

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ**

**“ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО УКРАЇНИ  
ТА ВОДОГОСПОДАРСЬКІ РОЗРАХУНКИ”**

**Одеса – 2012**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ  
“ВОДНЕ ГОСПОДАРСТВО УКРАЇНИ ТА ВОДОГОСПОДАРСЬКІ  
РОЗРАХУНКИ”**

**спеціальність «Гідрологія та гідрохімія»  
спеціалізація «Економіко-правові основи  
використання водних ресурсів»**

**Затверджено**  
**на засіданні методичної комісії**  
**гідрометеорологічного інституту**  
**протокол № 9 від 23.05.2011 р.**  
**голова метод.комісії \_\_\_\_\_ Єхніч М.П.**

**Одеса – 2012**

Методичні вказівки до курсового проектування з дисципліни «Водне господарство України та водогосподарські розрахунки» для студентів спеціальності «Гідрологія та гідрохімія», спеціалізації «Економіко-правові основи використання водних ресурсів» / Укладачі Кулібабін О.Г., Кічук Н.С. – Одеса, 2012. – 36 с., укр. мова.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Загальні вимоги до виконання курсового проекту.....	5
2. Основні теоретичні матеріали для виконання курсового проекту	6
2.1 Загальні положення.....	6
2.2 Вихідна інформація і способи її використання.....	6
2.3 Особливості підготовки вихідних гідрологічних даних при використанні природного водоймища (озера) під водосховище.....	12
2.4 Топографічні характеристики водосховищ.....	14
2.5 Основні методи розрахунків регулювання стоку.....	17
2.6 Витрати води із водосховища.....	18
2.7 Регулярне зрошення на місцевому стоці.....	23
3. Пояснення до виконання окремих розділів і підрозділів.....	28
ЛІТЕРАТУРА.....	31
Додатки.....	33

## ВСТУП

**Мета методичних вказівок** – закріпити та розширити знання, отримані студентами денної форми навчання при вивченні теоретичного матеріалу, виробити практичні навички до самостійної роботи.

Робота над курсовим проектом складається з:

- ознайомлення зі способами ефективного використання водних ресурсів різними галузями господарства;
- вивчення основних даних про сучасний стан інженерних розрахунків регулювання річного стоку для забезпечення потреб різних галузей народного господарства;
- вивчення оптимальних умов розвитку рослин;
- поняття водоспоживання сільськогосподарських культур, зрошувальних норм і поливного режиму;
- виконання водогосподарських розрахунків ставка чи водосховища.

Унаслідок виконання курсового проекту студент повинен отримати такі **знання**:

- основні методи використання водних ресурсів у народному господарстві України;
- визначення комплексного використання місцевого стоку та підземних вод;
- визначення топографічних характеристик водосховищ;
- оцінка природного зволоження території і водно-балансове обґрунтування потреби в меліорації;
- основні методи ефективного використання водних ресурсів у народному господарстві;

та **вміння**:

- здійснювати розрахунки основних параметрів водосховищ;
- здійснювати розрахунки дефіциту водного балансу кореневого шару ґрунту за вегетаційний період;
- будувати криві об'єму та площі водного дзеркала водосховищ;
- виконувати розрахунки сезонного та багаторічного регулювання стоку;
- самостійно вирішувати завдання водогосподарського забезпечення різних галузей.

У методичних вказівках містяться:

- основні теоретичні матеріали для підготовки до роботи над курсовим проектом;
- план у горизонталях проекрованої ділянки;
- вимоги до оформлення курсового проекту.

## 1. Загальні вимоги до виконання курсового проекту

Тема курсового проекту– “Визначення можливої площі зрошення на основі водогосподарських розрахунків за наданим топографічним планом водосховища (або ставка на місцевому стоці)”.

Вихідні дані для курсового проектування надаються студентам разом з завданням на курсовий проект.

Перед початком курсового проектування кожен студент разом із керівником складає календарний план робіт за наступним зразком:

### *Календарний план роботи над курсовим проектом студента групи \_*

(прізвище, ім'я, по батькові)

<i>Назва курсового проекту</i>	Термін виконання
1.Вибір теми проекту, району досліджень, ознайомлення зі списком рекомендованої літератури.	
2.Ознайомлення з наявними методами розрахунку, обґрунтування прийнятого методу розрахунків.	
3.Виконання розрахункової частини курсового проекту.	
4.Узагальнення результатів розрахунку, їх аналіз.	
5.Написання пояснювальної частини проекту.	
6.Здавання курсового проекту на перевірку.	
7.Захист курсового проекту	

**Керівник проекту:** \_\_\_\_\_

**Виконавець: ст. гр.** \_\_\_\_\_

Курсовий проект містить:

1. Титульний аркуш встановленого зразка.
2. Зміст із переліком сторінок згідно з їх нумерацією за текстом.
3. Передмову з викладенням значення теми, мети курсового проектування, актуальності теми, можливі підходи до вирішення поставленого завдання, обґрунтування прийнятого методу розрахунку.
4. Розрахунково-пояснювальну частину, в якій обґрунтовуються основні завдання водогосподарських розрахунків, поняття розрахункової забезпеченості, шляхи використання гідрологічної інформації і те, як вона використовується в даній роботі, топографічні характеристики водосховища й умови побудови кривих площі дзеркала й об'єму водойми, поняття сезонного (річного) регулювання стоку.
5. Висновки, де відображені основні положення за кожним із розділів курсового проекту, оцінка результатів розрахунку, їх практичне значення.

6. Список використаної літератури, який складається в алфавітному порядку: прізвище, ім'я та по батькові автора, назва роботи, назва видавництва, рік видання, обсяг роботи. Посилання на літературу в тексті виконується згідно з номером за списком.

Курсовий проект виконується в терміни визначені навчальним планом.

Приблизний зміст курсового проекту:

### **Вступ**

1 Водогосподарські розрахунки як складова частина проектування водогосподарських заходів

1.1 Основні завдання водогосподарських розрахунків.

1.2 Вихідна інформація для водогосподарських розрахунків.

1.3 Аналіз наявних методів розрахунків регулювання стоку

1.4 Особливості підготовки вихідних гідрологічних даних під час використання природної водойми (озера) під водосховище

2 Основні характеристики водосховища

2.1 Топографічні характеристики водосховища й умови побудови кривих площі дзеркала й об'єму водойми.

2.2 Загальні поняття втрат з водосховища.

2.3 Види регулювання стоку.

3 Регулярне зрошення на місцевому стоці і його комплексне використання.

4 Визначення можливої площі зрошення на основі водогосподарських розрахунків.

4.1 Побудова кривих площі дзеркала й об'єму водойми.

4.2 Визначення об'єму весняного стоку 75%-ї забезпеченості.

4.3 Розрахунки робочого та корисного об'єму водойми .

4.4 Визначення об'єму витрат води на випаровування та фільтрацію.

4.5 Визначення середньозваженої зрошувальної норми та можливої площі зрошення.

Висновки.

Список літератури.

Додатки.

Вимоги до оформлення курсового проекту.

Курсовий проект слід писати з одного боку аркуша стандартного розміру, відступи: ліворуч – 2-2.5 см, праворуч – 1-1.5 см, вгорі, внизу - 2 см. Усі таблиці повинні мати номери (перша цифра – номер розділу, друга – порядковий номер за текстом) та назву.

### ***Наприклад:***

Таблиця 1.1 – Розрахунок витрат припливу у водоймище

Таблиці розташовуються відповідно до їх згадування за текстом. Аналогічно підписують і нумерують рисунки (нижче рисунка). В таблицях обов'язково вказується розмірність величин.

Сторінки тексту нумеруються, включно із таблицями, графіками (коли вони займають окрему сторінку).

Приблизний обсяг курсового проекту: розрахунково-пояснювальна частина – 40-50 сторінок, включно із таблицями.

## **2 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

### **2.1 Загальні положення**

Під водогосподарськими розрахунками розуміють сукупність розрахунків і проектних опрацювань, що містять такі основні розділи: виявлення ресурсів і режиму використання водного об'єкта, підготовка вихідних даних для проектування; визначення вимог водокористувачів до водних ресурсів і режиму регулювання стоку; узгодження і взаємне ув'язування цих вимог між водокористувачами; розрахунок водогосподарських балансів річок у створах водозабору і проєктованих споруд; розрахунки основних водогосподарських параметрів, що визначають розміри споруд і водосховищ (об'єми водосховищ, необхідні для регулювання стоку, і, відповідно, підпірні рівні споруд; розміри водоскидних отворів тощо); вибір методів водогосподарських розрахунків стосовно прийнятих основних параметрів споруд і водосховищ; складання правил управління роботою водосховищ, що забезпечують реалізацію запланованих заходів; розрахунки регулювання стоку або водної енергії і складання характеристик режиму роботи установки або каскаду установок; здійснення ряду спеціальних розрахунків; первинного наповнення водосховищ, процесу їх замулювання, вирішення оптимізаційних завдань управління водними ресурсами тощо.

Проектowana водогосподарська споруда розраховується на тривалий термін експлуатації протягом наступного після будівництва періоду. Тому для водогосподарських розрахунків необхідно використовувати можливі для цього періоду значення річкового стоку і його режимні характеристики. Наприклад, при обґрунтуванні розмірів водоймищ із заданою водовіддачею необхідно враховувати характер можливого в майбутньому маловоддя — його тривалість і ступінь зниження стоку. Розміри водопропускних споруд у тілі греблі також повинні встановлюватися на підставі розрахунків можливих високих повеней і паводків протягом майбутнього періоду експлуатації споруд.

Таким чином, дані про річковий стік безпосередньо використовуються для обґрунтування як розмірів, так і режиму експлуатації водогосподарських споруд, що забезпечують задане водоспоживання. Під час виконання водогосподарських розрахунків виникає необхідність використання даних про фактори, що впливають на стік — метеорологічні (опади, випаровування,



температура повітря й ґрунту тощо), ландшафт водозбору (рельєф, ґрунтова й геологічна будова, рослинність), морфометричні й гідравлічні характеристики річкового русла тощо.

Вимоги до повноти вихідних даних в основному диктуються масштабами запланованого регулювання стоку, розмірами створюваного підпору, розміщенням інших рівнів у схемі використання водотоку, очікуваними русловими процесами тощо.

Точність і ступінь детальності вихідної інформації визначаються також стадією проектування. У нашій країні прийняте, як правило, тристадійне проектування: обґрунтовувальні матеріали, (техніко-економічне обґрунтування), проект і робочі креслення. На першій стадії проектування обов'язковому розгляду підлягає схема використання водних ресурсів водотоку і його приток.

## **2.2 Вихідна інформація й способи її використання**

Гідрологічна інформація, отримувана з багаторічних спостережень Державної мережі Гідрометслужби, є основою гідрологічних розрахунків під час водогосподарського проектування. Якість розрахунків залежить від наявності й точності гідрологічних даних. Проектування будь-якого водогосподарського заходу починається з аналізу надійності й однорідності даних наявної мережі, зі здійснення спеціальних гідрологічних досліджень для збору даних за проектом.

Проектні водогосподарські розрахунки доцільно виконувати залежно від розв'язуваних завдань і наявності вихідної інформації за декадними (у повінь або в період відкритого русла) і місячними (у межень) інтервалами часу.

З погляду безпосереднього водогосподарського проектування геологічні й гідрогеологічні матеріали необхідні головним чином для встановлення фільтраційних витрат з водоймищ у процесі їх нормальної експлуатації, а також для оцінки витрат на насичення ґрунтів ложа й бортів водоймища при первісному наповненні до рівня мертвого об'єму й у межах корисного об'єму. Для розв'язання цих завдань польовими дослідженнями встановлюється геологічна будова долини, дані про шпаруватість гірських порід, що її складають, про глибину залягання ґрунтових вод. Для спостереження за зміною рівня ґрунтових вод при первісному наповненні й у процесі нормальної експлуатації водоймища доцільно мати мережу гідрогеологічних створів, що дозволить у сукупності з іншими згаданими даними визначити об'єми води, постійно й тимчасово акумульовані в товщі ґрунтів прибережної смуги водоймища.

Геологічні й гідрогеологічні дані необхідні й під час розрахунків процесів переробки берегів водоймищ і руслових процесів нижче від гідровузла.

Для водогосподарського проектування необхідні також дані метеорологічних спостережень, дані досліджень руслових процесів, відомості про господарську діяльність на водозборі й у руслі ріки, відомості про водокористування за сучасних умов і на перспективу. Відомості про опади використовуються для відновлення пропуску в рядах даних про стік, для екстремальних витрат води на підставі відомостей про максимальну інтенсивність дощового стоку. Велике значення мають дані випаровування, вологості повітря й швидкості вітру, які використовуються для розрахунків витрат на випаровування під час створення водоймищ, а також висоти хвилі на водоймищах. У процесі розрахунків тимчасових витрат на льодоутворення в зимовий період необхідні відомості про висоту снігового покриву й товщину криги на водоймищах. Необхідна й інформація про водоспоживання. Вона надзвичайно різноманітна й у загальному випадку за формою завдання може бути поділена на дві великі групи: 1) інформація, задана у вигляді постійного об'єму, який не змінюється від року до року, з його розподілом за розрахунковими інтервалами всередині року; 2) інформація, що змінюється від року до року залежно від певних гідрологічних, метеорологічних і інших характеристик конкретного року.

До інформації першої категорії належать, у першу чергу, промислове й господарсько-питне водоспоживання, а також обов'язкові санітарні пропуски в нижні б'єфи гідровузлів. Ці водоспоживачі мають високий норматив забезпеченості (>90 %) і його обмеження допускається тільки за екстремально маловодних умов і при порожньому водоймищі; за цих умов для підтримки водоподачі в мінімально припустимому об'ємі іноді дозволяється спрацювання водоймища нижче за РМО до так званого *рівня гранично припустимого спрацювання*.

Із другої категорії видається доцільним розглянути водоспоживання зрошуваного землеробства й екологічні пропуски в нижні б'єфи.

Особливістю зрошуваного водоспоживання вважається те, що зрошувальна норма суттєво змінюється залежно від метеорологічних умов конкретного року. Ці зміни випадкового характеру й тому в загальному випадку повинні бути описані так само, як і стік, кривою забезпеченості. У практиці проектування звичайно користуються східчастою апроксимацією зазначеної кривої із кількістю рівнів не більше п'яти. Таким чином, можна виділити п'ять градацій років за метеорологічними умовами: дуже посушливі, посушливі, середні, вологі, дуже вологі.

При цьому зазвичай використовується не календарний рік із січня по грудень, а водогосподарський (як правило, з початку повені до кінця межені). Практичний зміст такого року полягає в тому, що в його межах виконується певний етап роботи водоймища: наповнення — спрацювання.

Межа водогосподарського року збігається, як правило, з початком першого повеневого місяця. Хоча від року до року час настання повені календарно не тотожний, межу року слід чітко закріплювати, орієнтуючи її на більш ранній початок повені. Цим можна уникнути неминучого спотворення стоку попередньої межені високими витратами ранньої повені, що почалася,

коли за початок року вважається середнє або пізніше її настання. У зв'язку з різноманітністю кліматичних умов використовувані водогосподарські роки мають різні межі: з березня по лютий, із квітня по березень, із травня по квітень тощо.

Ці характеристики встановлюються за багаторічними рядами спостережень. Для застосування стандартних статистичних методів дані необхідно перевірити на стаціонарність і однорідність відомими методами математичної статистики.

Методи моделювання використовуються для одержання гідрологічних даних у таких випадках: за наявності пропусків у рядах спостережень; при короткому періоді спостережень; за відсутності даних для обстежуваної ділянки, наприклад, поблизу гребель, але за їх наявності на сусідніх ділянках.

Для цього розроблено кілька математичних методів і цілий ряд програм розрахунків. Використовувана під час водогосподарського проектування календарна послідовність значень стоку річки повинна бути однорідною, тобто спостережуваний стік повинен бути в природному стані.

Якщо стік ріки регулюється водоймищами, то виконуються розрахунки щодо його ретрансформації, якщо стік вилучається на господарські потреби, то виконуються розрахунки щодо його відновлення, тобто наближення до природного. При цьому враховуються як безповоротне водоспоживання, так і розміри й режим повернення в річку поворотних вод. Аналогічно відновлюється природний стік і у випадку територіального перерозподілу стоку з однієї річкової системи в іншу. Слід зазначити, що природний стік дуже багато років уже в наш час істотно порушений і продовжує порушуватися в результаті експлуатації водоймищ і значних заборів води для водопостачання, зрошення тощо, а відновлення його, тобто повернення до природних умов, ускладнюється. У відновленні ряди вносяться додаткова, іноді істотна похибка, і тому використання їх часто виявляється недоцільним. Тому в проектній практиці часто обмежуються короткими рядами спостережень за стоком, не зруйнованим господарською діяльністю.

Під час проектування каскадів водогосподарських установок вимоги до вихідних гідрологічних даних значно підвищуються. У цьому випадку з'являється необхідність встановлювати бічний приплив на ділянках між створами розташування гідровузлів.

Під **бічним припливом** на ділянці ріки розуміють сумарний стік води всіх постійних і тимчасових водотоків, що безпосередньо впадають у русло із окремого водозбору.

Залежно від наявності вихідних гідрометричних даних, визначення бічної приточності здійснюється такими способами:

- за сумою витрат приток, що впадають у межах ділянки (за висвітлення окремого водозбору спостереженнями на притоках не менше ніж 50%);
- методом водного балансу;

- за різницею витрат води в замикальному створі розрахункової ділянки й у вхідному створі, попередньо трансформованих у руслі на розрахунковій ділянці.

Ускладнюються гідрологічні завдання під час розробки схем спільної роботи гідроелектростанцій у каскадах і на різних річках у складі енергосистем, а також і у зв'язку з вирішенням проблеми територіального перерозподілу стоку з одного басейну в інший. У цих випадках, крім інших проблем, насамперед, виникає необхідність у встановленні зон синхронного й асинхронного коливань стоку на території розглянутих басейнів. Складним є й гідрологічне обґрунтування гідровузлів із водоймищами глибокого багаторічного регулювання. Тут істотного значення набуває питання про циклічність стоку. Накопичені матеріали досліджень показують, що коливання стоку окремих років і сезонів у статистичному змісті не залежні від стоку суміжних років і вилучених із них років і сезонів. Інакше кажучи, об'єми стоку виявляються пов'язаними між собою. Математично цей зв'язок оцінюється коефіцієнтами кореляції, значення яких у більшості випадків додатні й суттєво більші за нуль.

Для початкового циклу різноманітних водогосподарських і водноенергетичних розрахунків використання всього тривалого спостереженого гідрологічного ряду не завжди доцільне.

У цьому випадку припустимі розрахунки або за окремими характерними за водністю роками, або за розрахунковими періодами, що охоплюють послідовності з декількох маловодних років підряд, середні за водністю й багатоводні роки.

Розрахунковий період, тобто відрізок повного гідрологічного ряду, повинен задовольняти умови репрезентативності й задовольняти такі вимоги: за загальною водністю він повинен бути близьким до середнього багаторічного значення (норми стоку), але не більшим; до складу його повинні входити роки різної водності й характерні комбінації років різної водності; коефіцієнт мінливості річного стоку за обраний розрахунковий період повинен бути близьким (але не меншим) до коефіцієнта мінливості річного стоку за весь наявний гідрологічний ряд. Тривалість розрахункового ряду звичайно приймається не меншою за 20 років. Зазначена тривалість умовна й вимагає конкретного обґрунтування залежно від характеру коливань стоку й глибини його регулювання водоймищем. Добір характерних для водогосподарських розрахунків років необхідно проводити не тільки за ознакою водності року. Обов'язково для маловодного року слід вводити додаткові критерії — *водність лімітованого періоду і водність лімітованого сезону*.

Добір маловодного року здійснюється таким чином, щоб його реальний гідрограф відповідав розрахунковій забезпеченості як за загальною водністю, так і за водністю лімітованих періодів і сезонів. Для різних галузей використання водних ресурсів лімітовані сезон і період будуть різними. Наприклад, стосовно забезпечення водою промисловості й міст лімітованим періодом будуть межень і літній сезон, стосовно гідроенергетики — межень

і зимовий сезон, стосовно забезпечення водою сільського господарства — вегетаційний період тощо. Тривалість лімітованого періоду залежить від ступеня планованого регулювання стоку. При сезонному регулюванні стоку вирішальне значення має водність усієї межени. При повному річному регулюванні стоку міжсезонний розподіл стоку не впливатиме на результат розрахунків і модель маловодного року добирається за забезпеченістю річного стоку, близькою до забезпеченості віддачі.

У водогосподарських розрахунках режим природного, не зміненого людською діяльністю стоку ріки вважається незмінним як протягом періоду попередніх гідрологічних спостережень, так і протягом періоду майбутньої експлуатації споруд і водоймищ. Унаслідок цього хронологічна послідовність зміни природного стоку в часі розглядається як прототип майбутнього режиму. Правильність такого припущення підтверджується досвідом експлуатації численних водогосподарських установок, запроектованих і побудованих на його основі. При цьому, чим триваліший календарний ряд спостережень за стоком ріки, тем надійніші отримані на його підставі параметри й проектні режими роботи водоймища й гідровузла. Із накопиченням даних спостережень за стоком, наприклад, через кожні 3 - 5 років, гідрологічні, водогосподарські й водно-енергетичні розрахунки проводяться заново й уточнюються статистичні параметри річного й сезонного стоку, гарантовану водо- й енерговіддачу споруджуваних й експлуатованих водоймищ і гідровузлів.

### **2.3. Особливості підготовки вихідних гідрологічних даних під час використання природної водойми (озера) під водоймище**

Якщо у водоймище перетворюється озерна водойма шляхом створення підпору греблею, що споруджується поблизу витоків річки з озера або на деякій відстані від нього, водогосподарські розрахунки необхідно проводити не за витратами стоку із цього озера, а за витратами припливу в нього. Цим досягається запобігання регульовальному впливу озера на стік річки за природних умов.

Витрати припливу можуть бути отримані:

1) за сумою витрат приток, що впадають в озеро (з урахуванням стоку з водозбору, не врахованого припливами). При цьому отримуємо приплив бруто. Спосіб пояснень не вимагає;

2) за витратами стоку річки в створі планованих підпірних споруд за винятком витрат акумуляції в озері за природних умов. При цьому визначається приплив в озеро з відрахуванням витрат на випаровування з його водного дзеркала.

Для підрахунку витрат припливу другим способом, широко використовуваним у проектній практиці, необхідно мати такі вихідні дані: витрати стоку з озера, дані спостережень за рівнями озера, криву залежності площі водного дзеркала озера від рівнів. Якщо спостереження велися на

декількох постах, то в розрахунках слід використовувати середньоарифметичні дані з показників усіх постів.

Підрахунок витрат припливу в озеро ведеться в табличній формі шляхом розв'язання рівняння водного балансу озера за інтервал часу (табл.2.1):

$$Q_{np} = Q_{cm} \pm \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad (2.1)$$

де  $Q_{np}$  - витрата припливу, м<sup>3</sup>/с ;

$Q_{cm}$  - відповідна витрата стоку з озера, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta V = \Delta Z \cdot F_{сер}$  - об'єм додатньої або від'ємної акумуляції, тобто об'єм води, затриманої в озері або спрацьованої з нього;

$\Delta Z$  - зміна рівня озера за розрахунковий інтервал часу  $\Delta t$ , м;

$\Delta Z = Z_{i+1} - Z_i$ , ( $Z_{i+1}$  і  $Z_i$  - рівні озера на початок і кінець  $\Delta t$ , відповідно);

$F_{сер}$  - площа дзеркала озера на рівні  $Z_{сер} = (Z_i + Z_{i+1})/2$ , км<sup>2</sup>. У наведеній вище формулі знак плюс відповідає підвищенню рівня в озері, тобто затриманню частини припливу, а знак мінус — спаду рівня, тобто спрацюванню затриманої в період повені частини об'єму припливу.

Таблиця 2.1 - Підрахунок витрат припливу у водоймище

Розрахунковий інтервал $\Delta t$ часу	$Q_{cm}$ , м <sup>3</sup> /с	$Z$ , м		$\Delta Z$ , м	$F_{сер}$ , км <sup>2</sup>	$\Delta V$ , 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	$\frac{\Delta V}{\Delta t}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{np}$ , м <sup>3</sup> /с
		на кінець інтервалу	на середину інтервалу					
		1.06						
IV	857	1.19	1.12	0.13	1950	254	98	955
V	1970	1.77	1.48	0.58	2090	1215	462	2432
VI	1400	2.67	2.22	0.90	2350	2120	806	2206

Природні водойми (озера) у наш час широко використовуються для зрошення й водопостачання. Для розрахунків ступеня зниження витрат води поблизу витоку ріки з озера, під час забору води з озера на ці потреби необхідно враховувати його регульовальну здатність. З урахуванням цього зниження витрат води в джерелі не буде витрат, що однаково забираються з озера.

Для проведення подібних розрахунків необхідні такі вихідні дані: графік водоспоживання (режим забору води з озера); витрати припливу води

в озеро; залежність об'ємів озера від рівнів -  $V = f(Z)$ ; крива пропускної здатності джерела -  $Q = f(Z)$ .

Припустімо, що на початок  $\Delta t$  відомі рівень озера  $Z_0$  й відповідний йому об'єм озера  $V_0$ , а також витрата забору води  $Q_1$ . Об'єм забору за  $\Delta t$  складе  $\Delta V_1 = Q_1 \Delta t$ . Наповнення озера на кінець  $\Delta t$ :  $V_t = V_0 - \Delta V_1$ . За  $V_t$  із кривої  $V = f(Z)$  знімаємо  $Z_t$ , а за  $Z_t$  із кривої  $Q = f(Z)$  поблизу витoku -  $Q_t$  поблизу витoku. Природно, що різниця витрат поблизу витoku ( $Q_0 - Q_1$ ) не відповідає витраті  $Q_t$ . Аналогічним прийомом розраховується проектний гідрограф поблизу витoku при використанні озера для різних господарських цілей з урахуванням його природної регулювальної здатності. Схема розрахунків наведена на рис. 2.1

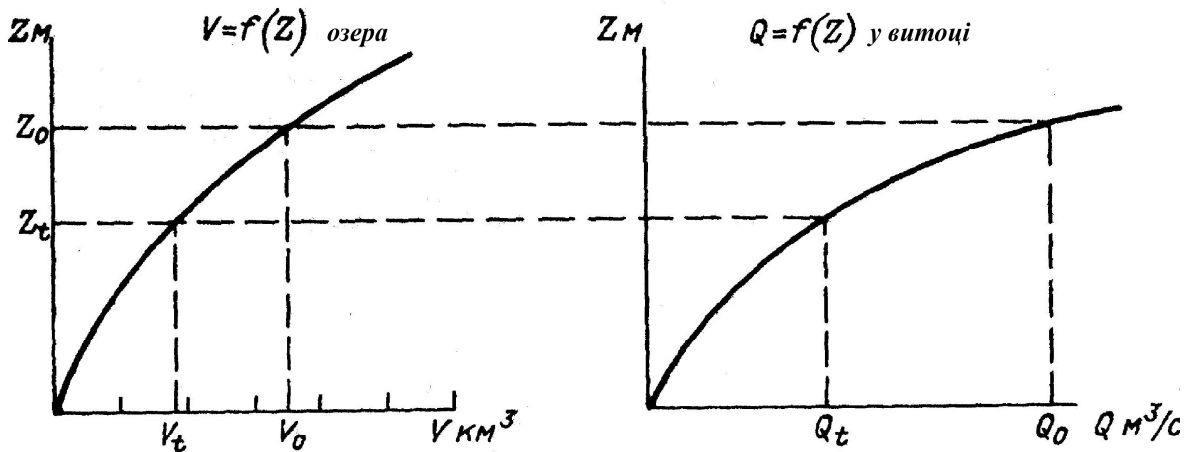


Рисунок 2.1 – Схема розрахунків витрат води поблизу витoku ріки з озера, під час забору з нього води на господарські потреби

#### 1.4. Топографічні характеристики водоймищ

Основною топографічною характеристикою водоймища є криві залежності площ дзеркала ( $F$ ) і об'ємів ( $V$ ) від підпірного рівня (наповнення водоймища). Для розрахунків цих характеристик використовуються, як правило, топографічні карти в масштабі 1:25 000 або 1:10 000.

Площі дзеркала водоймища за тих або інших положень підпірного рівня визначаються шляхом планіметрування на картах площ, обмежених контурами горизонталей і лінією поздовжньої осі підпірної споруди, що замикає горизонталі з обох берегів. Для побудови залежності площ дзеркала від рівнів необхідно провести планіметрування на картах площ при всіх

горизонталях у межах від початкового рівня  $Z_0$  (урізу води) до можливого підпірного рівня -  $Z_n$ .

Нехай у межах планованого підпору - до  $Z_n$  отриманий ряд значень площ дзеркала  $F_1, F_2, \dots, F_n$ . З'єднуючи ці точки прямою, можна побудувати залежність  $F = f(Z)$ , зображену у вигляді ламаної лінії на рис. 1.2

Ординати кривої  $V = f(Z)$  для будь-якої оцінки  $Z$  розраховуються шляхом послідовного підсумовування від  $Z_0$  елементарних об'ємів  $\Delta V_i$ , обумовлених виразом:

$$\Delta V_i = \frac{1}{3} (F_i + \sqrt{F_i F_{i+1}} + F_{i+1}) \Delta Z \quad (2.2)$$

або при малому  $\Delta Z$ :

$$\Delta V_i = \frac{1}{2} (F_i + F_{i+1}) \Delta Z. \quad (2.3)$$

де  $\Delta V_i$  - елементарний об'єм водоймища між горизонталями  $Z_i$  і  $Z_{i+1}$  км<sup>3</sup>;

$F_i$  і  $F_{i+1}$  - площі дзеркала водоймища, відповідно, при рівнях  $Z_i$  і  $Z_{i+1}$ , км<sup>2</sup>;

$\Delta Z = Z_{i+1} - Z_i$ , м.

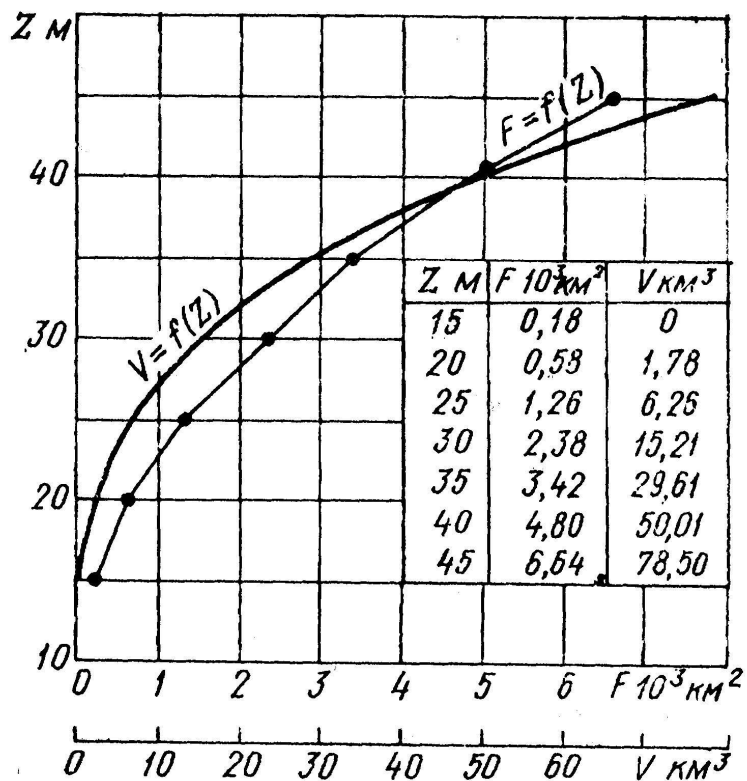


Рисунок 2.2 – Криві площ дзеркала ( $F$ ) і статистичних об'ємів ( $V$ ) водоймища



Розрахунки топографічних характеристик водоймища зручно вести за формою табл. 2.2

З табл. 2.2 видно, що середні площі, розраховані за наведеними виразами, при невеликому кроці за висотою різняться мало. Об'єми водоймища в табл.2.2 розраховані за (2.2). За (2.3) розрахований повний об'єм водоймища при рівні 55 м, який склав 171.8 км<sup>3</sup>, тобто різниця склала близько 1.0 %.

За даними табл.2.2 будують залежності  $F = f(Z)$  й  $V = f(Z)$  (рис.2.2). Форма кривої  $F = f(Z)$  визначається конфігурацією долини й може мати неправильний обрис. Залежність  $V = f(Z)$  виражається плавною опуклою кривою параболічного виду.

Таблиця 2.2 - Розрахунки топографічних характеристик водоймища

Рівень води, Z, м	Площа дзеркала води, F, км <sup>2</sup>	$\frac{F_i + F_{i+1}}{2}$	$F_i + \sqrt{F_i + F_{i+1}}$	Висота шару води, ΔZ, м	Об'єм шару води, ΔV <sub>i</sub> , км <sup>3</sup>	Об'єм водосховища, V = ∑ ΔV <sub>i</sub> , км <sup>3</sup>
		км <sup>2</sup>	км <sup>2</sup>			
15	175	375	356	5	1,78	0
20	575	918	895	5	4,48	1,78
25	1260	1820	1790	5	8,95	6,26
30	2380	2900	2880	5	14,4	15,21
35	3420	4110	4090	5	20,4	29,61
40	4800	5720	5700	5	28,5	50,01
45	6640	7970	7930	5	39,6	78,51
50	9300	10550	10530	5	52,6	118,1
55	11800					170,1

Оскільки крива  $V = f(Z)$  розрахована за умов горизонтальності рівня водоймища, тобто відповідає гідростатичній рівновазі нерухомої рідини, вона зветься **статичною кривою об'ємів водоймища**.

Для неглибоких і протяжних водоймищ середнього й невеликого об'єму негоризонтальність їх водної поверхні досить значна. У цьому випадку розрахунки необхідно здійснювати за динамічними кривими об'ємів.

## 2.5. Основні методи розрахунків регулювання стоку

Аналіз наявних методів розрахунків регулювання стоку дозволяє розподілити їх на три основні групи стосовно використання ряду гідрологічних спостережень річкового стоку за минулий період:

**1. Календарні методи.** Виконання розрахунків безпосередньо за календарними природними, не зміненими людською діяльністю, гідрологічними рядами з наступною статистичною обробкою їх результатів. Цей спосіб найбільш розповсюджений у проектній практиці. У ньому передбачається, що використовувані для розрахунків дані минулих років спостережень відображають усі складні закономірності процесу стоку в майбутньому. Позитивною якістю його є наочність, універсальність у галузі застосування, що досить важливо під час розробки планів експлуатації водоймищ, регулювання віддачі в складних водогосподарських системах. Однак невелика довжина ряду спостережень за стоком іноді призводить до значних похибок під час визначення тих чи інших водогосподарських параметрів.

**2. Імовірнісні методи.** Проведення розрахунків регулювання стоку за статистичними параметрами кривих забезпеченості об'ємів річного стоку ( $\bar{Q}_2$  або  $\bar{W}_2, Cv_2, Cs_2, r_1$ ), отриманими шляхом попередньої обробки вихідних рядів стоку.

Імовірнісні методи дозволяють теоретично оцінити ймовірності різних змін водності річок. У результаті усувається можлива помилка в оцінюванні регулювальної здатності водоймищ під час розрахунків за короткими гідрологічними рядами.

**3. Метод математичного моделювання, або метод статистичних випробувань (Монте-Карло).** Основна ідея цього методу полягає в створенні математичної моделі процесу річкового стоку. Метод має дещо спільне із двома вище зазначеними способами використання гідрологічних даних у виконуваних водогосподарських розрахунках. Спільним із першим є те, що й тут водогосподарські розрахунки проводяться безпосередньо для гідрологічного ряду, який, на відміну від спостережуваного, створений шляхом моделювання процесу стоку. Ця реалізація досягається через установлені статистичні параметри, тобто функцію розподілу ймовірностей стоку — у цьому спільне із другим способом. Статистичні випробування доповнюють спостережуваний ряд, який є одним із варіантів чергування маловодних і багатоводних років і сезонів, безліччю інших варіантів

комбінацій років різної водності, що має величезне значення для правильного вирішення завдань багаторічного регулювання стоку.

Прийняття того чи іншого методу за основу зумовлюється тривалістю наявного гідрологічного ряду й запланованим ступенем регулювання стоку, що визначає тривалість циклів спрацювання й наповнень водоймища.

При сезонному регулюванні стоку, коли цикл роботи водоймища замикається в межах кожного року, обґрунтування параметрів водоймищ, побудову диспетчерських правил керування режимом їх роботи й оцінку гарантованих і середніх багаторічних значень віддач водоймищ практично завжди з необхідною точністю можна виконати безпосередньо за рядом спостережень, якщо його довжина становить не менше 25-30 років (перший спосіб). У цих випадках статистичні методи залучаються лише для одержання екстремальних значень стоку, не визначених спостереженнями.

Досить складним випадком є проектування водоймища багаторічного регулювання стоку, при якому цикл його наповнення й спрацювання вимірюється декількома роками. Тому для розрахунків багаторічного регулювання стоку за календарним гідрологічним рядом необхідно, щоб ряд був тривалим і містив у собі угруповання маловодних років, що дають критичне спрацювання заданого об'єму водоймища.

Оскільки в практиці звичайно доводиться мати справу з гідрологічними рядами обмеженої тривалості, за основу розрахунків багаторічного регулювання береться другий або третій спосіб, тобто з використанням кривих розподілу ймовірностей стоку або безпосередніх гідрологічних рядів, змодельованих за методом Монте-Карло.

Спостережені гідрологічні ряди в цьому випадку використовуються для одержання характеристик режиму регулювання й під час розробки правил управління роботою водоймищ

## 2.6 Витрати води з водоймищ

У водогосподарських розрахунках ураховуються витрати води на випаровування, фільтрацію й шлюзування. У деяких випадках підлягають обліку й витрати води на льодоутворення.

Вода, що витрачається на випаровування, втрачається для даного водоймища. Вода, що фільтрується в нижній б'єф, втрачається лише для споживачів, що використовують воду з водоймища. Витрати на випаровування з водної поверхні водоймищ являють собою додаткове випаровування порівняно з таким самим для незатопленої поверхні, тобто з поверхні суходолу, і задаються у вигляді сумарного шару випаровування за рік з розподілом за місяцями. Шар додаткового випаровування  $E_d$  фізично являє собою різницю між природним стоком з планованої до затоплення суші  $y_c$  і стоком із дзеркала водоймища  $y_e$ . При цьому  $y_e$  визначається різницею між опадами  $x$ , що випали на водне дзеркало, і випаровуванням з водної поверхні  $E_e$ , тобто  $y_e = x - E_e$ . Таким чином, шар додаткового випаровування  $E_d = y_c - y_e$ .

Підставивши замість  $y_e$  його значення  $(x - E_e)$  і зробивши деяку перестановку, одержимо:

$$E_e = y_c - (x - E_e) = E_e - (x - y_c), \quad (2.4)$$

де  $y_c$  - стік з планованої до затоплення суші, мм;

$E_e$  - випаровування з водної поверхні, мм;

$x$  - опади, що випали на водне дзеркало, мм.

За умови, що в середньому за багато років різниця  $x - y_c$  дорівнює випаровуванню з поверхні суходолу, планованої до затоплення —  $E_c$ . Тоді формула для знаходження шару додаткового випаровування набуде вигляду:

$$E_d = E_e - E_c, \quad (2.5)$$

Де  $E_d$  - шар додаткового випаровування, мм;

$E_e$  - випаровування з водної поверхні, мм;

$E_c$  - випаровування з поверхні суходолу, планованої до затоплення, мм

Іноді стоком  $y_c$  зневажають і визначають шар додаткового випаровування з деяким запасом:

$$E_d = E_e - x, \quad (2.6)$$

де використано значення з попередньої формули.

Усі величини у формулах виражаються в міліметрах шару. Середня за інтервал  $\Delta t_i$  витрата втрат води на додаткове випаровування  $\bar{Q}_{ui}(t)$  ( $u$  м<sup>3</sup>/с) дорівнює:

$$\bar{Q}_{ui} = E_{di} \cdot \bar{F}_i / 10000 \cdot \Delta t_i, \quad (2.7)$$

де  $\bar{Q}_{ui}$  - витрата води на додаткове випаровування за  $\Delta t_i$ , м<sup>3</sup>/с;

$E_{di}$  - шар витрат на додаткове випаровування протягом розрахункового інтервалу часу  $\Delta t_i$ , мм;

$\bar{F}_i$  - середня площа водоймища, м<sup>2</sup>;

1000 – перехідний коефіцієнт для переведення шару з міліметрів у метри.

$\bar{F}_i$  визначають із залежності  $F = \bar{F}_e = f(Z)$  при рівні, що відповідає середньому наповненню водоймища за розрахунковий інтервал часу  $\Delta t_i$ , у секундах: декаду, місяць (при розрахунках регулювання за календарним гідрологічним рядом) або сезон, рік (при розрахунках регулювання узагальненими методами).

Останніми роками в практиці водогосподарських розрахунків прийнято задавати інформацію про  $E_e$ ,  $E_c$  і відповідно про  $E_d$  для трьох характерних за загальною зволоженістю категорій років – вологого, середнього й посушливого.

Втрати на випаровування розраховуються, як правило, для періоду відкритого русла.

Під час створення водоймищ у вузьковідомчих цілях (наприклад, для зрошення) при розрахунках втрат на додаткове випаровування з водної поверхні водоймищ сезонного регулювання стоку приймається можливий випадок комбінації за кліматичними умовами (різниця високого випаровування з водної поверхні  $p=25\%$  і невеликого випаровування із суходолу  $p=75\%$ , що відповідає розрахунковій забезпеченості зрошення). Для водоймищ багаторічного регулювання стоку розрахунки витрат у цьому випадку проводяться за середніми багаторічними даними. Витрати на додаткове випаровування змінюються в широкому діапазоні – від 0 для північних районів до 10 % середнього багаторічного стоку річки – для південних районів.

Витрата води на фільтрацію з верхнього в нижній б'єф крізь гідротехнічні споруди й в обхід їх, а також різного роду протікання крізь нещільності закритих затворів водоскидних отворів і неробочих турбін визначаються за емпіричними залежностями, відомими з гідравліки. В основному це фільтрація крізь земляні греблі.

Витрати води на фільтрацію приймаються, як правило, за аналогами, постійними протягом усього року й від року до року звичайно не змінюються.

На судноплавних річках у складі гідровузлів передбачаються шлюзи. За цих умов необхідно враховувати витрати води на шлюзування.

Витрати води на шлюзування враховуються тільки в навігаційний період.

Витрати на льодоутворення являють собою кількість криги, що осіла на берегах водоймища під час зимового спрацювання. Ці витрати при заданій морфометрії чаші водоймища визначаються кліматичними характеристиками зими, що зумовлюють товщину криги. У практиці проектування ця інформація задається у вигляді розподілу товщі криги за місяцями для трьох категорій зими — теплої, середньої, холодної. Навесні в процесі танення криги, зафіксовані втрати вертаються у водоймище, тобто додаються до припливу у водоймище звичайно в 1 - 2-у декади на початку водопілля.

Якщо водоймище не спрацьовується, то під час утворення льоду режим рівнів не змінюється. Пояснюється це витисненням плаваючою кригою шару води, який дорівнює її масі.

Якщо ж розрахунки витрат на випаровування ведуться за весь рік, сніговий приплив виявляється вже врахованим і повторному обліку не підлягає.

Витрати води на льодоутворення підлягають обліку при сезонному регулюванні, тобто коли водоймище щороку спрацьовується до РМО. При багаторічному ж регулюванні в більшості років водоймище до кінця зими спрацьовується лише частково й тому об'єм витрат може бути запозичений із запасу води водоймища, що залишився, переходить на майбутній водогосподарський рік, до відновлення його навесні. Ситуація, аналогічна до сезонного регулювання, створюється в останній рік критичного маловоддя, коли до кінця зими цього року водоймище спрацьовується повністю – до

РМО. У цьому випадку витрати на льодоутворення (і сніговий приплив) також підлягають обліку у водогосподарських розрахунках.

## 2.7 Регулярне зрошення на місцевому стоці

Місцевий стік утворюється за рахунок весняних талих і зливових вод, що стікають із водозбірних площ у лощини, балки, яри й річки, а також в озера і закриті зниження.

Невикористані ж запаси вод місцевого стоку довільно стікають із водозбірних площ у гідрографічну мережу, викликаючи процеси водної ерозії й непродуктивне затоплення земельних угідь.

Використання вод місцевого стоку дозволяє підвищити врожайність сільськогосподарських культур, зменшити паводкове затоплення територій і ерозію ґрунту на водозборах, підвищити внутрішній вологообіг і ґрунтове живлення річок.

За наявності зрошення собівартість одиниці продукції нижча в 2,1...2,6 рази, ніж без зрошення. При поливі овочевих і технічних культур капіталовкладення окупуються за один рік.

**Комплексне використання вод місцевого стоку.** Найбільш ефективним і доцільним є комплексне використання місцевого стоку й підземних вод, коли одночасно вирішуються завдання водопостачання, обводнювання й риборозведення.

Для цього складають басейнові схеми комплексного використання вод місцевого стоку. Під час складання схеми розраховують баланс водних ресурсів басейну на розрахунковий рік, тобто визначають усі прибуткові й видаткові статті. Споживання води підраховують відповідно до кількості водоспоживачів і норм водоспоживання на розрахунковий рік. Приплив води знаходять гідрологічними розрахунками. Корисний об'єм води, який може бути використаний водоспоживачами, визначають для конкретних умов басейну водогосподарськими розрахунками відповідно до норм проектування.

У результаті розрахунків визначають дефіцит води в окремих частинах басейну, на підставі чого проектують заходи щодо регулювання місцевого стоку.

**Вибір місця для ставка, споруд і зрошуваної ділянки.** Ставком вважається водойма, утворена греблею, ємність якої не перевищує 1 млн. м<sup>3</sup>. Водойми, створені греблями, але з більшою ємністю, називаються водоймищами і являють собою більш складний комплекс споруд.

Для проектування ставків проводять необхідні польові дослідження.

Топографічні роботи проводять для складання плану місцевості в горизонталях, поперечних і поздовжніх профілях, а також для побудови кривих об'ємів  $W$  і площ дзеркала  $F$  ставка залежно від рівня підпору  $h$ ,  $F=f(h)$  і  $W=f(h)$ .

Гідрологічні дослідження проводять для з'ясування природного режиму водотоку; зміни рівнів і витрат води, режиму наносів і зимового режиму, визначення водозбірної площі.

Геологічні й гідрогеологічні дослідження ставлять своїм завданням з'ясувати геологічну будову місця будівництва ставка, механічні властивості ґрунтів, режим ґрунтових вод і фільтраційні властивості ґрунтів.

Виробничо-будівельні дослідження дозволяють з'ясувати розташування кар'єрів будівельних матеріалів і можливість транспортування їх до місця будівництва.

Ставок розташовують на невеликій відстані від основного споживача. При використанні води для зрошення необхідно, щоб розташування створу греблі забезпечувало самопливне подавання води на зрошувану ділянку. Якщо самопливний забір води зі ставка неможливий, то положення створу греблі вибирають таким чином, щоб була найменша довжина напірного трубопроводу, який подає воду від насосної станції до зрошуваної ділянки, і найменша висота підйому води.

Порівнюють кілька варіантів розташування ставка й ухвалюють той, при якому сумарні капіталовкладення й щорічні витрати на зрошення 1 га або вартість 1 м<sup>3</sup> води будуть найменшими, а технічне рішення гідровузла – найбільш надійним.

### **Водогосподарський і гідрологічний розрахунки**

У процесі цих розрахунків складається топографічна характеристика водойми (рис. 2.2), визначається потреба господарства у воді, характерні об'єми води в ставку й відповідні їм оцінки рівнів, а так само скидної витрати.

Наповнення ставків, призначених для зрошення, розраховується на об'єм стоку з імовірністю перевищення 75 %.

У зв'язку з тим що спостережень за стоком річки не проводилося й немає річок-аналогів, гідрологічні розрахунки ведемо на основі наявних карт стоку.

Об'єм весняного стоку 75%-ї забезпеченості знаходимо за формулою:

$$W_{75\%} = 100h_{75\%}F, \quad (2.8)$$

де  $F$  — площа водозбору, км<sup>2</sup>;  $h_{75\%}$  - шар стоку 75%-ї забезпеченості, обчислюється за формулою:

$$h_{75\%} = k_{75\%}h_{\text{ср}} \quad (2.9)$$

де  $h_{\text{ср}}$  — середній багаторічний шар стоку водопілля, мм, визначається за картою ізоліній середнього шару стоку водопілля річок СРСР [5],  $k_{75\%}$  - модульний коефіцієнт 75%-ї забезпеченості, що визначається за формулою

$$k_{75\%} = 1 + \Phi_{75\%} C_v, \quad (2.10)$$

де  $\Phi$  - число Фостера;

$C_v$  коефіцієнт варіації; за його значенням приймається коефіцієнт асиметрії  $C_s$

Користуючись таблицею нормованих відхилень від середнього значення ординат біноміальної кривої забезпеченості при відповідних значеннях  $C_v$ ,  $C_s$  знаходимо значення модульного коефіцієнта  $k_{75\%}$  [5]

Знаючи об'єм чаші ставка при НІР та РМО визначається робочий об'єм ставка, який дорівнюватиме

$$W_{\text{роб}} = W_{\text{нпр}} - W_{\text{мо}}, \quad (2.11)$$

де  $W_{\text{роб}}$ - робочий об'єм ставка, тис.м<sup>3</sup>;

$W_{\text{нпр}}$  - об'єм ставка при НІР, тис.м<sup>3</sup>;

$W_{\text{мо}}$  - об'єм ставка при РМО, тис.м<sup>3</sup>

Загальний об'єм води в ставку, призначеному для зрошення й водопостачання  $W_{\text{п}}$ , тис.м<sup>3</sup> складається з:

$$W_{\text{п}} = W_{\text{водосп}} + W_{\text{мо}} + W_{\text{в}} + W_{\text{ф}}, \quad (2.12)$$

Де  $W_{\text{водосп}}$ - об'єм водоспоживання, тис.м<sup>3</sup>;

$W_{\text{мо}}$  - об'єм ставка при РМО, тис.м<sup>3</sup>;

$W_{\text{в}}$  - витрати води на випаровування, тис.м<sup>3</sup>;

$W_{\text{ф}}$  - витрати води на фільтрацію, тис.м<sup>3</sup>

Корисний об'єм  $W_{\text{к}}$ , тис.м<sup>3</sup> який можна забрати зі ставка для зрошення, розраховується за формулою

$$W_{\text{к}} = W_{\text{роб}} - W_{\text{госп}} - W_{\text{в}} - W_{\text{ф}}, \quad (2.13)$$

де  $W_{\text{роб}}$ - робочий об'єм ставка, тис.м<sup>3</sup>;

$W_{\text{госп}}$  - об'єм води на господарські потреби, тис.м<sup>3</sup>;

$W_{\text{в}}$  - витрати води на випаровування, тис.м<sup>3</sup>;

$W_{\text{ф}}$  - витрати води на фільтрацію, тис.м<sup>3</sup>

Об'єм витрат на випаровування тис.м<sup>3</sup> визначається за формулою:

$$W_{\text{в}} = F U \quad (2.14)$$

де  $F$ - площа дзеркала ставка при НІР в км<sup>2</sup> визначається за топографічною характеристикою водойми;

$U$ - шар випаровування з водної поверхні, в мм приймається для прикладу по мст. Одеса за табл. (додаток А).



У попередніх водогосподарських розрахунках витрати води на випаровування для України можна приймати для лісової зони 350...650 мм, а для степової – 650... 1000 мм [1]

Для зменшення витрат на випаровування по контуру ставка висаджують лісосмуги шириною 20...30 м.

Об'єм води на фільтрацію приймається в розмірі 3 % від об'єму води, що лишається у водоймі в кожному наступному місяці.

За сприятливих гідрогеологічних умов витрати на фільтрацію дорівнюють 0,5 м шару води на рік або 5...10 % об'єму ставка; за середніх умов - 0,5..1,0 м (12...24.%); при проникних ґрунтах – 1,0...2,0 і більше (24...36 % об'єму ставка) [1].

Для зменшення фільтраційних витрат застосовується ущільнення ґрунтів ложа ставка, штучна кольматація, а також покриття поліетиленовою плівкою.

Об'єм притоку опадів на площу дзеркала ставку визначається за формулою

$$W_0=FO , \quad (2.15)$$

де F- площа дзеркала ставка для кожного місяця, км<sup>2</sup>, O – шар опадів кожного місяця, мм.

Визначається середньозважена зрошувальна норма нетто для заданої сівозміни за формулою:

$$M_{\text{ср.взв}}^{\text{ум}} = \frac{a_1}{100} M_1 + \frac{a_2}{100} M_2 + \dots + \frac{a_n}{100} M_n \quad (2.16)$$

де M<sub>1</sub>..M<sub>n</sub> – зрошувальна норма культури сівозміни, м<sup>3</sup>/га;  
a<sub>1</sub>,...a<sub>n</sub> - частка культури в сівозміні.

Приймається η - коефіцієнт корисної дії зрошувальної системи 0,98. Тоді середньозважена зрошувальна норма бруто дорівнює, м<sup>3</sup>/га:

$$M_{\text{ср.взв}}^{\text{бр}} = \frac{M_{\text{ср.взв}}^{\text{ум}}}{\eta} , \quad (2.17)$$

Об'єм води зі ставка на зрошення W<sub>зрош</sub>, тис.м<sup>3</sup> визначається за формулою:

$$W_{\text{зрош}} = \frac{M_{\text{ср.взв}} \omega_{\text{ор}}}{\eta} \quad (2.18)$$

де M<sub>срзв.зр</sub> - середньозважена зрошувальна норма бруто, м<sup>3</sup>/га;

ω<sub>зр.</sub> - площа зрошення нетто, га;

η - коефіцієнт корисної дії зрошувальної системи.

Об'єм води для водопостачання W<sub>в</sub>, тис.м<sup>3</sup> визначають за формулою:

$$W_B = Q_1 n_1 T_1 + Q_2 n_2 T_2 + \dots + Q_n n_n T_n, \quad (2.19)$$

де  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  – норма водоспоживання, м<sup>3</sup>/доб;  $n_1, n_2, \dots, n_n$  – кількість водоспоживачів (люди, тварини, підприємства з урахуванням їх перспективного росту);  $T_1, T_2, \dots, T_n$  — тривалість водоспоживання, діб.

Загальна потреба господарства у воді дорівнює:

$$W_{\text{пот}} = W_{\text{зрош}} + W_B, \quad (2.20)$$

де  $W_{\text{пот}}$  – загальна потреба господарства у воді, тис.м<sup>3</sup>,

Значення інших складових – з попередніх формул.

Визначивши об'єм ставка  $W_{\text{п}}$ , порівнюють його з об'ємом чаші  $W_{\text{ч}}$  і об'ємом весняного стоку заданої забезпеченості  $W_{\text{вес}}$ . При цьому повинна виконуватися умова  $W_{\text{ч}} > W_{\text{п}} < W_{\text{вес}}$ , де  $W_{\text{ч}}$  — визначають за графіком  $W=f(h)$ .

Якщо  $W_{\text{п}} < W_{\text{вес}}$  — здійснюють сезонне регулювання стоку. Якщо  $W_{\text{п}} > W_{\text{вес}}$  — необхідно застосувати багаторічне регулювання стоку.

Ставки й водоймища, призначені для водопостачання при сезонному регулюванні, повинні наповнюватися стоком 97%-ї забезпеченості, а призначені для зрошення — 75...80 %-ї забезпеченості.

Можлива площа зрошення (сівозміни) складе:

$$F_{\text{зрош}} = \frac{W_0}{M_{\text{ср.взв.}}^{\text{бр}}} \quad (2.21)$$

де  $M_{\text{срзв.зр}}$  - середньозважена зрошувальна норма бруто, м<sup>3</sup>/га;

$W_{\text{к}}$  - корисний об'єм, який можна забрати зі ставка для зрошення, тис.м<sup>3</sup>

$F_{\text{зрош}}$  - можлива площа зрошення, га

**Розрахункова витрата водоскидної споруди.** У багатоводні роки об'єм стоку більший за ємність ставка. Оскільки переливання води через земляну греблю неприпустиме, то надлишок її необхідно скидати крізь водоскидну споруду. Як водоскид використовують природний водообхід, штучний канал, швидкотік, перепад, консольне скидання, шлюз-регулятор, а також напірні труби, сифонні й шахтні водоскиди.

Як правило, поріг водоскиду розташовують на відмітці НПР. Тому скидання води з водоймища починається автоматично після того, як ставок наповниться до цього рівня. Під час водопілля, викликаного інтенсивним сніготаненням або паводку, викликаного зливою, вода в ставку тимчасово піднімається вище за НПР до відмітки форсованого підпертого рівня (ФПР).

Ставки для зрошення, водопостачання й риборозведення при ємності більше 0,2 млн. м<sup>3</sup> відносять до IV класу, а при меншій ємності — до V класу капітальності. При цьому розрахункова забезпеченість максимальних витрат

приймається для IV класу - 3...5 %, для V класу - 5...10% (відповідно — надзвичайні й нормальні умови роботи).

**Повне регулювання стоку.** За сприятливих топографічних умов будують ставки великої ємності, що дозволяє затримувати стік 5...3 %-ї забезпеченості й обходитися без будівництва дорогої водоскидної споруди. Водогосподарський розрахунок у цьому випадку зводиться до визначення ємності ставка для повної затримки весняного стоку 5...3 %-ї забезпеченості з перевіркою на затримку стоку 1%-ї забезпеченості, призначення відміток максимального й нормального підпертого рівнів і до визначення розрахункової витрати водовипуску й водоскиду.

Висоту греблі визначають як різницю відміток гребеня греблі й тальвега балки в створі греблі. Відмітку гребеня греблі розташовують вище за ФПР на 1...2 м (висота нагону вітрової хвилі + конструктивний запас).

**Водовипуски.** Для самопливного зрошення воду зі ставка забирають крізь трубчасті водовипуски, які влаштовують у материковому ґрунті (корінному березі) на рівні мертвого об'єму. При механічному водопідійманні на березі ставка розташовують насосну станцію.

### **3 ПОЯСНЕННЯ ДО ВИКОНАННЯ ОКРЕМИХ РОЗДІЛІВ І ПІДРОЗДІЛІВ**

## **1. ВОДОГОСПОДАРСЬКІ РОЗРАХУНКИ ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА ПРОЕКТУВАННЯ ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ ЗАХОДІВ**

### **1.1 Основні завдання водогосподарських розрахунків**

Вивчаються за літературними джерелами та методичними вказівками основні завдання водогосподарських розрахунків, їх значення для будівельного проектування й експлуатації водних об'єктів і гідротехнічних споруд, основні напрямки та шляхи розвитку методів водогосподарських розрахунків, зв'язок з реалізацією сучасних вимог економіки і природоохорони України.

Надається визначення та вказуються основні завдання водогосподарських розрахунків, їх значення.

### **1.2. Вихідна інформація для водогосподарських розрахунків**

Гідрологічна інформація, що надходить від опорної гідрологічної мережі, є основою гідрологічних розрахунків під час водогосподарського проектування. Якість розрахунків залежить від наявності й точності гідрологічних даних. Проектування будь-якого водогосподарського заходу починається з аналізу надійності й однорідності даних наявної мережі, зі здійснення спеціальних гідрологічних досліджень для збору даних за проектом. Для водогосподарського проектування необхідні також дані метеорологічних спостережень, дані досліджень руслових процесів,

відомості про господарську діяльність на водозборі й у руслі ріки, відомості про водокористування за сучасних умов і на перспективу.

За літературними джерелами та методичними вказівками вивчається гідрологічна, геологічна інформація, метеорологічні спостереження, способи їх використання у водогосподарських розрахунках, поняття водогосподарського року, розрахункової забезпеченості. Надається стисла характеристика вивченого матеріалу.

### **1.3 Аналіз наявних методів розрахунків регулювання стоку**

Аналіз наявних методів розрахунків регулювання стоку дозволяє розподілити їх на три основні групи стосовно використання ряду гідрологічних спостережень річкового стоку за минулий період: календарні, ймовірнісні, методи математичного моделювання, або методи статистичних випробувань.

Наводиться коротка характеристика цих методів.

### **1.4 Особливості підготовки вихідних гідрологічних даних під час використання природної водойми (озера) під водосховище**

Якщо у водоймище перетворюється озерна водойма шляхом створення підпору греблею, що споруджується поблизу витoku річки з озера або на деякій відстані від нього, водогосподарські розрахунки необхідно проводити не за витратами стоку із цього озера, а за витратами припливу в нього. Цим досягається запобігання регульовальному впливу озера на стік річки за природних умов.

Наводяться методи розрахунку, основні розрахункові формули. Розрахунок витрат припливу в озеро ведеться за вихідними даними, отриманими з завданням до курсового проектування в табличній формі шляхом розв'язання рівняння водного балансу озера за інтервал часу (табл.2.1)

## **2 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОСХОВИЩА**

### **2.1 Топографічні характеристики водосховища й умови побудови кривих площі дзеркала і об'єму водойми**

Основною топографічною характеристикою водоймища є криві залежності площ дзеркала ( $F$ ) і об'ємів ( $V$ ) від підпірного рівня (наповнення водоймища). Для розрахунків цих характеристик надаються топографічні карти в масштабі 1:25 000 або 1:10 000.

За вказаними літературними джерелами та методичними вказівками дається визначення основних топографічних характеристик водосховища, їх значення та порядок розрахунку.

### **2.2 Загальні поняття втрат з водосховища**

У водогосподарських розрахунках враховуються витрати води на випаровування, фільтрацію й шлюзування. У деяких випадках підлягають обліку й витрати води на льодоутворення.

Вода, що витрачається на випаровування, втрачається для даного водоймища. Вода, що фільтрується в нижній б'єф, втрачається лише для споживачів, що використовують воду з водоймища. Витрати на випаровування з водної поверхні водоймищ являють собою додаткове випаровування порівняно з таким самим для незатопленої поверхні, тобто з поверхні суходолу, і задаються у вигляді сумарного шару випаровування за рік з розподілом за місяцями.

Надається коротка характеристика втрат з водосховища та формули для їх розрахунку.

### **2.3 Види регулювання стоку**

Сезонне регулювання полягає в перерозподілі стоку з багатоводних сезонів року в маловодні. Воно зумовлюється внутрішньорічною нерівномірністю стоку і неспівпаданням цього стоку в часі із споживанням води.

Багаторічне регулювання полягає в перерозподілі стоку з багатоводних років і періодів у маловодні. При сезонному регулюванні цикл роботи водосховища замикається в межах одного року, а при багаторічному регулюванні цей цикл триває декілька років.

За наданими літературними джерелами та методичними вказівками вивчаються види регулювання стоку, надається коротка характеристика та розкривається сутність сезонного (річного) та багаторічного регулювання стоку.

## **3 РЕГУЛЯРНЕ ЗРОШЕННЯ НА МІСЦЕВОМУ СТОЦІ І ЙОГО КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ**

Місцевий стік утворюється за рахунок весняних талих і зливових вод, що стікають із водозбірних площ у балки, яри й річки, а також в озера і закриті зниження.

Невикористані ж запаси вод місцевого стоку довільно стікають із водозбірних площ у гідрографічну мережу, викликаючи процеси водної ерозії й непродуктивне затоплення земельних угідь.

Використання вод місцевого стоку дозволяє підвищити врожайність сільськогосподарських культур, зменшити паводкове затоплення територій і ерозію ґрунту на водозборах, підвищити внутрішній вологообіг і ґрунтове живлення річок.

Надаються основні характеристики місцевого стоку та його комплексного використання, основні формули для водогосподарського розрахунку.

## **4 ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОЇ ПЛОЩІ ЗРОШЕННЯ НА ОСНОВІ ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ РОЗРАХУНКІВ**

### **4.1 Побудова кривих площі дзеркала і об'єму водойми**

Площі дзеркала водоймища за тих або інших положень підпірного рівня визначаються шляхом планіметрування на картах площ, обмежених контурами горизонталей і лінією поздовжньої осі підпірної споруди, що замикає горизонталі з обох берегів. Для побудови залежності площ дзеркала від рівнів необхідно провести планіметрування на картах площ при всіх горизонталях у межах від початкового рівня  $Z_0$  (урізу води) до можливого підпірного рівня -  $Z_n$ .

Використовуючи вихідні дані (топографічні карти в масштабі 1:25 000 або 1:10 000, відмітки РМО та НПУ водойми) визначаються площі дзеркала водойми.

Розрахунки топографічних характеристик водоймища проводяться за формою табл. 2.2. за прикладом рис.2.2 будуються криві площ дзеркала і об'єму водойми.

### **4.2 Визначення об'єму весняного стоку 75%-ї забезпеченості**

Об'єм весняного стоку 75%-ї забезпеченості знаходиться за формулами 2.8, 2.9, 2.10 використовуючи вихідні дані. Також за формулою 2.15 визначається об'єм притоку опадів на площу дзеркала водойми.

### **4.3 Розрахунки робочого та корисного об'єму водойми**

Використовуючи вихідні дані за формулою 2.11, 2.12, 2.13 розраховуються робочий, загальний і корисний об'єми розрахункової водойми.

### **4.4 Визначення об'єму витрат води на випаровування та фільтрацію**

Надалі за формулою 2.14, використовуючи дані з додатка 1, розраховуються витрати води на випаровування.

Об'єм води на фільтрацію приймається в розмірі 3% від об'єму води, що лишається у водоймі в кожному наступному місяці.

### **4.5 Визначення середньозваженої зрошувальної норми та можливої площі зрошення**

Визначивши середньозважену зрошувальну норму нетто за вихідними даними (розрахункова сівозміна та відповідні зрошувальні норми надаються у завданні для курсового проекту) та формулою 2.16, визначається зрошувальна норма бруто за формулою 2.17 із урахуванням коефіцієнта корисної дії зрошувальної системи. За формулою 2.18 визначається об'єм води на зрошення. Залежно від отриманого завдання можливе визначення об'єму води для водопостачання за формулою 2.19 та загальної потреби

господарства у воді за формулою 2.20 За проведеними розрахунками та формулою 2.21 визначається можлива площа зрошення.

Отримані результати заносяться до табл. 4.1 .





## Література

1. Арсеньев Г.С., Иваненко А.Г. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты. С-Пб.: Гидрометеиздат, 1993. - С.89-105
2. Бахтиаров В.А. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты.- Л.: Гидрометеиздат, 1961.- С.109-119, 146-158.
3. Иваненко О.Г., Чернов М.І., Даус М.Є Розрахунки регулювання стоку: Навчальний посібник.- Одеса: ТЕС, 2002. – С.5-17
4. Картвелишвили Н.А. Регулирование речного стока.- Л: Гидрометеиздат, 1970.- С. 60-94.
5. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик (СНиП 2.01.14-83). – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.

## **ДОДАТКИ**

Додаток 1- Середньомісячні та середньорічні значення основних кліматичних елементів по мст. Одеса

Найменування елемента	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Температура середньомісячна	-2.5	-2.0	2.1	8.4	15.0	19.3	22.0	21.3	16.9	11.3	5.5	0.4	9.8 <sub>i</sub>
Температура максимальна	14	18	24	39	32	36	37	36	32	31	26	16	37
Температура мінімальна	-26	-28	-16	-6	0	5	7	8	-1	-13	-15	-20	-28 <sub>i</sub>
Опади, мм	43	39	31	38	48	40	35	33	36	36	43	46	46
Швидкість вітру, м/с	5.7	5.6	5.4	4.6	4.2	4.0	3.9	3.9	4.2	4.9	5.5	5.6	4.8
Вологість повітря відносна. %	84	84	80	75	73	68	65	66	69	76	84	85	76
Вологість повітря абсолютна, мб	4.8	4.9	5.8	8.4	12.4	16.6	17.5	16.8	13.5	10.2	8.1	6.0	10.3
Випаровування з водної поверхні, Р=50%	-	-	17	86	128	137	154	146	103	60	23	2	858
Випаровування з водної поверхні, Р=75%	-	-	18	92	137	147	165	156	110	64	27	2	918
Випаровування з водної поверхні, Р=95%	-	-	21	103	154	164	185	175	123	72	30	-	1027
Випаровування з поверхні суші, мм	11	16	27	36	62	65	62	54	35	22	18	8	416

## **Методичні вказівки**

до курсового проектування з дисципліни  
“Водне господарство України та водогосподарські розрахунки”

Укладачі: проф. Кулібабін О.Г., ст.викл. Кічук Н.С.

Рецензент: зам.нач. облводгоспу Кічук І.Д.

Підписано до друку  
Ум.друк.арк.

Формат  
Тираж

Папір  
Зам.№

Надруковано з готового оригінал-макету

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