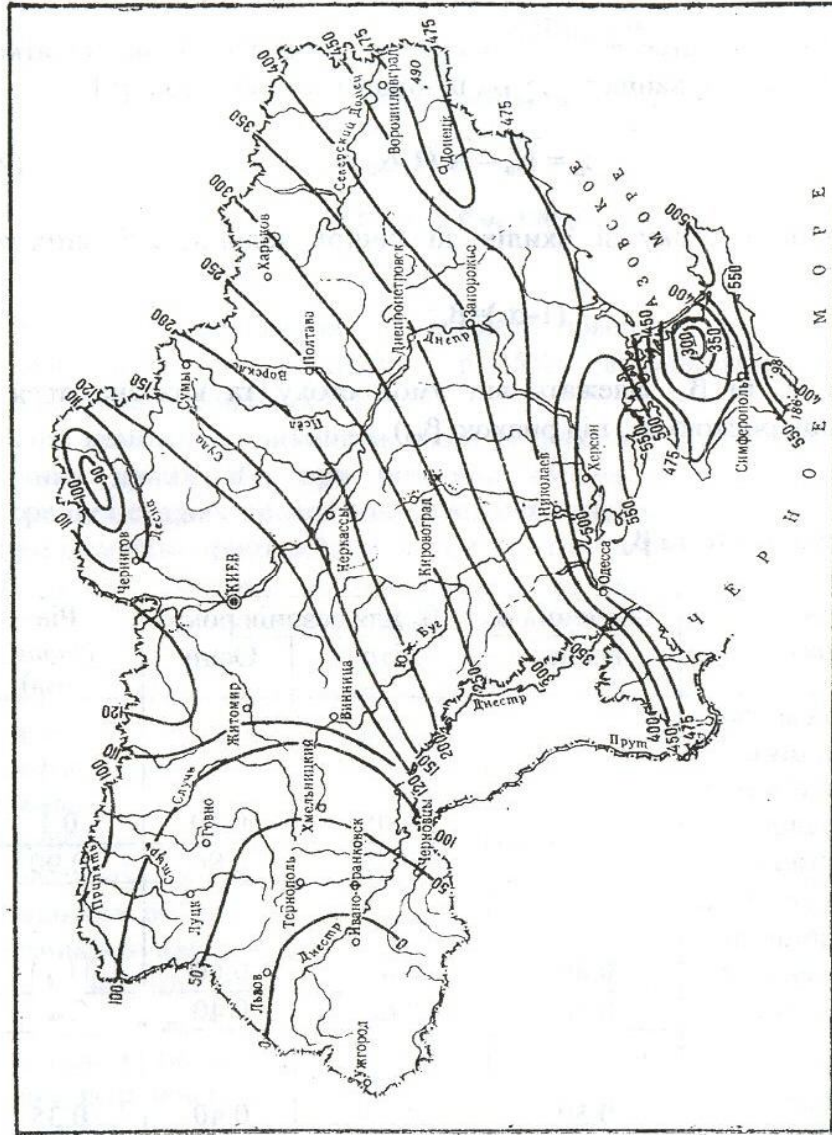


Рис. 2.1 Середнє багаторічне додаткове випаровування з поверхні ставків та малих водосховищ за безльодоставний період, мм.

Таблиця 2.2 Внутрішньорічний (%) розподіл додаткового випаровування в Україні

Область	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Сумська	-	-	18	20	21	22	17	2
Київська	-	-	15	21	25	25	14	-
Одеська	1	5	12	16	23	24	14	5
Хмельницька	-	-	16	18	23	24	19	-
Житомирська	-	-	16	17	25	25	17	-
Дніпропетровська	-	4	16	19	22	23	14	2
Чернігівська	-	-	11	21	26	26	16	-
Рівненська	-	-	17	20	26	25	12	-
Волинська	-	-	12	21	28	25	14	-
Вінницька	-	-	17	20	25	25	13	-
Львівська	-	-	-	-	-	-	-	-
-Броди	-	-	16	18	21	27	18	-
-Рава-Руська	-	-	16	18	28	28	10	-
-Самбор	-	-	9	7	23	29	27	5
Кіровоградська	-	-	-	-	-	-	-	-
-Гайворон	-	5	17	18	21	22	14	3
-Помошна	-	4	16	19	20	21	16	4
Харківська	-	-	-	-	-	-	-	-
-Ізюм	-	-	17	18	21	24	16	4
-Комсомольське	-	-	20	21	22	23	12	2

$$E_p = K_{100-p} E_v - K_p X (1-\alpha_c) \quad (2.6)$$

де K_{100-p} – модульний коефіцієнт випаровування розрахункової забезпеченості з водної поверхні [2];

E_v – середній шар опадів розрахункової забезпеченості, мм [1, 2];

K_p – модульний коефіцієнт шару опадів розрахункової забезпеченості.

X – середній шар опадів (мм).

α_c – коефіцієнт стоку зі схилів та річної долини, які затоплені водосховищем.

За відсутністю спостережень за опадами приймають [6] $C_{v_x} = 0.25$, $C_{s_x} = 2C_{v_x}$

Для зимового періоду втрати на додаткове випаровування з водної поверхні не обчислюють.

Втрати на додаткове випаровування з водної поверхні можуть мати від’ємне значення не тільки зимою, а і літом, коли водосховище затоплює заболочену місцевість, яка покрита рослинністю, бо випаровування з неї може перевищити випаровування з водної поверхні.

Внутрішньорічний розподіл розрахункового випаровування вивчено недостатньо. В необхідних випадках за картою (рис. 2.1) визначають норму розрахункового випаровування, а за табл. 2.2 орієнтовно розраховують розподіл її за місяцями в безльодоставний період [7].

Якщо водне дзеркало річки дуже мале у порівнянні з поверхнею водойми, то розрахунок об’єму втрат стоку на додаткове випаровування проводять за формулою:

$$\Delta W_d = E_d f_v 10^{-3} \quad (2.7)$$

де ΔW_d – об’єм втрат стоку на додаткове випаровування (млн. м³);

E_d – шар додаткового випаровування за місяць (мм);

f_v – площа водного дзеркала (км²).

Приклад

Вхідні дані, (додаток 2.1)

1. Назва водосховища та річка - Бельбекське на р. Бельбек.
2. Область – Кримська.
3. Таблиця 2.3 Об’єми та площі водного дзеркала водосховища

Z, м	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
F, км ²	0	0,08	0,22	0,68	0,96	1,04	1,2	2,4	3,26	4,42	4,92
W, млн. м ³	0	0,04	0,22	1,02	1,92	2,6	3,6	8,4	13,04	19,9	24,6

За даними таблиці 2.3 будуємо криві залежності $F=f(z)$ та $W=f(z)$ (рис 2.2).

4. Відмітка ∇ НПР 28.0м.

5. Середньобагаторічна величина випаровування з водної поверхні – $E_B = 800$ мм.
6. Норма опадів – $X = 500$ мм.
7. Розрахункова забезпеченість стоку та опадів - $P=97\%$
8. Умови стоку – глиняні породи; осінь.

Розрахункова частина:

1. Визначим розрахункове випаровування (річне) заданої забезпеченості E_p за формулою В. І. Мокляка (2.6) або за картою (рис 2.1)

$$E_{97\%} = K_{(100-97)\%} E_B - K_{97\%} X(1-\alpha_c)$$

За додатками [2] при $p=97\%$, $C_s=2C_v$, $C_v=0.25$ визначаємо модульний коефіцієнт шару опадів розрахункової забезпеченості - $K_{97\%}=0.572$, а також при $C_v=0.15$; $C_s=0$, $P=3\%$ модульний коефіцієнт випаровування з водної поверхні розрахункової забезпеченості $(100-p)\%$

$$K_{(100-97)\%} - \Phi C_v + 1 = 1.88 \cdot 0.15 + 1 = 1.282.$$

Тоді:

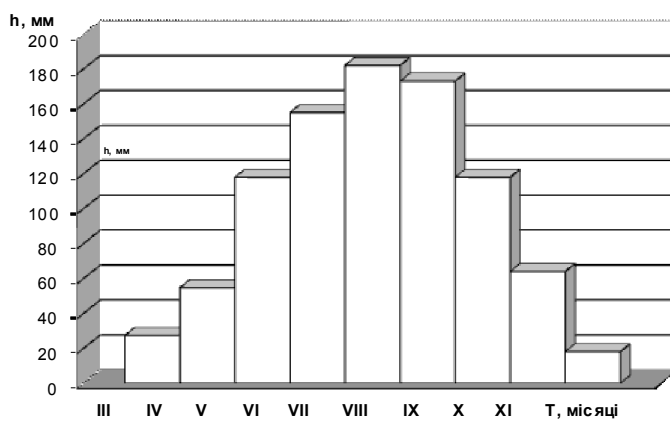
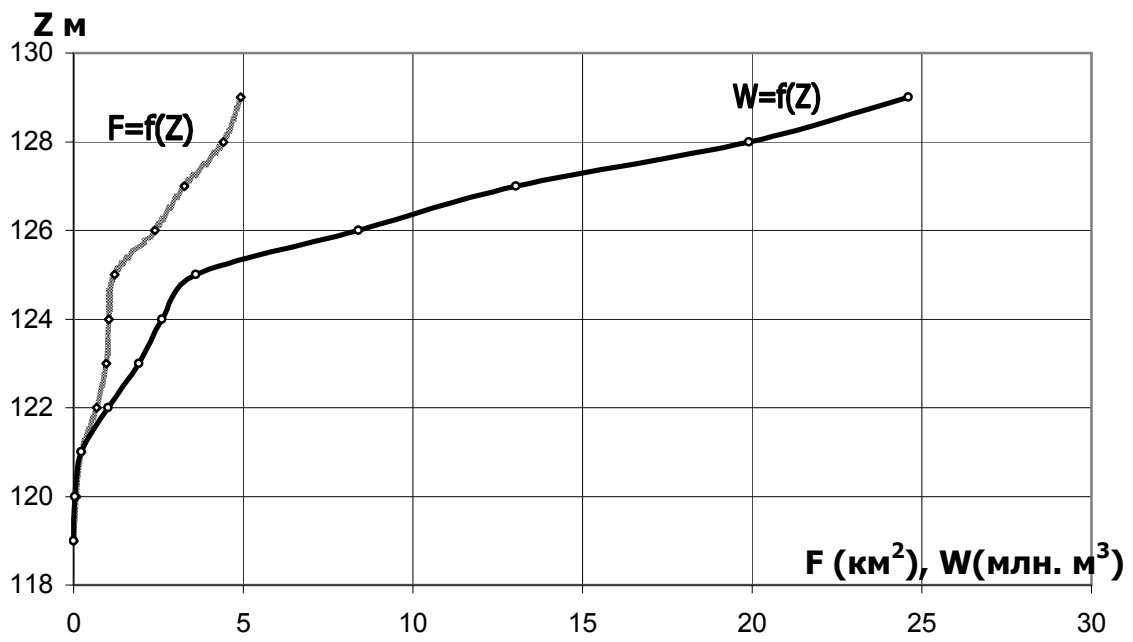
$$E_{97\%} = 1.282 \cdot 800 - 0.572 \cdot 500 (1 - 0.6) = 911 \text{ мм}$$

2. Розрахуємо внутрішньорічний розподіл випаровування в процентах розрахункового річного випаровування – h (мм) для Кримської АР (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 Внутрішньорічний розподіл розрахункового випаровування з водойми

Місяці	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Кримська область, %	-	-	3	6	13	17	20	19	13	7	2
Шар h , мм	-	-	27.3	54.7	118	155	182	173	118	64	18

3. За даними таблиці 2.4 будемо графік зміни шару випаровування за місяцями $h = f(T)$ (рис. 2.3).
4. Розрахуємо витрати води (млн. m^3) на випаровування з водойми для кожного місяця в залежності від рівня води $Z(m)$ в водоймі та відповідно її площі водного дзеркала водойми. Результати розрахунків за формулою (2.7) наведені в табл. 2.5.



Таблиця 2.5 Внутрішньорічний розподіл втрат води з водойми ($We \cdot 10^3 \text{ м}^3$)

Рівень води $Z, \text{ м}$	Площа водного дзеркала $F, \text{ км}^2$	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0.08	2.2	4.4	9.4	12.4	14.6	13.1	9.4	5.1	1.4
121	0.22	6.0	12.0	26.0	34.1	40.6	38.8	26.0	14.1	4.0
122	0.68	18.6	37.2	80.2	105.4	123.8	117.6	80.2	43.5	12.2
123	0.96	26.2	52.5	113.3	148.8	174.7	166.1	113.8	61.4	17.3
124	1.04	28.4	56.9	122.8	161.2	189.3	179.9	122.8	66.6	18.7
125	1.20	32.8	65.6	141.6	186.0	218.4	207.6	141.6	76.8	21.6
126	2.40	65.5	131.3	283.2	372.0	436.8	415.2	283.2	153.6	43.2
127	3.26	89.0	178.3	384.7	505.3	593.3	563.9	384.7	208.6	58.7
128	4.42	120.7	241.8	521.6	685.1	804.4	764.7	521.6	282.6	79.6
129	4.92	134.3	269.1	580.6	762.6	895.4	851.2	580.6	314.9	88.6

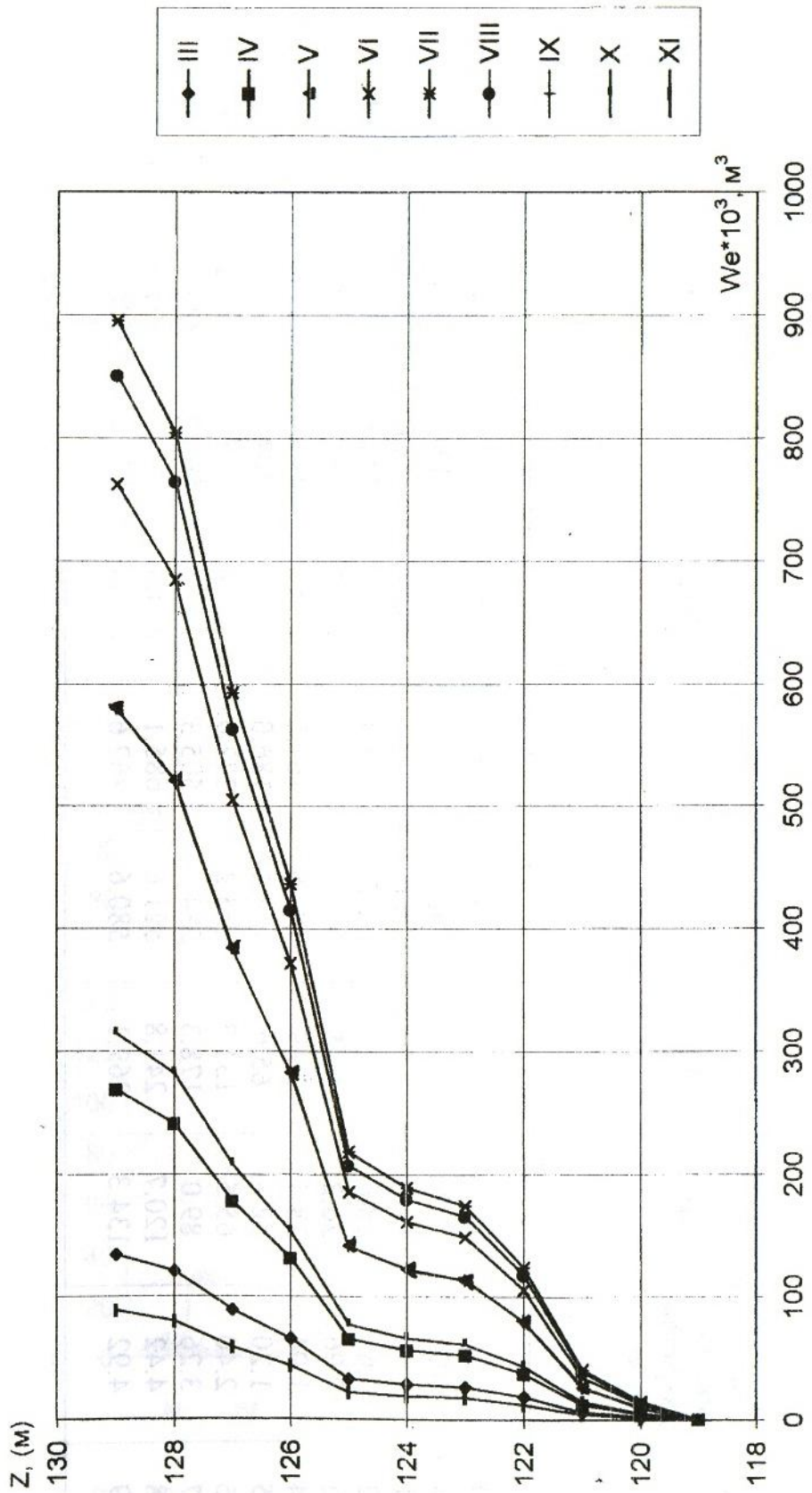


Рис 2.4 Графік залежності об'єму втраг із водосховища на випаровування $We=f(T, Z, F)$

5. За даними табл. 2.5 будуємо графік внутрішньорічної залежності об'єму втрат води з водойми на випаровування від рівня води та площі водного дзеркала $W_E = f(T, Z, F)$ (рис. 2.4).

6. Розрахунок загального об'єму втрат води на випаровування із водосховища проводять з використанням кривих $F = f(z)$, $W = f(z)$ (рис. 2.2) та $W_E = f(T, Z, F)$ (рис. 2.4).

3 Розрахунок сезонного (річного) регулювання стоку табличним способом з урахуванням втрат (брутто)

Для найбільш раціонального використання водних ресурсів в народному господарстві проводять регулювання стоку, яке виконується за допомогою водосховищ, які змінюють його природний режим.

Регулювання стоку - це перерозподіл його в часі. Регулювання стоку буває: добове, тижневе, річне, сезонне, багаторічне.

Сезонне регулювання – це перерозподіл стоку з багатоводних сезонів в маловодні. Воно обумовлене внутрішньорічною нерівномірністю стоку і неспівпаданням величини стоку та водоспоживання в часі.

Розрахунок сезонного (річного) регулювання виконується за хронологічним рядом величин стоку в табличній формі. Табличний спосіб розрахунку зводиться до вирішення рівняння водного балансу за відрізком часу [8, 10, 11, 13].

$$\pm \Delta W = W - W_{\text{бр}} = W - (W_{\text{нт}} + R + W_s) \quad (3.1)$$

де ΔW - змінювання місткості водосховища;

W - об'єм припливу;

$W_{\text{бр}}$ - зарегульований об'єм брутто;

$W_{\text{нт}}$, R , W_s - об'єми відповідно використовуваний (корисний нетто), скидний та спливаючий на втрати води із водосховища. Розрахунок проводять за місяцями в декілька етапів.

На першому етапі визначають необхідний корисний об'єм водосховища без урахування втрат води із водосховища, а також встановлюють розрахунковий режим його роботи з урахуванням раннього та пізнього накопичення води у водосховищі.

На другому етапі проводять перевірний розрахунок корисного об'єму водосховища з урахуванням втрат води із водосховища на випаровування та фільтрацію.

По своїй суті аналітичний або табличний розрахунок водосховища є аналіз суміщених графіків припливу та споживання (рис. 3.1). Режими припливу W та споживання w рахуються заданими (додаток 3.1).

Розрахунок починають з визначення різниць поміж припливом та споживанням за кожний інтервал, після чого підраховують окремі групи чисел із знаками плюс (поповнення водосховища) та мінус (об'єми на витрати з водосховища) Різниця між сумарним припливом та споживанням повинна дорівнювати різниці між сумарним поповненням та витрачанням води з водосховища. Це є перевіркою підрахунків.

Після співставлення режиму припливу та споживання за рік визначаємо кількість тактів роботи проектуемого водосховища (наповнення - спрацювання), корисний об'єм водосховища W_k та момент його спрацювання.

При однотактній роботі водосховища корисний об'єм його дорівнює об'єму витрачаємої води (попуску). Спрацювання водосховища в кінці цього попуску.

При двохтактній роботі можуть бути два випадки:

А) кожне із поповнень (+) більше наступного попуску (-); корисний об'єм дорівнює більшому із попусків; момент спрацювання – в кінці останнього;

Б) одно із поповнень (+) менше наступного попуску; корисний об'єм дорівнює сумі обох попусків мінус об'єм вказанного (проміжного) поповнення; спорожнення водосховища – в кінці 2-го попуску.

При многотактній роботі визначення корисного об'єму та моментів спорожнення може бути пов'язане з деякими труднощами і відповідними похибками. Щоб їх виключити застосовують просту графічну побудову.

В нашому прикладі корисний об'єм (нетто) – без урахування втрат дорівнює при двухтактній роботі водосховища (Б)

$$W_k = 60.4 + 49.2 - 32.3 = 77.3 \text{ млн. м}^3$$

Якщо відомо W_k (нетто) можна в табличній формі розрахувати графік роботи водосховища, тобто одержати значення об'ємів W_k на початок кожного місяця та об'ємів скидів R на протязі місяця. При цьому, графіки роботи водосховища повинні бути раннього та пізнього накопичення (табл. 3.1, 3.2) (рис. 3.2).

Між цими двома крайніми графіками роботи водосховища можуть бути і інші варіанти графіків. Перевага раннього наповнення – найбільш гарантована віддача води споживачу. Перевага пізнього наповнення – можливість промивки водосховища (частковий вимив наносів).

При цьому розрахунку не враховуються можливі втрати води із водосховища на шляху від водосховища до споживача і у самого споживача.

Основні втрати із водосховища – втрати на випаровування та фільтрацію.

Розрахунок втрат проводять (табл. 3.3, 3.4) за весь розрахунковий період з урахуванням повного об'єму водосховища тобто ураховується і мертвий об'єм ($W_{\text{п}}=W_{\text{к}}+W_{\text{м}}$).

Втрати на випаровування $W_{\text{в}}(\text{м}^3)$ визначають як добуток шару випаровування $h(\text{мм})$ на середню площу дзеркала водосховища $F_{\text{ср}}(\text{км}^2)$.

Втрати на фільтрацію $W_{\text{ф}}(\text{м}^3)$ визначають, в першу чергу, в залежності від гідрогеологічних умов в створі греблі і в чаші водосховища. Приблизно ці втрати назначають за нормативами, які відомі з літератури. Так, норма втрат, %, від середнього об'єму водосховища за місяць складає [2]: для хороших гідрогеологічних умов - $0.5\div 1.0\%$, середніх - $1\div 1.5$, поганих - $1.5\div 3.0$.

На першому етапі втрати із водосховища встановлюють з урахуванням його наповнення для випадку споживання нетто. На цьому ж етапі розраховуються втрати води із водосховища, які вводяться в подальші розрахунки для одержання споживання бруто.

В наведених таблицях 3.3 та 3.4 шар розрахункового випаровування $h(\text{мм})$ визначається у відповідності з розділом 2.

Середню площу дзеркала водосховища $F_{\text{ср}}(\text{км}^2)$ визначають у відповідності кожному середньому об'єму водосховища $W_{\text{ср}}(\text{м}^3)$ за допомогою кривих залежності $W=f(z)$ та $F=f(z)$.

В табл. 3.3 і 3.4 визначають також сумарні втрати води на випаровування та фільтрацію за кожний місяць.

Потім в табличній формі визначають помісячний корисний об'єм водосховища $W_{\text{к}}$ (брутто) з урахуванням втрат води та прийнятих умов накопичення води у водосховищі (табл. 3.5, 3.6).

В нашому прикладі при двохтактній роботі водосховища (Б) корисний об'єм (брутто) дорівнює

$$W_{\text{к}}' = 57.1 + 85.4 - 24.5 = 118.0 \text{ млн. м}^3.$$

Після розрахунку $W_{\text{к}}'$ одержимо графік роботи водосховища сезонного (річного) регулювання (рис. 3.2), тобто визначаємо об'єми води, які надходять безпосередньо до споживача, на скиди, на втрати із водосховища та розподіл цих об'ємів за місяцями.

Слід також знати, що цей підрахунок не можливо рахувати остаточним, бо одержані об'єми та площі водного дзеркала значно перевищують ті, які були одержані при розрахунках без урахування втрат і за якими були визначені втрати, тобто подальше слід перерахувати втрати вже для об'ємів і площ після першого розрахунку втрат (табл. 3.3, 3.4) і знову розрахувати корисний об'єм водосховища. Величина розрахованого корисного об'єму (брутто) буде більш уточненою.

Всіх можливих при аналітичному способі розрахунку незручностей та ускладнень можна уникнути при застосуванні графічного способу розрахунку необхідного корисного об'єму водосховища (розділ 4).

Таблиця 3.1 Розрахунок корисного об'єму та графіка роботи водосховища. Варіант 1.

Міс-яць	Об'єм припливу W (млн. м ³)	Об'єм споживання w (млн. м ³)	W-w (млн. м ³)		Корисний об'єм W _к (млн. м ³)	Об'єм скидів R (млн. м ³)
			Надлишок (+)	Недостача (-)		
I	10,2	30,5		20,3	↑ 29,5	
II	18,4	27,6		<u>9,2</u> 49,2	9,2	
III	101,6	30,5	71,1		0	71,1
IV	147,8	49,3	98,5		0	98,5
V	122,0	50,9	71,1		0	10,1
VI	65,6	49,3	<u>16,3</u> 257,0		61,0	
VII	40,7	50,9		10,2	77,3	
VIII	30,5	50,9		20,4	67,1	
IX	19,5	49,3		<u>29,8</u> 60,4	46,7	
X	40,2	30,5	9,7		16,9	
XI	52,1	2,5	<u>22,6</u> 32,3		26,6	
XII	10,8	30,5		19,7	49,2	
					29,5	
Σ	659,4	479,7	289,3	109,6		179,7
Різниця	179,7		179,7			

$$W_k = 60,4 + 49,2 - 32,3 = 77,3 \text{ млн. м}^3$$

Таблиця 3.2 Розрахунок корисного об'єму та графіка роботи водосховища. Варіант 2.

$W_k=77.3$ млн. м³

Місяць	Об'єм припливу W (млн. м ³)	Об'єм споживання w (млн. м ³)	W-w (млн. м ³)		Корисний об'єм W _k (млн. м ³)	Об'єм скидів R (млн. м ³)
			Надлишок (+)	Недостача (-)		
I	10,2	30,5		20,3	↓ 29,5	
II	18,4	27,6		<u>9,2</u> 49,2	9,2	
III	101,6	30,5	71,1		0	
IV	147,8	49,3	98,5		71,1	
V	122,0	50,9	71,1		77,3	92,3
VI	65,6	49,3	<u>16,3</u> 257,0		77,3	71,1
VII	40,7	50,9		10,2	77,3	16,3
VIII	30,5	50,9		20,4	67,1	
IX	19,5	49,3		<u>29,8</u> 60,4	46,7	
X	40,2	30,5	9,7		16,9	
XI	52,1	29,5	<u>22,6</u> 32,3		26,6	
XII	10,8	30,5		19,7	49,2	
Σ	659,4	479,7	289,3	109,6		179,7
Різниця	179,7		179,7			

Таблиця 3.3 Розрахунок втрат із водосховища. Варіант 1.

$$W_M=0,9 \text{ млн. м}^3$$

Міс- яць	Шар випар. h (мм)	Об'єм на початок місяця $W=W_K+W_M$ (млн. м ³)	Середній об'єм за місяць $W_{\text{ср}}$ (млн. м ³)	Середня площа дзеркала $F_{\text{ср}}$ (км ²)	Втрати із водосховища (млн. м ³)		
					Випар. W_B	Філь- трація $W_{\text{ф}}$	$W_S=$ $W_B+W_{\text{ф}}$
I	0,0	30,4		4,1	0,00	2,44	2,44
II	0,0	10,1	20,3	1,1	0,00	0,66	0,66
III	27,3	0,9	5,55	0,18	0,01	0,11	0,12
IV	54,7	0,9	0,9	0,18	0,01	0,11	0,12
V	118,0	0,9	0,9	6,3	0,74	3,77	4,51
VI	155,0	61,9	31,4	14,0	2,17	8,41	10,58
VII	182,0	78,2	70,1	14,5	2,63	8,77	11,4
VIII	173,0	68,0	73,1	11,6	2,01	6,91	8,92
IX	118,0	47,6	57,8	6,5	0,77	3,92	4,69
X	64,0	17,8	32,7	4,5	0,29	2,72	3,01
XI	18,0	27,5	22,7	7,8	0,14	4,66	4,80
XII	0,0	50,1	38,8	8,1	0,00	4,84	4,84
			40,3				
Σ					8,77	47,32	56,9

Таблиця 3.4 Розрахунок втрат із водосховища. Варіант 2.

 $W_M=0,9$ млн. м³

Міс- яць	Шар випар. h (мм)	Об'єм на початок місяця $W=W_k+W_M$ (млн. м ³)	Середній об'єм за місяць $W_{\text{ср}}$ (млн. м ³)	Середня площа дзеркала $F_{\text{ср}}$ (км ²)	Втрати із водосховища (млн. м ³)		
					Випар. W_B	Філь- трація W_{ϕ}	$W_S=$ W_B+W_{ϕ}
I	0,0	30,4		4,1	0,00	2,44	2,44
II	0,0	10,1	20,3	1,1	0,00	0,66	0,66
III	27,3	0,9	5,55	7,3	0,20	4,38	4,58
IV	54,7	72,0	36,5	15,0	0,82	9,01	9,83
V	118,0	78,2	75,1	15,6	1,84	9,38	11,22
VI	155,0	78,2	78,2	15,6	2,42	9,38	11,80
VII	182,0	78,2	78,2	14,5	2,64	8,77	11,41
VIII	173,0	68,0	73,1	11,6	2,01	6,91	8,92
IX	118,0	47,6	57,8	6,5	0,77	3,92	4,69
X	64,0	17,8	32,7	4,5	0,29	2,72	3,01
XI	18,0	27,5	22,7	7,8	0,14	4,66	4,80
XII	0,0	50,1	38,8	8,1	0,0	4,84	4,84
Σ			40,3		11,13	67,08	78,21

Таблиця 3.5 Розрахунок корисного об'єму та графіка роботи водосховища (брутто). Варіант 1.

Міс- яць	Об'єм припливу W (млн. м ³)	Об'єм споживання w+W _s (млн. м ³)	W-w (млн. м ³)		Корисний об'єм W _k (млн. м ³)	Об'єм скидів R (млн. м ³)
			Надли- шок (+)	Нечос- тача (-)		
I	10,2	32,9		22,7	↑ 32,6	
II	18,4	28,3		9,9	9,9	
III	101,6	30,6	71,0	57,1	0	71,0
IV	147,8	49,4	98,4		0	52,7
V	122,0	55,4	66,6		45,7	
VI	65,6	59,9	<u>5,7</u>		112,3	
VII	40,7	62,3	241,7	21,6	118,0	
VIII	30,5	59,8		29,3	96,4	
IX	19,5	54,0		34,5	67,1	
X	40,2	33,5	6,7	85,4	32,6	
XI	52,1	34,3	<u>17,8</u>		39,3	
XII	10,8	35,3	24,5	24,5	57,1	
Σ	659,4	535,7	266,2	142,6	32,6	123,7
Різ- ниця	123,7		123,7			

$$W_k' = 57.1 + 85.4 - 24.5 = 118 \text{ млн. м}^3$$

Таблиця 3.6 Розрахунок корисного об'єму та графіка роботи водосховища (брутто). Варіант 2.

$W_k' = 118 \text{ млн. м}^3$

Міс- яць	Об'єм припливу W (млн. м ³)	Об'єм споживання w+W _s (млн. м ³)	W-w (млн. м ³)		Корисний об'єм W _k (млн. м ³)	Об'єм скидів R (млн. м ³)
			Надли- шок (+)	Недос- тача (-)		
I	10,2	32,9		22,7	↓ 32,6	
II	18,4	28,3		<u>9,9</u>	9,9	
III	101,6	35,1	66,5	<u>57,1</u>	0	
IV	147,8	59,1	88,7		66,5	
V	122,0	62,1	59,9		118,0	37,2
VI	65,6	61,1	<u>4,5</u>		118,0	59,9
VII	40,7	62,3	219,6	21,6	118,0	4,5
VIII	30,5	59,8		29,3	96,4	
IX	19,5	54,0		<u>34,5</u>	67,1	
X	40,2	33,5	6,7	<u>85,4</u>	32,6	
XI	52,1	34,3	<u>17,8</u>		39,3	
XII	10,8	35,3	24,5	24,5	57,1	
					32,6	
Σ	659,4	557,8	244,1	142,5		101,6
Різ- ниця	101,6		101,6			

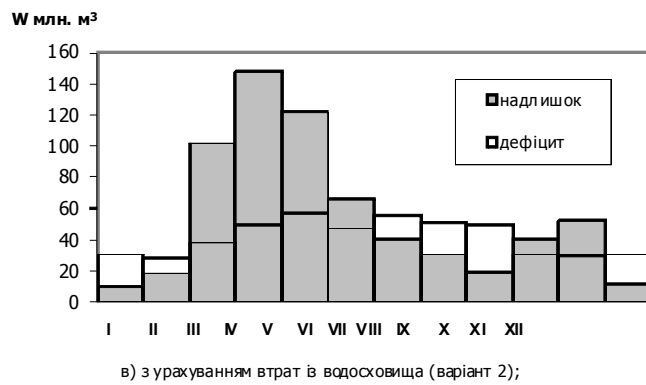
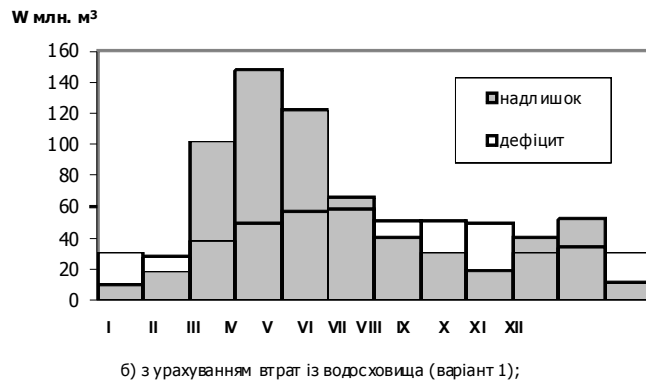
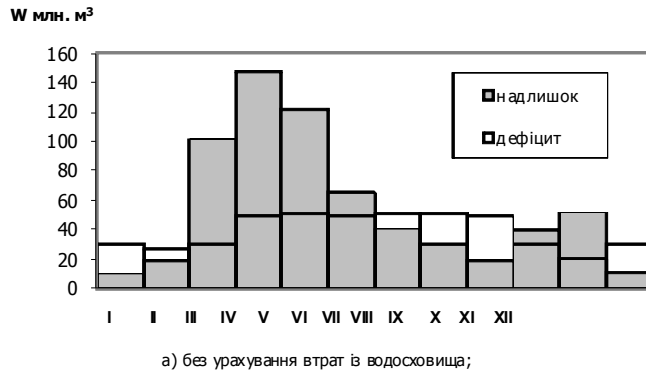


Рис. 3.1 Водогосподарський баланс водосховища.

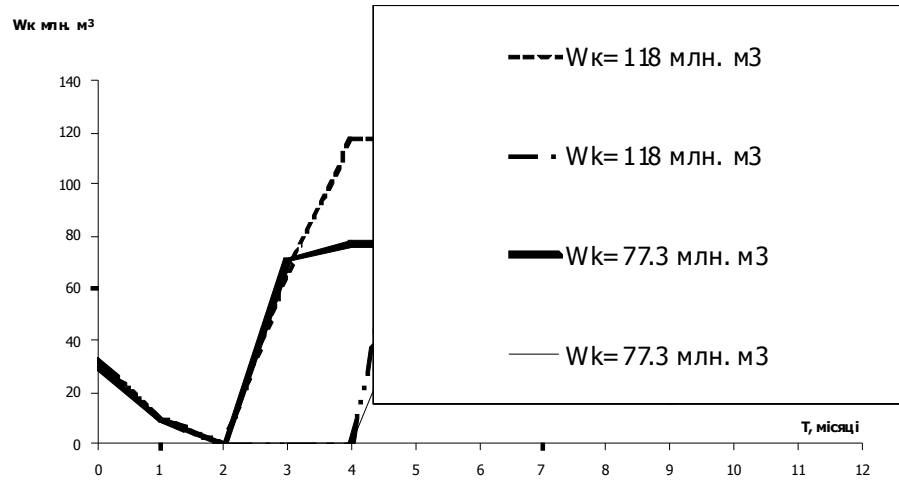


Рис. 3.2 Графік роботи водосховища а) без урахування втрат б) з урахуванням втрат із водосховища

4 Розрахунок сезонного (річного) регулювання стоку (нетто) графічним способом (без урахування втрат)

При розрахунках регулювання стоку виходять із співставлення графіків припливу та споживання, яке проводять в табличній формі у вигляді сумарних (інтегральних) кривих. Інтегральні криві дають наглядне відображення хронологічної послідовності стоку в сумарному вигляді [2, 9, 10,14].

4.1 Побудова повних інтегральних кривих припливу та споживання.

Для побудови повної інтегральної кривої на осі абсцис відкладають час t , а по осі ординат – об'єм води.

Інтегральні криві стоку показують сумарний об'єм води, яка надходить у водосховище за певний проміжок часу.

Рівняння інтегральної кривої стоку має вигляд

$$W_t = \int_0^t Q dt = \sum_{i=0}^k Q_i \Delta t_i \quad (4.1)$$

де Q_i – середня витрата за i -й проміжок часу Δt_i (визначається за гідрографом);

K – число проміжків часу, на які розбито період t .

Проміжок часу Δt_i для сезонного (річного) регулювання приймають, в основному, рівним 1 місяцю.

Інтегральна крива за рівнянням (4.1) називається **повною інтегральною** або **повною сумарною кривою** витрати Q .

Розрахунок ординат сумарних кривих припливу та споживання виконують табличним способом (табл. 4.1) де W, w - об'єм відповідно припливу та споживання за інтервал Δt ; $\Sigma W, \Sigma w$ наростаючий об'єм відповідно припливу та споживання.

За даними табл. 4.1 будуюмо повні інтегральні криві припливу та споживання: по осі абсцис відкладаємо часові інтервали Δt (місяці), а по осі ординат – наростаючі об'єми припливу ΣW та споживання Σw в одному масштабі (рис. 4.1, а)

Виходячи із властивостей повних інтегральних кривих визначаємо корисний об'єм водосховища шляхом проведення паралельно кривій споживання двох дотичних (верхньої і нижньої) до повної інтегральної кривої припливу.

Відстань по вертикалі між дотичними відповідає корисному об'єму водосховища W_k (нетто).

Таблиця 4.1 Розрахунок ординат сумарних інтегральних кривих

Місяць	Приплив, млн. м ³		Споживання, млн. м ³	
	W	ΣW	w	Σw
I	10.2	10.2	30.5	30.5
II	18.4	28.6	27.6	51.8
III	101.6	130.2	30.5	88.6
IV	147.8	270,0	49.3	137.9
V	122.0	400,0	50.9	188.9
VI	65.6	465.6	49.3	238.1
VII	40.7	506.3	50.9	289
VIII	30.5	536.8	50.9	339.9
IX	19.5	556.5	49.3	389.2
X	40.2	596.5	30.5	419.7
XI	52.1	648.6	29.5	449.2
XII	10.8	659.4	30.5	479.7

Середньорічний об'єм припливу $W_0 = \Sigma W / 12 = 659,4 \cdot 10^6 / 12 = 55$ млн. м³

Для побудови променевого масштабу повної інтегральної кривої визначаємо полюсну відстань, см:

$$p = \frac{m_w}{m_q \cdot m_t} \quad (4.2)$$

де m_w – масштаб шкали об'ємів;
 m_q – масштаб шкали витрат;
 m_t – масштаб шкали часу.

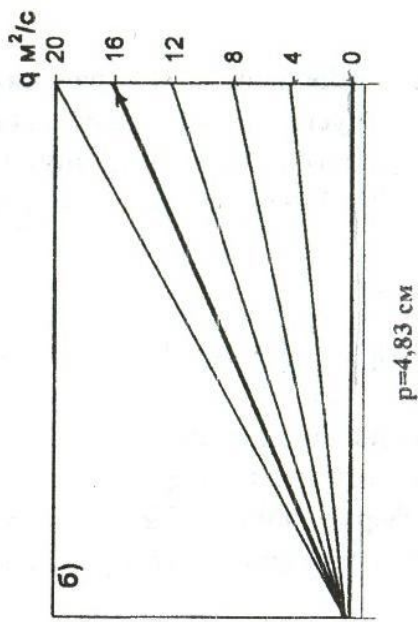
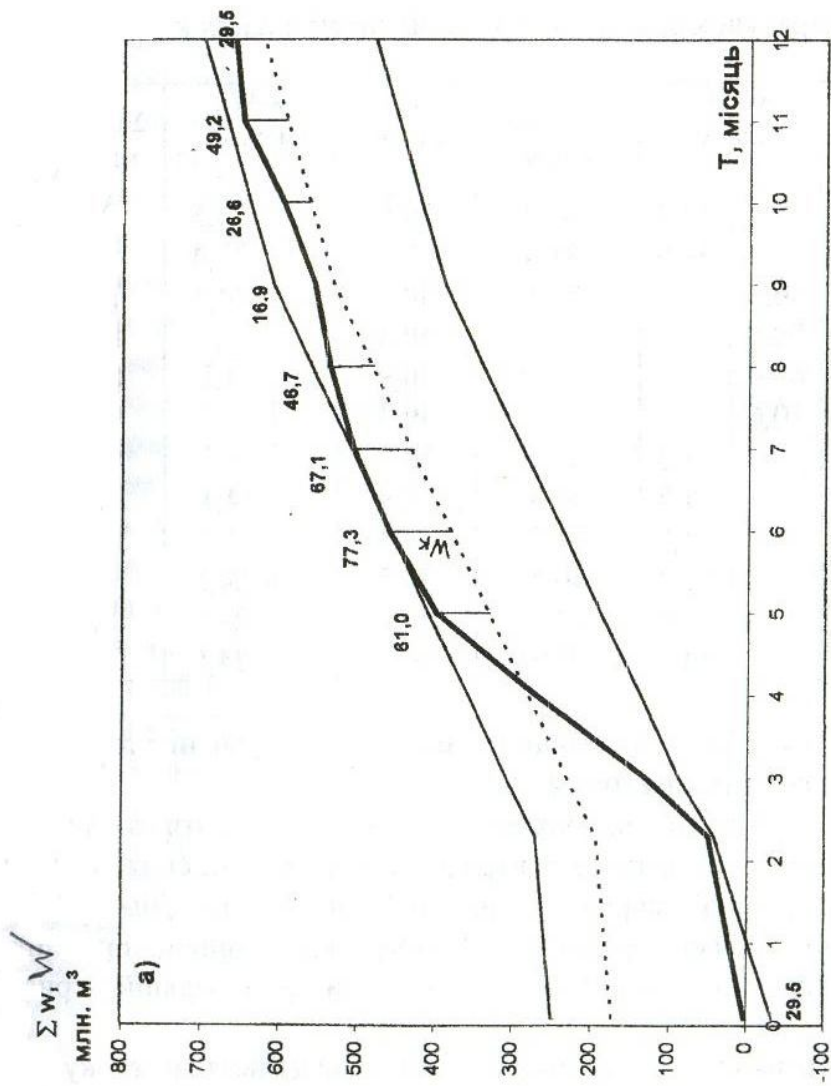
Для даних наведеного прикладу полюсна відстань дорівнює:

$$p = \frac{50 \cdot 10^6}{2.59 \cdot 10^6 \cdot 4} = 4.83 \text{ см}$$

Променевий масштаб будують на горизонтальному відрізку OR, який дорівнює $p = 4.83$ см. Від точки R проводимо вертикальну пряму – шкалу витрат q , а потім прямі-промені із полюса 0 (рис. 4.1, б). Пряма, яка проведена із полюса 0 паралельно дотичним до сумарної кривої припливу, відсікає на шкалі витрат значення витрати заданого споживання.

4.2 Побудова скорочених інтегральних кривих припливу та споживання.

В практиці проектування для розрахунку корисного об'єму (нетто) часто використовують скорочені криві, які можуть бути представлені як інтегральні криві в косоугольних координатах.



а) Повні інтегральні криві

б) Променевий масштаб

Рис. 4.1 Розрахунок сезонного регулювання стоку графічним способом

Для побудови скорочених інтегральних кривих необхідно мати гідрограф. Якщо із усіх витрат хронологічного графіка відняти деяку постійну витрату (частіше середньорічну) Q_0 і будемо інтегрувати або підсумовувати $Q-Q_0$. Якщо цю різницю перемножити на Δt одержимо об'єм W' .

$$W' = \int_0^t (Q - Q_0) dt = \sum_0^t (Q - Q_0) \Delta t = \sum_0^t Q \Delta t - \sum_0^t Q_0 \Delta t = W - W_0 \quad (4.3)$$

де W - ордината повної інтегральної кривої;

W_0 - ордината інтегральної кривої заданої постійної витрати.

В табличній формі табл. (4.2) розрахуємо ординати скорочених інтегральних кривих припливу $\Sigma(W-W_0)$ та споживання $\Sigma(w-W_0)$.

Таблиця 4.2 Розрахунок ординат скорочених інтегральних кривих

Міс- яць	W, млн. м ³	W-W ₀ , млн. м ³		$\Sigma(W-W_0)$, млн. м ³	w, млн. м ³	w-W ₀ , млн. м ³		$\Sigma(w-W_0)$ млн. м ³
		+	-			+	-	
I	10,2		44,8	-44,8	30,5		24,5	-24,5
II	18,4		36,6	-81,4	27,6		27,4	-51,9
III	101,6	46,6		-34,8	30,5		24,5	76,4
IV	147,8	92,8		58,0	49,3		5,7	82,1
V	122,0	67,0		125,0	50,9		4,1	86,2
VI	65,6	10,6		135,6	49,3		5,7	91,9
VII	40,7		14,3	121,3	50,9		4,1	96,0
VIII	30,5		24,5	96,8	50,9		4,1	100,1
IX	19,5		35,5	61,3	49,3		5,7	105,8
X	40,2		14,8	46,5	30,5		24,5	130,3
XI	52,1		2,9	43,6	29,5		25,5	155,8
XII	10,8		44,2	-0,6	30,5		24,5	180,3

За даними табл. 4.2 будемо в одному масштабі скорочені інтегральні криві припливу та споживання (рис 4.2,а).

Корисний об'єм (нетто) водосховища для даного розрахункового періоду одержимо після співставлення графіків припливу та споживання з урахуванням властивостей скорочених інтегральних кривих. Для цього в верхній та нижній точках скороченої інтегральної кривої припливу проводять дотичні лінії паралельно скороченій інтегральній кривій споживання.

Відстань по вертикалі між дотичними відповідає нестачі стоку для заданого року, тобто корисному об'єму (нетто) водосховища W_k .

При будь-якій кількості тактів роботи водосховища корисний об'єм дорівнює найбільшій відстані по вертикалі між двома дотичними.

Для побудови променевого масштабу необхідно визначити полюсну відстань, см:

$$p = \frac{m_{w-w_0}}{m_t \cdot m_q} \quad (4.4)$$

де m_{w-w_0} – масштаб різниці об'ємів припливу та постійного;

m_t – масштаб шкали часу;

m_q – масштаб шкали витрат.

Будуємо відрізок OR довжиною p (в нашому випадку $p=4.83$ см) (рис. 4.2, б). Потім через точку R проводимо вертикаль, на якій вниз від точки R відкладаємо значення витрати $Q_0 = \frac{\sum W}{T} = \frac{\sum W}{31.5 \cdot 10^6}$ (m^3/c) і розбиваємо шкалу витрат. В наведеному прикладі $Q_0=20,9 m^3/c$ і шкала витрат розбивається через $4 m^3/c$. З точки O проведемо промені променевого масштабу.

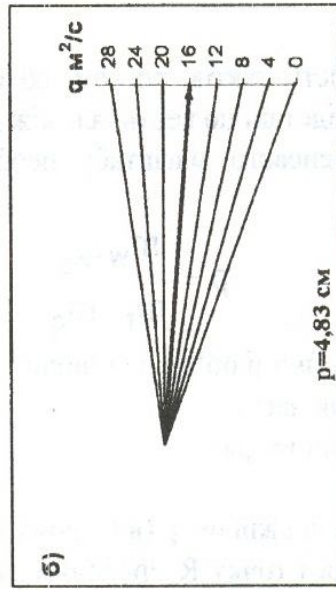
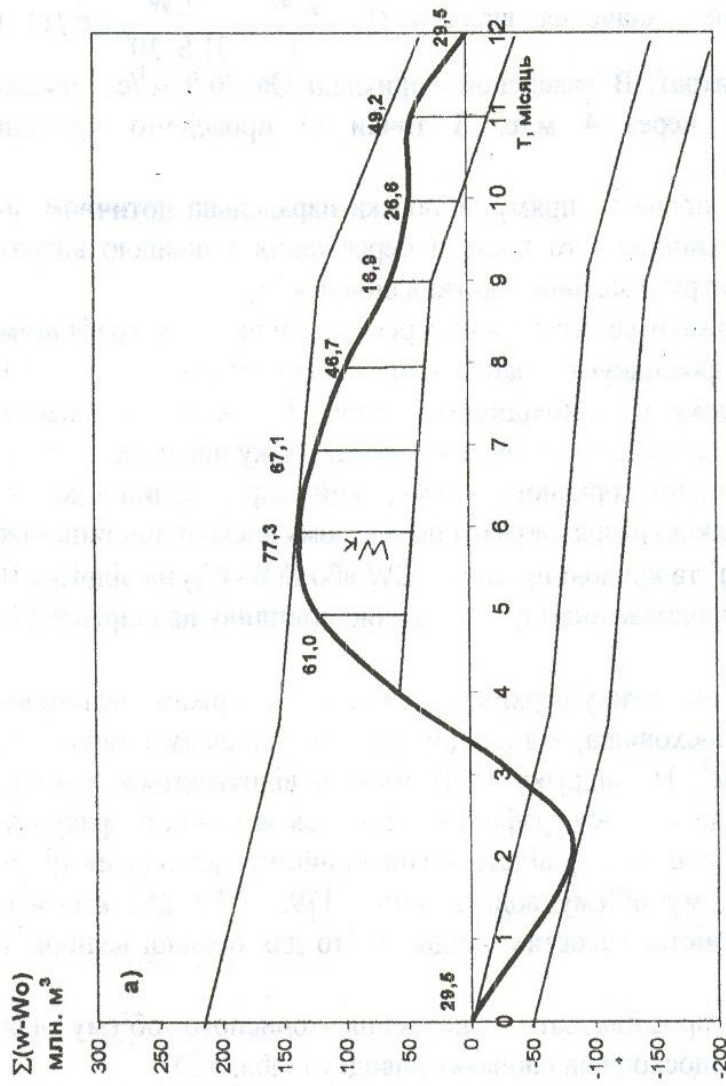
Якщо із полюса O провести пряму лінію яка паралельна дотичним до інтегральної кривої припливу, то після її пересікання з шкалою витрат одержимо значення витрати заданого споживання $q(m^3/c)$.

Для того щоб одержати сезонне (річне) регулювання стоку графічним способом необхідно прослідкувати заповнення корисного об'єму (рис. 4.1 та 4.2) на протязі року у відповідності з табл. 3.1, коли заповнення корисного об'єму водосховища відбувається не спочатку паводку, а в його кінці. Характер заповнення корисного об'єму, який розрахований в роботі №3, можна одержати якщо розраховувати по кожному місяцю відстань між нижньою дотичною q' та кривою припливу $\sum W$ або $\sum(W-W_0)$ на відрізку II - I місяців або між її продовженням q'' та кривою припливу на відрізку XII – IV місяців.

Таким чином, в точці дотику верхньої дотичної q'' одержимо величину корисного об'єму водосховища, відповідну даному прикладу і табл. 3.1, тобто $W_k=77.3$ млн. m^3 . На відрізку IV-II місяців відбуваються холості скиди, які на цьому відрізку часу графічно сумуються за ходом розрахунку ($10.1+98.5+71.1=179.7$ млн. m^3). А відстань між крайніми дотичними q' та q'' відповідає корисному об'єму водосховища ($179.7+77.3=257$ млн. m^3), який би був за відсутністю холостих скидів, тобто для більшої величини споживання.

Аналогічно можна прослідкувати заповнення корисного об'єму для варіанту заповнення водосховища спочатку паводку (табл. 3.2).

Також можливий розрахунок регулювання стоку графічним способом, якщо дотичними будуть криві припливу, а крива споживання є базовою.



а) Скорочені інтегральні криві

б) Проміневий масштаб

Рис. 4.2 Розрахунок сезонного регулювання стоку графічним способом

Додатки

Додаток 2.1 Координати кривих об'ємів та площ водного дзеркала водосховищ

Папанське			Вознесенське			Щасливе			Ямпольське			Краснохуторське			Водосховище на р. Мертвовод		
Z м	F км ²	W млн. м ³	Z м	F км ²	W млн. м ³	Z м	F км ²	W млн. м ³	Z м	F км ²	W млн. м ³	Z м	F км ²	W млн. м ³	Z м	F км ²	W млн. м ³
1194	0	0	6	0	0	19	0	0	130	0	0	78,2	1,5	2,9	7	0	0
1200	0,04	0,12	8	2,6	2,0	20	0,08	0,04	137	0,26	0,05	79,0	2,2	4,0	9	3,0	2,6
1210	0,82	4,47	10	7,4	12,0	21	0,22	0,22	138	0,35	0,27	80,0	2,93	6,25	11	8,0	10,0
1220	1,66	16,5	12	15,2	32,6	22	0,68	1,02	139	1,38	1,14	80,8	3,50	9,15	13	16,0	30,0
1230	2,40	36,5	14	22,6	68,0	23	0,96	1,92	140	1,92	2,82	81,0	3,68	9,60	15	23,0	65,0
1240	3,14	64,2	16	29,0	122,0	24	1,04	2,60	141,5	2,43	6,17	82,0	3,95	10,0	17	27,0	115,0
1250	3,90	99,4	18	35,0	184,0	25	1,20	3,60	145	10,12	28,20				19	30,0	175,0
1260	4,86	143,0	20	43,6	264,0	26	2,40	8,40	150	23,06	107,0						
1270	5,82	196,0				27	3,26	13,04									
1280	6,96	260,0				28	4,42	19,89									
1290	8,34	337,0				29	4,92	24,60									
1300	9,70	427,0															
1310	11,50	533,0															

Додаток 3.1 Об'єми припливу (W) води в водосховище та водоспоживання (w) з нього (млн. м³)

Водосховище Місяць	Па панське на р. Акбура		Вознесенське на р. П. Буг		Щасливе на р. Бельбек		Ямпольське на р. В. Вись		Краснохуторське на р. Синюха		Водосховище на р. Мертвовод	
	W	w	W	w	W	w	W	w	W	w	W	w
I	22.6	46.0	5.70	13.5	4.04	2.64	4.71	10.36	20.4	5.24	6.1	10.0
II	20.6	46.0	5.20	13.5	3.73	2.64	13.01	10.36	81.3	5.24	10.4	10.0
III	23.4	46.0	4.95	13.5	1.79	2.64	78.74	10.36	57.0	5.24	36.1	10.0
IV	71.4	46.0	5.82	13.5	1.43	2.64	13.43	10.36	40.4	5.24	14.7	10.0
V	71.4	46.0	17.8	13.5	1.12	2.64	7.50	10.36	30.5	5.24	4.8	10.0
VI	111.0	46.0	27.8	13.5	2.88	2.64	2.83	10.36	19.0	5.24	7.2	10.0
VII	128.0	46.0	32.0	13.5	1.80	2.64	4.26	10.36	11.8	5.24	2.4	10.0
VIII	100.0	46.0	25.0	13.5	2.41	2.64	1.77	10.36	0.33	5.24	1.3	10.0
IX	41.6	46.0	10.6	13.5	0.60	2.64	0.88	10.36	9.86	5.24	0.66	10.0
X	60.5	46.0	15.0	13.5	0.83	2.64	2.46	10.36	19.6	5.24	3.2	10.0
XI	33.1	46.0	8.38	13.5	1.04	2.64	2.57	10.36	20.7	5.24	8.0	10.0
XII	27.6	46.0	6.95	13.5	5.97	2.64	2.52	10.36	17.2	5.24	9.2	10.0

Література

1. Бахтияров В. А. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1961.
2. Гидрология и гидротехнические сооружения / Под ред. Г.Н. Смирнова. – М.: Высшая школа, 1988.
3. Иванов А. Н., Неговская Т. А. – Гидрология и регулирование стока. – М.: Колос, 1970.
4. Плешков Я. Ф. Регулирование речного стока. – Л.: - Гидрометеиздат, 1975.
5. Указания по расчету испарения с поверхности водоемов, -Л.: - Гидрометеиздат, 1969.
6. Расчет потерь воды из водохранилища на испарение / Методические указания, сост. Ключарева В.С. – Одесса, ОГМИ. – 1982.
7. Справочник по водным ресурсам / Под ред. Б. И. Стрельца – К.: Урожай, 1987.
8. Методические указания “Расчет сезонного (годового) регулирования стока табличным способом с учетом потерь (брутто)” / А. Г. Иваненко, М. Е. Даус. - Одесса: ОГМИ, 1991.
9. Методические указания “Расчет сезонного (годового) регулирования стока (нетто) графическим способом (без учета потерь)” / В.С. Ключарева – Одесса: ОГМИ 1982.
10. М. В. Потапов. Регулирование стока. – М.-Л., 1993.
11. Арсеньев Г.С. Иваненко А.Г. “Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты” – СПб.: Гидрометеиздат, 1993.
12. Арсеньев Г. С. Практикум по “Водному хозяйству и водохозяйственным расчетам” – Л.: ЛГМИ, 1989.
13. Обухов Є. В. Водне господарство України / Підручник для студ. гідрометеорологіч. напрямку навч. /ОГМІ. – Одеса: АО БАХВА, 2001.
14. Обухов Є.В. Методичні вказівки ”Регулювання стоку водосховищами (водноенергетичні розрахунки. – Одеса: ОГМІ, 1999.