

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

О. Г. І В А Н Е Н К О

**АВТОМАТИЗОВАНІ МЕТОДИ
ОБЧИСЛЕННЯ ДОБОВОГО СТОКУ
В ГІДРОСТВОРАХ РІЧОК**

ОДЕСА 1998

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

О. Г. І В А Н Е Н К О

**АВТОМАТИЗОВАНІ МЕТОДИ
ОБЧИСЛЕННЯ ДОБОВОГО СТОКУ
В ГІДРОСТВОРАХ РІЧОК**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ ГІДРОЛОГІВ)

Затверджено Науково – методичною комісією
Міністерства Освіти України з гідрометеорології
як навчальний посібник для студентів
спеціальності 7.070502 “Гідрологія суші”

ОДЕСА 1998

ББК 26.222.52

I – 18

УДК 556.04 + 556.071.08

Іваненко Олександр Григорович

**АВТОМАТИЗОВАНІ МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ
ДОБОВОГО СТОКУ В ГІДРОСТВОРАХ РІЧОК**

Викладено основні відомості про устрій загальнодержавної системи обліку вод і її використання, приведено опис структури Державного Водного Кадастру і його основних фондів. Описана організаційна структура автоматизованої інформаційної системи обліку вод (АІС ДВК) і її складових. Розглянуті найбільш застосовні методи і ефективні алгоритми обчислення добового стоку для різних умов течії води на ділянці ріки в районі гідроствору. У заключному розділі посібника приведені методичні вказівки для практичного застосування програмно-обчислювальної системи "КАДАСТР", що використовується в цей час в Гідрометцентрах і на мережі станцій Держкомгідромету України для автоматизованого підрахунку добового стоку на ПЕОМ.

Посібник призначено для студентів-бакалаврів, що навчаються по гідрометеорологічному напрямку, і може бути використаний фахівцями Гідрометцентрів і на гідрологічній мережі Держкомгідромету України.

**Рецензенти: д.г.н., проф. О.О.Світличний (ОГУ),
к.г.н., доц. Н.С. Лобода (ОГМІ).**

ISBN 966-95556-2-0

Віддруковано видавничим центром "ТЕС"

Одеський Гідрометеорологічний інститут, 1998 р.

Вступ

Вода – найбільш цінний для життя людей продукт споживання і суспільного благополуччя. Тому для організації ефективного водоспоживання і водокористування в народному господарстві насамперед необхідно знати кількісну характеристику наявних вод та їх використання. Це в першу чергу зв'язано з необхідністю складання як проектів водногосподарських об'єктів так і планів використання вод в різних галузях народного господарства, а також розробки заходів для захисту природних вод від забруднення і виснаження, захисту господарства і населення від шкідливих дій води в періоди значних повеней і паводків. Необхідність врахування всіх вод по їх кількості і якості визначено Водним Законодавством України, яке введено в дію в 1995 році.

Проектування водногосподарських об'єктів, майже завжди дорогих по собівартості, потребує точних показників по водних ресурсах територій. Планування режиму функціонування цих об'єктів можна встановити тільки при наявності даних по обсягам водного стоку за багаторіччя, рік чи частини року. Необхідною умовою побудови економічно корисної водогосподарської споруди є забезпечення проекту точними даними про значення середнього місячного, декадного чи добового стоку,

На протязі минулого часу в гідрології склалася практика підрахунку добових витрат в річках шляхом перерахунку щодобових вимірів рівней води на водомірних постах в добові витрати води з використанням кривої витрат – графіку зв'язку епізодичних вимірювань витрат води на річкових гідростворах з рівнями. Саме такий спосіб обчислення добового стоку пропонують Настанови гідрометстанціям і постам, вказівки яких є керівним документом для мережі станцій і постів Держкомгідромету. Всі положення цього посібника – методи підрахунку витрат, алгоритми обчислювальної програмної системи і форма вихідних таблиць строго слідує вказівкам Настанов.

В посібнику викладено опис програмно-обчислювальної системи “КАДАСТР” для автоматизованих розрахунків добових витрат на ПЕОМ, приведені методичні вказівки для практичного обчислення стоку в гідрометричних створах річок.

1. Загальнодержавна система обліку вод.

1.1. Структура державного водного кадастру (ДВК).

В Україні діє загальнодержавна система обліку вод і їх використання [1]. Основним завданням державного обліку вод є встановлення кількості і якості вод для потреб населення і народного господарства. Державний облік вод повинен забезпечити отримання даних, які надають можливість:

- ведення державного водного кадастру і складання схем комплексного використання водних ресурсів;
- планування і використання вод і проведення водоохоронних заходів;
- проектування водогосподарських, транспортних, промислових і інших підприємств і споруд, пов'язаних з використанням вод;
- оперативного управління водогосподарськими системами;
- нормування споживання і скидання вод, а також показників якості води;
- розробити заходи щодо попередження і ліквідації шкідливого впливу вод;
- прогнозування змін гідрологічних умов, водності рік і якості вод;
- здійснення державного контролю за проведенням заходів щодо раціонального використання і охорони вод і інш.

Основним джерелом інформації про гідрологічний режим і стан водних об'єктів є опорна гідрологічна вимірювальна мережа станцій і постів на ріках, каналах, озерах і водосховищах.

Державному обліку підлягають всі води, що складають єдиний державний водний фонд країни [1]. До єдиного водного фонду відносяться:

- **поверхневі води** рік, озер, водосховищ, каналів і ставків, а також інші джерела води;
- **підземні води;**
- **води внутрішніх морів;**
- **територіальні води.**

Вивчення поверхневих вод зосереджене в системі Держкомгідромета України, підземних вод в системі Держкомітету по Геології, а облік і контроль за використанням вод – в Міністерстві меліорації і водного господарства.

Система обліку вод, що відповідає сучасним вимогам, повинна засновуватися на систематичних і безперервних вимірюваннях:

- гідрологічних і гідрохімічних елементів режиму водних об'єктів, що складають єдиний водний фонд;
- кількості води, що забирається всіма водокористувачами з водних об'єктів;
- кількості промислових, сільськогосподарських, дренажних і комунально-побутових стічних вод, що скидаються у водні об'єкти, їх фізичних властивостей і кількості речовин, що виносяться ними.

Облік кількості, а також якості поверхневих вод являє собою найважливішу ланку системи державного обліку вод і їх використання. Основна інформація по обліку поверхневих вод, що отримується з гідрологічної мережі, обробляється і узагальнюється в регіональних центрах по контролю природного середовища і нагромаджується в складі Державного водного кадастру (ДВК). ДВК являє собою систематизоване зведення відомостей про водні ресурси (водні об'єкти), які щорічно поповняється і складають єдиний водний фонд країни і їх використання. Матеріали ДВК є офіційними державними даними. ДВК складається з фонду даних і матеріалів, що публікуються.

У фонд даних входять:

- 1) періодичні або каталожні відомості про водні і водогосподарські об'єкти, пункти спостережень, що поновляються і доповнюються;
- 2) результати стаціонарних спостережень за станом і режимом водних об'єктів, дані первинного обліку використання вод;
- 3) результати обробки і узагальнення даних спостережень і вимірювань.

Відомості, що перераховані в п. 1 і 2, складають вхідну інформацію ДВК, а в п. 3 – вихідну або повторну інформацію ДВК.

Відповідно до категорій видів водних об'єктів фонди даних ДВК обробляються і узагальнюються по наступних розділах:

Розділ 1. Поверхневі води.

- 1.1. Ріки і канали.
- 1.2. Озера і водосховища.
- 1.3. Якість води суші.
- 1.4. Селев'юві потоки.
- 1.5. Моря і морські гирла рік.

Розділ 2. Підземні води.

Розділ 3. Використання вод.

Доведення кадастрової інформації до споживачів здійснюється шляхом публікації даних ДВК по розділах: поверхневі води, підземні води, використання вод. Кожний з цих розділів поділяється на наступні серії:

- 1) каталожні дані про водні об'єкти у вигляді разових видань;
- 2) щорічні дані про режим, ресурси, якість і використання вод;
- 3) багаторічні дані про режим, ресурси, якість і використання вод.

У серії 1 видаються каталоги всіх водних об'єктів, перерахованих вище. У серії 2 «Щорічні дані» передбачена публікація даних про режим вод, які в старих виданнях публікувалися в складі «Гідрологічного щорічника».

Аналогічну структуру мають видання ДВК по розділах «Підземні води» (розд. 2) і «Використання вод» (розд. 3).

1.2. Автоматизована інформаційна система обліку вод (АІС ДВК).

З метою підвищення оперативності і якості забезпечення народногосподарських організацій країни даними ДВК, підвищення інформативності ДВК і скорочення частки рутинної ручної праці в процесі ведення і використання ДВК з 1975 р. почала створюватися автоматизована інформаційна система (АІС ДВК). Система являє собою засновану на застосуванні сучасних технічних засобів систему збору, контролю, зберігання, обробки і узагальнення даних Державного обліку вод, доведення наявних даних, а також результатів їх обробки і узагальнень до споживачів по їх запитах або в формі публікацій. Створення АІС ДВК дозволяє збільшити інформативність ДВК за рахунок розширення методів, що застосовуються, і підвищення рівня обробки і узагальнення даних [1, 2].

У відповідності зі структурою Державного обліку вод відповідальність за ведення АІС ДВК по окремих підсистемах несуть наступні відомства:

- ***поверхневі води*** – відповідальний Держкомгідромет України;
- ***підземні води*** – відповідальний Держкомітет по геології;
- ***використання вод*** – відповідальний Мінводгосп.

Організаційно структура АІС ДВК включає три ієрархічних рівня:

- 1) пункти збору, контролю і первинної обробки інформації;
- 2) регіональні центри обробки даних;
- 3) головний центр ДВК.

Підготовка інформації виконується на першому і другому рівнях і частково на третьому, а ведення інформаційної бази – на другому і третьому рівнях.

Основою АІС ДВК є фонд даних, який щорічно поновлюється на технічних носіях за весь період спостережень і банк даних на ПЕОМ,

що здійснюють систематизацію, пошук, обробку і узагальнення до необхідного рівня початкових даних і видачу необхідної інформації.

При підготовці АІС ДВК поставлена задача розробки нижчого рівня структури АІС – автоматизованої системи збору інформації, яка безпосередньо займається автоматизацією гідрологічних спостережень.

Необхідність заміни вимірювань, що виконуються людиною, на вимірювання автоматичними приладами очевидна. Це пов'язано насамперед з тим, що в зв'язку із зростанням обсягу інформації і підвищенням вимог до точності і оперативності спостережень, людина не може виконати з необхідною частотою всі необхідні вимірювання. Тому склад і частоту спостережень деяких гідрологічних параметрів доводиться встановлювати меншими ніж потрібно.

Автоматизація вимірювань повинна доповнюватися автоматизацією інших стадій процесу збору гідрологічних даних. Для цього в комплекс наявних технічних засобів крім перетворювачів вимірюваних гідрологічних елементів необхідно ввести автоматичний засіб реєстрації і передачі даних в центри прийому і обробки інформації. На жаль, всі ці операції не можуть бути автоматизовані в найближчому майбутньому. Так, операція автоматизації вимірювань витрат води може виявитися такою, що виключно дорого коштує. Зараз ще немає приладів для автоматичного вимірювання концентрації змулених і донних наносів, відсутні датчики більшості хімічних показників. Тому можна зазначити, що автоматизація гідрологічних спостережень в цей час перебуває ще в початковій стадії, в стадії створення перетворювачів і приладів для вимірювання окремих гідрологічних характеристик.

На проміжному етапі спостереження АІС ДВК прийнято рішення зберегти існуючу технологію гідрологічних спостережень з використанням стандартних методів вимірювань і спостережень згідно з діючими Настановами ГМС і постами. Подальші ж процеси автоматизації збору і обробки інформації передбачається провести таким чином: по розділу «Поверхневі води» дані гідрологічних спостережень на постах і станціях заносяться в польові книжки і таблиці в кількості 15 форм для різних елементів гідрологічного режиму. Загалом форми книжок і правила їх заповнення багато в чому повторюють колишні книжки. Розроблені загальні правила запису даних спостережень і вимірювань та кодування словесних записів. Дані книжок заносяться на перфострічку і передаються по телеграфній лінії зв'язку в центри обробки, де проводиться автоматизований їх контроль і обробка. Алгоритми автоматизованого контролю використовують занесені в банк дані довідкових відомостей і параметрів кожного поста, які складають так званий паспорт поста. Внаслідок контролю всі дані

класифікуються як доброякісні, сумнівні або помилкові. Цій класифікації відповідають певним чином знайдені для конкретних рядів спостережень контрольні межі, які знаходять як статистичними методами з урахуванням кліматичних і фізико-географічних умов, так і суворо поставленими фізичними чинниками.

Внаслідок контролю інформації в регіональному центрі обробки роздруковується таблиця допущених помилок, яка аналізується фахівцями і виправляється. Після проведення контролю дані гідрологічних спостережень обробляються по алгоритмах, що мало відмінні від рекомендацій Настанов ГМС і постам. По них складаються таблиці гідрологічних даних про режим і ресурси поверхневих вод суші які щорічно публікуються в складі Державного водного кадастру (ДВК). Більшість матеріалів знаходяться в складі щорічників ДВК, які планувалося обчислювати на ЕОМ.

Однак, запропонована система обчислення щоденного стоку води в зв'язку зі складністю технології і автоматизованого аналізу не була реалізована на практиці. Тому до цього часу в мережі центрів обробки даних розрахунки щоденних витрат води виконувалися вручну по технології, викладеній в Настановах ГМС і постам [8, 9, 10 і інші]. У 1995 році в системі Держкомгідромета України була вибрана автоматизована система «КАДАСТР» – робоче місце інженера-гідролога, розроблена автором в Одеському гідрометеорологічному інституті.

Система «КАДАСТР» включає в себе ряд програм, які дозволяють провести повний цикл розрахунків щоденних витрат двома способами – по інтерполяції перехідних коефіцієнтів з урахуванням кривої витрат води для періоду вільного русла.

Опис правил підготовки даних для системи «КАДАСТР», алгоритмів побудови кривої витрат і розрахунків щоденних витрат приводиться в наступних розділах посібника.

2. Програмний комплекс «КАДАСТР» для автоматизованих розрахунків добових витрат води.

2.1. Склад програмного комплексу «КАДАСТР».

У програмному комплексі для обчислення щорічних витрат води «КАДАСТР» використовувалися найбільш доцільні і прості алгоритми підрахунків стоку, придатні для використання на діючій мережі гідростворів рік України і враховуючі вимоги Настанов ГМС і постам [3, 5-10].

Застосування машинної технології до побудови графічних і табличних матеріалів на багато - порядків зменшує трудомісткість проміжних і кінцевих результатів розрахунків, а висока точність машинної арифметики майже повністю позбавляє від необхідності багаторазових «ручних» перевірок, збільшуючи якість вихідних матеріалів. Застосування пропонованої системи дозволяє фахівцеві – гідрологу більш ефективно використовувати свої професійні навички аналізу і обліку особливостей гідрофізичних умов течії води в ріках для більш точного встановлення меж критичних періодів режиму ріки, оперативно оцінювати різні варіанти математичного опису ходу гідрологічних процесів.

Нижче послідовно викладається реалізація розрахункового комплексу «КАДАСТР» для автоматизованого обчисленню добового стоку води на гідрологічних постах по етапах:

- підготовка річних комплектів початкових даних для обчислення середньодобових витрат води в створі або необхідних для аналізу гідрофізичних умов і режиму течії води на ділянці створу;
- підбір оптимальних параметрів рівняння кривої витрати води;
- аналіз кривої витрат даного року з кривими минулих років;
- ув'язка кривих витрат, площ, перетинів русла і середньої швидкості течії по інтервалах рівнів їх річної амплітуди;
- екстраполяція кривої до вищого рівня;
- аналіз комплексного графіка гідрометеорологічних явищ спільно з перехідними коефіцієнтами і підбір оптимального коефіцієнта згладжування для отримання хронологічного графіка перехідних коефіцієнтів методом сплайна-інтерполяції;
- розрахунки річної таблиці середньодобових витрат води методом сплайн-інтерполяції перехідних коефіцієнтів;
- обчислення річної таблиці середньодобових витрат води комбінованим методом з використанням рівняння кривої витрат для періоду вільного русла;

- статистичний аналіз збіжності обчислень добового стоку різними способами.

Обчислювальна система надає можливість аналізу широкого набору необхідних графіків – кривої витрат, графіки її аналізу і ув'язки, комплексні графіки гідрометеорологічних явищ – скорочений і повної, кривої розподілу різниць між витратами, обчисленими різними способами. Графіки зображаються на екрані дисплея ПЕОМ в формі, що рекомендується Настановами [8-10] і за допомогою принтера їх можна скопіювати на папір. Результати проміжних обчислень зображаються на темному екрані – для поточного візуального контролю ходу обчислювального процесу і виявлення можливої помилки вихідних даних або помилкового вибору параметрів розрахункової схеми до завершення циклу підрахунку стоку. Готові таблиці обчисленого середньодобового стоку заносяться в файли, звідки вибираються для формування таблиці, готової для роздруку на принтері в формі, необхідній для частини ДВК, що публікується.

2.2. Підбір оптимального рівняння кривої витрат.

Однією із задач гідрометрії, яка має велике практичне значення, є обчислення об'єму стоку річкових вод, що протікають через заданий річковий створ за добу, декаду, місяць, рік або інший проміжок часу, а також встановлення режиму стоку всередині року і за багаторічний період. Саме ці відомості є найважливішими вихідними даними для складання проектів гідротехнічних споруд, планування господарського використання вод і заходів щодо захисту і попередження про несприятливі впливи вод на життя і діяльність людей.

Поставлену вище задачу звичайно вирішують шляхом визначення середньодобових витрат води за всі дні року. Загальний об'єм стоку за рік W_p , що визначає водні ресурси територій в межах річкового водозбору, обчислюється шляхом підсумовування добових об'ємів стоку за рік, тобто $W_p = \sum W_i$, де підсумовування ведеться по $i = 1...365$, а для високосного року $i = 1...366$. Добові об'єми W_i , встановлюються для кожної доби року за даними середньодобових витрат $W_i = 864000Q_i$, де Q_i – середньодобова витрата з розмірністю м³/с на i -ту добу, 864000 – число секунд в добі.

Послідовність добових витрат за рік визначає річний гідрограф витрат, аналіз якого дозволяє встановити найважливіші характеристики водосховищ для регулювання річкового стоку у водному господарстві.

Прямі щоденні вимірювання витрат води в річкових створах здійснити практично складно і економічно недоцільно. Тому в гідрометричній практиці визначення щодобових витрат замінюють вимірювання деякої іншої характеристики річкового потоку, яка однозначно або майже однозначно пов'язана з витратою і визначається досить просто – наприклад з *рівнем* води.

2.2.1. Гідравлічна залежність витрат від рівнів води.

Аналіз рівнянь річкової гідравліки показує, що витрата води, яка протікає через річковий створ при рівномірному русі, залежить від наступних чинників – гідравлічного радіуса R (для широких русел гідравлічний радіус приблизно дорівнює середній глибині h), п'єзометричному уклону I і коефіцієнту шорсткості n . Ця залежність виражається відомою формулою Шезі-Маннінга для середньої швидкості течії V_{cp} :

$$V_{cp} = C\sqrt{RI} = (R^{2/3} / n)I^{1/2}, \quad (1)$$

а витрата води з врахуванням (1) обчислюється по формулі

$$Q = \omega \cdot V_{cp} = (\omega / n)R^{2/3}I^{1/2}, \quad (2)$$

де ω – площа водного перетину русла; C – коефіцієнт Шезі.

Всі чинники, що входять в праву частину формули Шезі-Маннінга, однозначно залежать від рівня води, якщо в руслі спостерігається тип рівномірного руху води, дно і укоси русла не схильні до деформацій, відсутній динамічний опір течії від льодових мас і річкової рослинності. Мається також на увазі, що шорсткість русла і похил водної поверхні залишаються однаковими при зміні рівня води або ж однозначно залежать від нього.

Таким чином, для річкових створів русел з відкритою водною поверхнею і рівномірною течією води можна одержати *однозначну* залежність витрат від рівня води. При цьому потрібно врахувати, що в гідрометрії поняття однозначності приймається умовно, і тільки в тому випадку, якщо діапазон відхилення вимірних витрат води від кривої $Q = f(H)$ не перевищує допустимої помилки вимірювання витрат води в створі. Як приклад залежності витрат, площі перетину і середньої

швидкості течії на рис. 1 показано графік їх зв'язку з рівнем води, де незатушовані точки відносяться до відкритого русла, а затушовані – відповідають вимірюванням при порушенні рівномірного режиму в зимовий період з льодовими явищами. Льодові явища збільшують опір потоку в порівнянні з відкритим руслом, за одних і тих же умов, що відбивається на зменшенні середньої швидкості течії і витрат води відповідно до формул (1) і (2).

Потрібно також пам'ятати, що умови однозначності кривої витрат можуть спостерігатися протягом тільки окремих періодів – року або декількох років, а часто навіть протягом більш коротких періодів всередині року. Багаторічні стійкі криві для річкових створів зустрічаються дуже рідко, це пов'язано з перетворенням русел рік і їх водозбірних басейнів, що приводить до змін водного режиму і режиму надходження наносів з поверхні басейнів, та за інших причин. Наявність кривої витрат дозволяє для всіх днів з відкритим руслом перерахувати щодобові рівні у витрати, використовуючи для цього криву лінію, яка проходить в середньому через потік точок. У цьому значенні крива витрат $Q = f(H)$ є найважливішою метеорологічною характеристикою гідрометричного створу.

2.2.2. Розрахунок оптимальних параметрів рівняння кривої витрат.

При автоматизованому підрахунку щодобового стоку криву витрат необхідно виразити аналітичним рівнянням, параметри якого повинні бути обчислені по програмі на ПЕОМ. Обчислювальною система перераховує середньодобові рівні у витрати води. Система використовує вихідні дані – синхронні значення рівнів і витрат, вибрані в таблиці вимірювань витрат для періоду відкритого русла або для частини цього періоду з однорідними умовами водної течії. Вибір цих витрат здійснюється шляхом аналізу даних таблиці QXXXYYNN.dat робочого підкаталогу RXXXYYNN. В кожному рядку таблиці в графі «Примечание» вказується символічний вираз «да», якщо витрата з цього рядка вибирається в сукупність витрат для обчислення параметрів рівняння кривої, або «нет» – в іншому випадку. Використовуючи ці покажчики, програма відбирає витрати для побудови кривої витрат вільного русла і обчислення параметрів її рівняння.

У літературі по гідрометрії в основному застосовуються два типи аналітичних рівнянь кривої витрат $Q = f(H)$, що являють інтерес для машинної обробки [10, 11]:

• *ступенева залежність:*

$$Q = a \cdot (H - H_0)^b, \quad (3)$$

• *поліноміальне рівняння:*

$$Q = a_0 + a_1 \cdot H + a_2 \cdot H^2 + \dots + a_r \cdot H^r, \quad (4)$$

де Q , H – відповідні витрати води і рівні, до яких вони віднесені; a , b , H_0 , a_0 , a_1 , ..., a_r – параметри рівняння, що встановлюються методом найменших квадратів; r – ступінь полінома.

Ступенева залежність (3) має теоретичне обґрунтування методами річкової гідравліки і в більшості випадків добре апроксимує форму кривої витрат за даними вимірювань. Один з її параметрів має фізичне значення – це H_0 , який являє рівень нульового стоку. Тому початкове значення H_0 може бути приблизно встановлено за даними графіка залежності $Q = f(H)$ шляхом його екстраполяції вниз до перетину з віссю рівнів при нульовій витраті. Надалі цей параметр може бути уточнений ітерацією по критерію мінімуму відхилення витрат, обчислених по рівнянню (3), від витрат вимірних. Попереднє значення H_0 може бути також встановлено геодезичним способом по відмітці нижчої точки дна нижнього перекату, а якщо гідрограф розташований на перекаті, то H_0 відповідає нижчій відмітці дна цього перекату. Інші параметри ступеневого рівняння a , b – встановлюються з використанням методу найменших квадратів по таких алгоритмах.

До рівняння (3) застосовується логарифмічна анаморфоза:

$$\ln Q = \ln a + b \cdot \ln(H - H_0). \quad (5)$$

З урахуванням позначень:

$$y = \ln Q; \quad A = \ln a; \quad x = \ln(H - H_0), \quad (6)$$

рівняння (5) записується у вигляді лінійної залежності по нових координатах x і y :

$$y = A + b x, \quad (7)$$

яке і обробляється *методом найменших квадратів* для встановлення числових значень параметрів рівняння a і b .

Як відомо, ідея методу найменших квадратів полягає в такому виборі значень шуканих параметрів рівняння, при якому, обчислені з їх участю по аналітичній залежності витрати відхиляються від вимірних

витрат на мінімально можливі для даної групи вимірювань значення. Будь-які інші параметри призведуть до більшого середнього квадратичного відхилення виміряних витрат від теоретичної кривої. Ці відхилення для кожної витрати запишемо у вигляді рівнянь

$$E = A + b \cdot x - y. \quad (8)$$

Тут E – відхилення обчислених по рівнянню логарифмів витрат від логарифмів виміряних витрат y .

На вимоги методу найменших квадратів визначимо суму квадратів відхилень,

$$S = E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_r^2, \quad (9)$$

і визначимо, при яких значеннях параметрів A і b ця сума буде мінімальною. Очевидно це можливо в точках, де перші похідні функції S по A і b приймуть нульові значення, тобто

$$dS / dA = 2(A + bx_1 - y_1) + 2(A + bx_2 - y_2) + \dots + 2(A + bx_r - y_r) = 0, \quad (10)$$

$$dS / db = 2(A + bx_1 - y_1)x_1 + 2(A + bx_2 - y_2)x_2 + \dots + 2(A + bx_r - y_r)x_r = 0. \quad (11)$$

Після перетворень і спрощень цих параметрів одержуємо наступні 2 рівняння, в яких знак Σ означає підсумовування елементів по змінній $i = 1 \dots N$, де N – загальне число вимірювань:

$$AN + b \Sigma x_i = \Sigma y_i, \quad (12)$$

$$A \Sigma x_i + b \Sigma x_i^2 = \Sigma x_i y_i. \quad (13)$$

З цієї системи невідомі параметри A і b можна обчислити методом простого виключення, в результаті чого отримуємо:

$$b = (N \Sigma x_i y_i - \Sigma x_i \Sigma y_i) / (N \Sigma x_i^2 - \Sigma x_i \Sigma y_i), \quad (14)$$

$$A = (\Sigma y_i - b \Sigma x_i) / N, \quad (15)$$

Враховуючи позначення (6), параметр a обчислюємо з рівняння (15) потенціюванням, тобто

$$a = e^A. \quad (16)$$

Встановлені таким чином параметри a і b є оптимальними, оскільки вони задовольняють умови дотримання мінімуму суми квадрата відхилень виміряних витрат від обчислених по рівнянню (3).

Середнє квадратичне відхилення обчислених витрат $Q_{кр}$ від виміряних $Q_{вимір}$ по всіх $i = 1...N$ вимірюваннях обчислюється по відомій формулі:

$$\sigma = \sqrt{\sum (Q_{i,кр} - Q_{i,вимір})^2 / (N - 1)}. \quad (17)$$

Однак, задане на першому етапі початкове значення параметра H_0 рівняння (3) є наближеним. Тому на другому етапі реалізації методу розрахунку оптимальних параметрів рівняння кривої витрат має бути їх уточнення методом підбору. Це уточнення можна провести по програмі на ПЕОМ в діалоговому режимі і дозволяє досягнути абсолютного мінімуму відхилень обчислених витрат від виміряних. Показники відхилень для кожної витрати, контролюються по таблиці відхилень, що зображається на екрані. На екрані також висвічуються дані про середні – абсолютне і квадратичне відхилення. Одночасно оператор може викликати на екрані графік теоретичної кривої, побудованої при заданому варіанті H_0 з нанесеними емпіричними точками. Крім цього, для аналізу оператору надається можливість викликати на екран графік кривої витрат даного року спільно з кривими минулих років. Нарешті, підбір H_0 можна контролювати графіком із зображенням теоретичної кривої витрат, площ перетину русла і середньої швидкості течії.

Після діалогу оператора з програмою у вигляді нового введеного числа H_0 і отримання від програми нових показників точності апроксимації кривої витрат з повторною реалізацією методу найменших квадратів, виникає можливість оцінки заданого варіанту H_0 . Після ряду кроків діалогу з програмою можна вибрати таке значення H_0 , при якому показники середніх відхилень – абсолютного і квадратичного – виявляються мінімальними. Для цього випадку параметри рівняння (3) вважаються оптимальними.

Керуючись вимогами Настанов ГМС і постам [7-10], оператор на основі аналізу перерахованих вище документів поточного контролю ухвалює рішення про прийнятність даного варіанту H_0 , або подальшого підбору і пошуку мінімуму середніх відхилень.

Потрібно зазначити, що в деяких випадках інженер-гідролог відповідно до рекомендацій [8, 9] може прийняти рішення про вибір такого значення H_0 , яке не відповідає точно мінімуму квадратичного відхилення точок від теоретичної кривої. Цей випадок може мати місце, коли точки на графіку кривої витрат розміщені нерівномірно по

діапазону вимірювання рівнів, а самі витрати мають низьку точність вимірювань витрат і необґрунтовані відхилення кривої даного року від надійних кривих минулих років.

Крім показникового рівняння в гідрометричній практиці широко використовується також поліноміальне рівняння для аналітичного опису кривої витрат.

Поліном r -го ступеню виражається рівнянням:

$$Q = a_0 + a_1 \cdot H + a_2 \cdot H^2 + \dots + a_r \cdot H^r, \quad (18)$$

де Q і H – відповідно виміряні витрати і рівні, a_0, a_1, \dots, a_r – коефіцієнти, r – порядок полінома.

Цей тип рівняння широко застосовується при аналітичній апроксимації кривої витрати. Однак, ступінь полінома повинна бути обмежена значеннями 2, 3. При більш високих ступенях і малому числі виміряних витрат теоретична крива може стати місцями вигнута і мати інші ефекти зайвої гнучкості кривої, що немає обґрунтування.

Параметри рівняння (18) встановлюються методом найменших квадратів, схема якого викладена вище на прикладі розрахунку параметрів ступеневого рівняння (3). Спочатку складається нормальна система Гаусса по типу рівнянь (11), а потім одним із способів лінійної алгебри обчислюються самі коефіцієнти, наприклад, ітераційним способом Гаусса-Зейделя.

Порівняльний аналіз застосування ступеневого рівняння (3) і поліноміального рівняння (18) для аналітичного опису кривої витрат проводився рядом авторів, наприклад [11, 12]. Вони зазначають, що ступеневе рівняння має основний параметр – H_0 – рівень нульового стоку, який знаходиться поза межами основного потоку точок, а також недостатню гнучкість цієї кривої при високих рівнях в зоні виходу води на заплаву. Для більш низького діапазону ця крива добре враховує форму розташування точок на графіку, що відображає гідравлічні і морфометричні особливості потоку. Поліноміальне рівняння має ряд недоліків, які вказані вище. Його позитивні властивості – здатність врахувати вигин кривої у верхній частині для рівнів виходу води на заплаву виявляється при великих значеннях показника r , однак в цьому випадку виникають небажані ефекти згадані раніше. З фізичних міркувань рівняння однозначних кривих витрат, властиві рівномірному руху, повинні задовольняти умовам опуклості, маючи позитивними першу і другу похідні:

$$dQ/dH > 0 ; d^2Q/dH^2 > 0. \quad (19)$$

Однак, як вказувалося вище, при великих значеннях показника r і нерівномірному розташуванні точок по діапазону коливання рівнів, ці умови часто порушуються, що не відповідає законам річкової гідравліки і виникає через похибки вимірювань витрат води. Рівняння (3) при $b > 2$ позбавлене цих невдач апроксимації кривої витрат. У цьому випадку можна застосувати метод поєднання двох ступеневих рівнянь кривих витрат, кожне зі своїми параметрами. Криві стикуються при рівні виходу води на заплаву, утворюючи єдину криву витрат для всього діапазону рівней. Це може стати цілком прийнятною альтернативою описаним вище способам апроксимації кривої витрат.

2.3. Екстраполяція кривої витрат води до вищих рівнів.

При перерахунку середньодобових рівнів води у витрати необхідно мати обґрунтовану вимірюваннями криву витрат, побудованому для всього діапазону коливання рівня води за рік – від мінімального в році до максимального. Однак, на практиці не завжди вдається зафіксувати екстремальні витрати води. Тому необхідно вдаватися до екстраполяції кривих витрат води за межі їх вимірних значень. Найчастіше доводиться екстраполювати криву витрат вгору, рідко – у бік нижчого рівня.

За минулий період розвитку гідрометричних досліджень розроблено багато способів екстраполяції кривих витрат, однак більшість з них заснована на використанні операції графічної екстраполяції витрат до вищих рівнів або екстраполяцією комплексу їх гідравліко-морфологічних показників русла, що складають формулу Шезі (C , I , $CI^{0.5}$ і інш.). Ці методи успішно реалізовані для рівнів в межах головного русла, де можливий тип руху води близький до рівномірного.

Графічна екстраполяція «по тенденції» кривої до вищих відміток є суб'єктивною і застосовується тільки на діапазон рівнів не більше за 5-10% від річної амплітуди їх коливання. При використанні аналітичного рівняння зв'язку витрат з рівнями витрати при високих рівнях обчислюються безпосередньо по рівнянню. Однак аналітична екстраполяція по рівнянню також часто носить наближений характер, оскільки враховує гідравлічні особливості тільки деякої частини потоку в межах зони рівнів, забезпеченої вимірюваннями витрат. Надійна екстраполяція кривої витрат можлива тільки на гідравлічній основі з використанням надійних вимірювань витрат води в забезпеченій вимірами частині амплітуди рівнів.

Нижче викладається методика екстраполяції, запропонована І.Ф. Карасьовим [11, 12], в основу якої покладені наступні два варіанти гідравлічної залежності.

1. Використовується наступна формула зв'язку поточних витрат Q і відповідних їм площ перетину F при різних рівнях заповнення русла, яка отримана шляхом інтегрування рівняння несталої руху води (в формі «кінематичної хвилі», коли не утвориться виразних петель):

$$Q = Q_0 (F / F_0)^m, \quad (20)$$

де Q_0 і F_0 – відповідно витрата води і площа живого перетину для рівня забезпеченого даними вимірювань у верхній частині діапазону рівнів, m – показник ступеню, величина якого характеризує форму руху потоку.

2. Другу гідравлічну залежність автор розробив в формі виразу поправки до коефіцієнта шорсткості n в формулі Маннінга для коефіцієнта Шезі C , після чого формула для C набуває вигляду:

$$C = (1 + 0,042h^{1/3} / gb_0n_0^2)^{-0,5} h^{1/6} / n_0, \quad (21)$$

Тут h – середня глибина потоку в перетині; n – коефіцієнт шорсткості; b – відносна ширина русла, рівна B/h_{cp} , де B – ширина русла по водній поверхні; g – прискорення сили тяжіння.

Рівняння (21) справедливе для широких русел (при $b > 30$ м). Всі розрахунки по екстраполяції витрат до вищих рівнів по обох варіантах виконуються в 2 етапи:

1 – по наявних вимірних витратах встановлюються опорні значення параметрів рівнянь зв'язку витрат з рівнями для верхнього відрізка кривої, що передуює зоні екстраполяції;

2 – власне розрахунок екстрапольованої для заданого рівня витрати води.

Перший варіант екстраполяції виконується з використанням виразу (20), з якого розрахунком обчислюється параметр m за даними Q і F двох суміжних вимірювань витрат води при високих рівнях, що передують зоні екстраполяції. Після логарифмування і перетворення (20) отримуємо наступний вираз для m :

$$m_i = (\ln Q_i - \ln Q_{i-1}) / (\ln F_i - \ln F_{i-1}). \quad (22)$$

Тут m – характеристика форми руху потоку, індекс i відповідає вимірній витраті води, розташованій на самому верхньому кінці кривої витрат, а $i-1$ відноситься до іншої витрати, розташованої по рівню нижче першого. Бажано, щоб обидві вибрані вимірні витрати розташовувалися як можна ближче до кривої витрат, оскільки різносторонні відхилення цих витрат від кривої за рахунок помилки вимірювань можуть привести до помилки при підрахуванні параметра m по формулі (22) і частина кривої, що екстраполюється вгору, отримає неправильний напрям. Значення цієї помилки можна зменшити, якщо вибрати різницю витрат $Q_i - Q_{i-1}$ досить значущої – вона повинна принаймні в 2 рази перевищувати по модулю погрішність вимірювання витрат.

При автоматизованому обчисленню параметрів рівняння кривої витрат по програмі на ПЕОМ вибір достатньої відстані по рівню між i -ою і $(i-1)$ -ою витратами втрачає актуальність, оскільки при машинному розрахунку в формулу (20) для параметра m вводять не вимірні дані F і Q , а обчислені по рівнянню. Параметри рівняння кривої отримані методом найменших квадратів, а вплив випадкових помилок вимірювання витрат компенсовано місцеположенням самої кривої. Тому потрібно особливо ретельно оптимізувати параметр H_0 рівняння (3) для кривої витрат, домагаючись мінімальних відхилень теоретичної кривої від вимірних витрат. Система «КАДАСТР» при наявності якісних вимірювань витрат дозволяє гідрологу-оператору в діалозі з програмою підібрати на ПЕОМ оптимальне положення кривої серед точок в будь-якій зоні вимірних рівнів і витрат.

Підсумком першого етапу першого варіанту екстраполяції є отримання параметра m . На другому етапі екстраполяції цей параметр приймається для розрахунку екстрапольованої витрати по формулі (22), тільки в цьому випадку в якості $(i-1)$ -ої витрати і площі перетину виступають Q і F за даними вимірювань при найвищому рівні, а місце i -ої займає витрата і площа для рівня екстраполяції $Q_{екстр}$ і $F_{екстр}$ тобто:

$$Q_{екстр} = Q_i (F_{екстр} / F_i)^m . \quad (23)$$

Другий варіант розрахунку екстрапольованої витрати заснований на використанні формули Шезі з урахуванням формули (21). З цієї формули можна виділити коефіцієнт шорсткості русла для вимірної при самому високому рівні i -ої витрати, тобто:

$$n_{0,i} = h_i^{1/6} (1/C_i^2 - 0,042h_i^{1/3} / gb_0)^{1/2}, \quad (24)$$

а коефіцієнт Шезі C обчислюється з формули Шезі по даних i -ої витрати:

$$C_i = Q_i / (F_i \sqrt{h_i I}). \quad (25)$$

Значення екстрапольованої витрати Q_e обчислюється по наступній формулі Шезі з урахуванням екстрапольованих значень F_e , h_e і b_e , а також коефіцієнта шорсткості $n_{0,i}$, по формулі (24):

$$Q_e = [1 + 0,042h_e^{1/3} / gn_{0,i}^2 b_e]^{-0,5} (h_e^{1/6} F_e \sqrt{h_e I}) / n_{0,i}. \quad (26)$$

У цій формулі вираз в квадратних дужках є поправкою до коефіцієнта шорсткості $n_{0,i}$, яка приводить його до умов течії води в діапазоні екстраполяції кривої витрат.

На думку автора методики аналітичної екстраполяції, її можна застосовувати і для заплавної створів за умов, що заплава затоплена на достатню глибину. При складній морфології заплави і великих відмінностях в глибинах затоплення фрагментів заплави утвориться система мало пов'язаних між собою проток. У цьому випадку екстраполяційні розрахунки проводяться окремо по фрагментах в руслі і на заплаві. Точність екстраполяції значною мірою залежить від відношення кроку екстраполяції ($Q_e - Q_i$) до повного діапазону зміни вимірних витрат від Q_{\min} до Q_{\max} . Якщо цей показник залишається в межах 15-20%, похибка аналітичної екстраполяції не перевищує 10%. Досвід застосування описаного вище методу екстраполяції показав, що не зважаючи на простоту розрахункової залежності і мінімальний об'єм даних, цей метод має незаперечні переваги перед іншими методами.

Екстраполяція кривої витрат вниз до мінімальних рівнів з використанням рівняння (3) виявляється порівняно простою задачею, оскільки крива орієнтована цим рівнянням на рівень нульового стоку.

2.4. Методи обчислення добових витрат води при відсутності однозначної залежності між витратами і рівнями.

Однозначна залежність витрат від рівнів порушується в тих випадках, коли значення витрати залежить не тільки від рівня, але і від якої-небудь змінної у часі величини, наприклад від схилу водної поверхні, деформації русла і його шорсткості, підпору і інше. Однозначність зв'язку витрат з рівнями може бути тимчасово порушена в період льодових явищ, заростання русла річковою рослинністю, під впливом тимчасового підпору, але із зникненням порушуючих чинників однозначність відновлюється.

У гідрометричній практиці розроблені прості способи, що дозволяють зробити розрахунок щодобових витрат води для випадків порушення однозначності кривої витрат. Вони досить детально викладені в методичній і учбовій літературі [9-13]. Нижче наводиться тільки опис найбільш загальноприйнятих способів. Більш детально викладаються методи розрахунку щодобових витрат, прийняті як основні алгоритми при складанні інформаційно-обчислювальної системи «КАДАСТР» для підрахунків стоку на ПЕОМ і підготовки підсумкових таблиць щоденних даних до складу Водного кадастру.

2.4.1. Підрахунки стоку при деформації русел.

Деформації русла можуть бути періодичними і безперервними. Перші спостерігаються в критичні періоди водного режиму – при проходженні найбільш високих паводків, а в проміжках між ними русло стійке. Безперервні деформації можуть спостерігатися протягом усього річного циклу, коли змінюються їх інтенсивність і напрям – розмив змінюється замуленням і навпаки

У разі періодичних деформацій русла на полі графіка залежності витрат від рівнів виділяються відособлені групи вимірних витрат, що відносяться до окремих періодів року і створюють відособлену криву – її називають тимчасовою кривою витрат.

Таким чином, на графіку $Q = f(H)$ по точках проводять декілька частинних кривих (мал.). Кожній кривій встановлюється період її дії. Частинні криві сполучаються відрізками перехідних кривих. Їх збіги звичайно відносяться до дат з найвищими і найнижчими відмітками поверхні води. Підрахунок щоденних рівнів і витрат води по тимчасових кривих витрат здійснюється звичайним прийомом і тільки для тих періодів, до яких віднесені криві. Однак

при неправильному переході від частинної кривої до іншої можливі значні похибки, що досягають 15-20%.

Тимчасові криві повинні бути обґрунтовані достатнім числом вимірювань витрат – не менше ніж 5 для кожної частинної кривої. При безперервних деформаціях найчастіше застосовується метод стандартної кривої. Цей метод полягає в побудові осередненої стандартної кривої витрат води по всіх точках вимірних витрат за рік або багаторічний період. Кожна точка характеризується значенням вимірної витрати води ($Q_{вим}$) і двома рівнями – вимірним $H_{вим}$ і знятим з кривий $H_{кр}$ (мал.).

Різниця рівнів $\Delta H = H_{вим} - H_{кр}$ оцінює інтенсивність деформацій русла на дату вимірювання витрати, а знак при ΔH свідчить про наявність розмиву (при негативному значенні ΔH), або замулення русла (при позитивному ΔH) – в порівнянні з деяким середнім (стандартним) положенням русла за період, що розглядається.

Величини ΔH наносяться на хронологічний графік згідно з датами вимірювання витрат і по точках проводиться безперервна крива, що дозволяє зняти з графіка значення ΔH на кожну i -ту добу періоду, для якого виконуються підрахунки стоку. Якщо вважати, що вплив деформації русла привів до відхилення рівня на ΔH_i , то правомірно змінити вимірні рівні на цю величину ΔH_i , і таким чином привести їх до стандартної кривої по такій же схемі, як і для однозначної кривої. При наявності рівняння стандартної кривої витрат середньодобова витрата на i -ту добу обчислюється по рівнянню:

$$Q_i = f(H_i - \Delta H_i). \quad (27)$$

2.4.2. Розрахунки стоку при змінних гідравлічних умовах.

Змінний підпір рівнів в створі русла приводить до порушення однозначності зв'язку кривої витрат з рівнями. Якщо підпір змінюється повільно, то для підрахунків стоку можна використати метод тимчасових кривих, проведених по групах точок для окремих періодів всередині року. У разі різких і короточасних підйомів рівнів при заторах і зажорах проводиться зрізка рівнів, тобто їх відновлення за період підпору [11].

При наявності даних регулярних вимірювань ухилів водної поверхні розрахунок стоку, у разі змінного підпору, можна виконати по кривій залежності гідромодуля від рівнів води. У якості

гідромодуля використовується витратна характеристика K , що входить складовою частиною в формулу Шезі (1):

$$Q = K\sqrt{I}. \quad (28)$$

Тут K – гідромодуль, I – ухил водної поверхні.

Гідромодуль обчислюється для кожної виміряної витрати зворотним розрахунком з формули (28):

$$K = Q / \sqrt{I}, \quad (29)$$

або по формулі:

$$K = \omega C \sqrt{R}, \quad (30)$$

складові яких ув'язуються з рівнями.

Залежність (29) або (30) використовується для перерахунку щодобових рівнів H в гідромодулі K , а витрата обчислюється з урахуванням добових значень ухилів водної поверхні I по формулі (26).

При несталому русі води в період повеней, паводків і попусків залежність витрат від рівнів приймає петлеподібну форму, причому, гілка підйому паводка розташовується на графіку $Q = f(H)$ правіше за гілку спаду, що відповідає перевищенню витрати на підйомі над витратою на спаді при одному і тому ж рівні води. Неоднозначність кривої витрат пов'язана з відмінністю ухилів водної поверхні на підйомі і спаді паводка в порівнянні з ухилами при рівномірному русі. Ця відмінність помітно виявляється на ділянках з малими похилами поверхні води менше за 0,02‰, коли додатковий ухил хвилі паводка по абсолютній величині відрізняється від ухилу в передпаводковий період більш ніж на 3-5%. На ріках, де додатковий уклон складає менш вказаних значень або де є значні ухили русла (гірські ріки) додатковий ухил складає незначну частку від передпаводкового. Тому на таких річках крива витрат не втрачає однозначності.

2.4.3. Розрахунки добового стоку при льодових явищах і заростанні русла.

На більшості рік України глибокою осінню після стійкого переходу температури повітря через 0°C в негативні значення на поверхні води з'являються льодові явища – шуга, забереги, льодохід. При

подальшому зниженні температур повітря і охолодженні річкових вод на поверхні рік може утворитися суцільний льодостав, а також супутні йому явища – затори і зажори. У період тривалої зимової відлиги і настанні потеплення, а також у весняний період льодостав порушується, утворюючи льодохід, спочатку густий, потім середній, рідкий. У зв'язку з динамічністю згаданих вище льодових явищ, їх зміною одного іншим, гідравлічні умови протікання води на ділянці гідроствору змінюються протягом усього осінньо-зимо-весняного періоду. Цей вплив порушує однозначність залежності витрат від рівнів, відхиляючи точки витрат ліворуч від кривої, побудованої по витратах вільного русла. Зменшення зимових витрат в порівнянні з витратами при вільному руслі для одних і тих же рівнів пов'язане з тим, що льодові явища створюють додатковий опір річковому потоку за рахунок підпору русла ріки льодовими формами, а також в зв'язку із збільшенням площі тертя за рахунок нижньої поверхні льоду (при льодоставі площа змоченого периметра практично подвоюється).

У гідрометричній практиці при обчисленнях добового стоку звичайно застосовується метод зимових перехідних коефіцієнтів $K_{зим}$, введених С. Колупайло як характеристика пропускнуої спроможності річкового русла:

$$K_{зим} = Q_{зим} / Q_в, \quad (31)$$

де $Q_{зим}$ і $Q_в$ – відповідно витрати при льодових явищах і при вільному руслі, виміряні при одному і тому ж рівні.

Залежність перехідного коефіцієнта $K_{зим}$ від визначальних його чинників може бути записана за допомогою наступних виразів для $Q_{зим}$ і $Q_в$ складених на базі формули Шезі (2):

$$Q_{зим} = \omega_{зим} h_{зим}^{2/3} I_{зим}^{1/2} / n_{зим}, \quad (32)$$

$$Q_в = \omega_в h_в^{2/3} I_в^{1/2} / n_в. \quad (33)$$

Вираз для $K_{зим}$ можна скласти, розділивши рівняння (32) на (33), оскільки витрати $Q_{зим}$ і $Q_в$ віднесені до одного рівня:

$$K_{зим} = (\omega_{зим} / \omega_в) (h_{зим} / h_в)^{2/3} (n_{зим} / n_в) (I_{зим} / I_в)^{1/2}. \quad (34)$$

При наявності льодоставу добуток перших двох множників виразу (34) завжди менше за 1, а його величина залежить від глибини затопленого льоду, оскільки $\omega_{зим}$ менше живого перетину ω_6 на величину площі затопленого льоду, а $h_{зим}$ менше h_6 на глибину затопленого льоду.

Третій множник також завжди менше за 1, оскільки коефіцієнт шорсткості русла з льодовими явищами перевищує шорсткість русла без таких. Відношення ухилів може бути різним в залежності від місцеположення ділянки створу по відношенню до форм русла в плані і характеристик його поздовжнього профілю.

На жаль, рівнянням (34) практично важко скористатися для розрахунків коефіцієнтів $K_{зим}$ і обчислити їх добові значення. Це пов'язано з тим, що чинник – коефіцієнт шорсткості – не може бути встановлено на кожну добу через відсутність методів його вимірювання. Він може бути обчислений тільки зворотним розрахунком з формули Шезі-Маннінга – по середній в перетині швидкості течії, отриманій при вимірюванні витрати води. Тому в свій час С. Колупайло [13] запропонував визначати щодобові зимові коефіцієнти $K_{зим}$, знімаючи їх значення з інтерполяційної лінії, що з'єднує точки на хронологічному графіку $K_{зим}$ для дат вимірювань зимових витрат, як це показано на мал. . Встановлений таким чином зимовий коефіцієнт на i -ту добу дозволяє при відомій витраті води, знятої з кривої витрат для рівня H_i для i -ої доби обчислити витрату Q_i на цю ж добу:

$$Q_{зим, i} = Q_{6, i} K_{зим, i}. \quad (35)$$

Потрібно зазначити, що початок і кінець графіка $K_{зим}$ для даного періоду з льодовими явищами відповідає $K_{зим} = 1$. Вони доводяться на дати, коли існує однозначна залежність витрат води від рівнів. Уточнення хронологічного графіка $K_{зим}$ при малому числі вимірювань витрат при льодоставі проводиться з урахуванням рекомендацій Настанов і інших джерел [8-10].

У періоди заростання русла також використовується метод інтерполяційного хронологічного графіка перехідного коефіцієнта $K_{зар}$. Значення цього коефіцієнта обчислюються по відношенню витрати, виміряної при зарослому травною руслі, до витрати, знятої з однозначної кривої витрат вільного русла, для одного і того ж рівня, тобто

$$K_{зар} = Q_{зар} / Q_6. \quad (36)$$

Добові витрати при заростанні русла ріки обчислюються з використанням інтерполяційного хронологічного графіка $K_{зар}$, аналогічно розрахунку їх при наявності льодових явищ.

2.4.4. Обчислення добового стоку методом сплайн-інтерполяції.

При автоматизованому підрахунку добових витрат води за способом інтерполяції перехідних коефіцієнтів найбільш прийнятним виявляється метод кубічного сплайна. Кубічний сплайн – рівняння 3-го ступеню від аргументу t – числа днів від початку року. Якщо уявити поле графіка точками $K_{зум}$ і t , визначивши для простоти $y = K_{зум}$, а $x = t$, то вираз для кубічного інтерполяційного сплайна на ділянці часової осі між датами вимірювання двох суміжних витрат i -ої і $i-1$ -ої запишеться в такому вигляді:

$$S(x) = [(m_{i-1}/6)(x_i - x)^3 + (m_i/6)(x - x_{i-1})^3 + (y_{i-1} - m_{i-1}h_i^2/6)(x_i - x) - (y_i - m_i h_i^2/6)(x - x_{i-1})] / h_i. \quad (37)$$

Тут $S(x)$ – ордината сплайна для будь-якого x , а x_i, x_{i-1} – число днів від початку року до i -ої і $i-1$ -ої вимірюваної витрати згідно таблиці вимірюваних витрат, $h_i = x_i - x_{i-1}$ означає число днів між суміжними вимірюваннями, m_i – другі похідні кривої сплайна для дати i -ої витрати, y_i – значення K_i для i -ої витрати.

У літературі по обчислювальній математиці і в теоретичному курсі по гідрометрії приводиться опис алгоритмів обчислення коефіцієнтів m_i для всіх дат вимірювання витрат [14].

У програмній системі “Кадастр” використовується особлива форма сплайна – згладжуючий кубічний сплайн, який дозволяє провести інтерполяційну криву в згладженій формі між точками, допускаючи відхилення між ними на величину, що не перевищує можливої помилки вимірювання витрат. При цьому згладжуюча крива зберігає форму загального потоку точок. Міра згладжування задається через коефіцієнт згладжування, який змінюється в межах від 0 до 1. Вибір цього коефіцієнта здійснюється в програмі «КАДАСТР».

Метод згладжуючого сплайна широко використовується при підрахунку щодобового стоку за способом стандартної кривої, який викладений вище в розділі 2.4.1 даного посібника. По обчислених значеннях сплайна для перехідних коефіцієнтів на дати всіх вимірюваних в році витрат проводиться інтерполяційна хронологічна крива. Зняті з цієї кривої щодобові значення коефіцієнтів використовуються для

обчислення середньодобових витрат води за всі дні року. При досить великому числі вимірювань витрат води протягом року використання кубічного сплайна виявляється особливо ефективним в порівнянні з іншими способами, в тому числі і при відсутності надійної кривої витрат води. У цьому випадку спосіб кубічного сплайна дає можливість обчислити щодобові витрати для всього року з урахуванням коливань рівнів і поєднанні перехідних фаз водного режиму ріки. Ефективність згладжуючого сплайна пояснюється також тим чинником, що обмежена ним площа графіка дорівнює площі сплайна, що проходить точно через всі точки вимірювань витрат води. Це дуже важливо для правильного визначення об'ємів стоку, що є однією з головних задач розрахунків добового стоку.

3. Методичні вказівки до програмної системи «КАДАСТР» для підрахунку на ПЕОМ добових витрат води в гідростворах річок.

Програмно-обчислювальна система «КАДАСТР» включає до себе наступні підсистеми, що керують процесом підрахунку добового стоку води через гідроствор ріки за річний період спостережень:

- ПС «КАТАЛОГ» – для нанесення на технічні носії в файли робочого каталогу вихідних даних спостережень по гідроствору,
- ПС «РАСХОД» служить для обчислення оптимальних параметрів кривої витрат і її екстраполяції,
- ПС «СТОК» – для підрахунку добових витрат води різними способами,
- ПС «МАКЕТ» – для підготовки до друку на принтері остаточно сформованих таблиць середньодобових рівнів і витрат в складі Водного кадастру.

Нижче приводяться короткі вказівки до використання цих підсистем. При цьому викладаються основні практичні рекомендації, а конкретні вказівки оператору з приватних питань висвічуються на екрані монітора при виконанні розрахунків.

3.1. Підготовка річних комплектів даних спостережень для обчислення добового стоку.

Файли з початковими даними гідрометеорологічних спостережень і результатами розрахунків для кожного гідроствора повинні бути зосереджені в робочому каталозі з ім'ям RXXXYYNN. У назві підкаталогу перша буква R. ідентифікує початок його імені, а інші поєднання символів повинні бути замінені наступними цифрами:

XXX – номер гідроствора по списку Держкомітету по гідрометеорології України;

YY – номер ріки, водної системи або регіону, водні ресурси яких підраховуються;

NN – останні дві цифри року, за який ведеться підрахунок стоку.

Наприклад, підкаталог R8047895 створений для гідроствора з кодом 804, на річці з номером 78 в списку, по даним 1995 року. Для кожного поста в цей підкаталог вміщуються 17 файлів початкових і обчислених даних. У імені кожного файла в каталозі містяться однакові елементи

(XXXXYYNN), щоб уникнути можливості підміни файлів різних створів і років.

Ім'я кожного файла починається відмітною першою буквою, затискаючи яку на клавіатурі, можна з меню викликати на екрані файл. Список файлів для даних розрахункового року приведено в таблиці 1.

Таблиця 1

<u>Список файла робочого підкаталогу</u>	RXXXXYYNN.DAT
Q – виміряні витрати води	QXXXXYYNN.DAT
H – щодобові рівні води	HXXXXYYNN.DAT
K – додаткові коефіцієнти	KXXXXYYNN.DAT
X – добові опади за рік	XXXXYYNN.DAT
T – декадні температури води в С°	TXXXXYYNN.DAT
C – температура повітря в С°	CXXXXYYNN.DAT
I – льодові і інші явища	IXXXXYYNN.DAT
S – товщина льоду/снігу (пентадна)	SXXXXYYNN.DAT
E – добові витрати (розрахунок по інтерполяції)	EXXXXYYNN.DAT
G – координати Кр поточного року	GXXXXYYNN.DAT
Y – координати Кр минулого року	YXXXXYYNN.DAT
W – координати Кр2 позаминулого року	WXXXXYYNN.DAT
U – координати Кр3 поза-позаминулого року	UXXXXYYNN.DAT
A – добові витрати (альтернативний спосіб)	AXXXXYYNN.DAT
O – статистична оцінка Кр і її рівняння	OXXXXYYNN.DAT
B – обчислені витрати (комбінований спосіб)	BXXXXYYNN.DAT
P – обчислені витрати (лінійна інтерполяція)	PXXXXYYNN.DAT

З перерахованих в табл. 1 файлів частина є вихідними. Вони містять ті числові значення, які безпосередньо використовуються для обчислення щоденних витрат. Нижче приведено їх перелік:

1. Файл QXXXXYYNN.DAT – власне таблиця виміряних витрат води (BBB) розрахункового року. У останній колонці «Примітка» цієї таблиці заносяться слова «да» або «нет», вказуючи на використання даної витрати для обчислення рівняння кривої витрат – «да», і «нет» – в іншому випадку. Очевидно, витрати з вказівкою «да» виміряні при відсутності умов, що порушують однозначність кривої витрат.

Таблиця BBB як і всі інші річні таблиці, мають 3 перші текстові рядки:

назва таблиці (вид спостережень);

назва ріки, пункту і року спостережень;

назва колонок таблиці (місяців та ін.).

Ці 3 рядки не використовуються програмою, а в розрахунок беруться рядки таблиці цифровою і символною інформацією по

кожній вимірній витраті. При відсутності даних в таблиці ВВВ ставиться знак “ - ”. Всього таблиця Q містить розташовані послідовно 16 колонок числових або символічних полів даних з одним або декількома пропусками між ними в кожному рядку.

2. Файл HXXXYYNN.DAT – таблиця щоденних рівнів води за формою не відрізняється від таблиці щоденних даних (типу ТГ-2). Однак, в ній для спрощення не приведені умовні знаки льодових і інших явищ. Вони вміщені в іншу таблицю з ім'ям IXXXYYNN.DAT. Однак, примітки про межі періодів з льодовими і іншими явищами записуються під таблицею.

3. Файл IXXXYYNN.DAT має форму річної таблиці, але вона містить для кожної доби вказівки на льодові і інші явища зі скороченого списку: лдст, лдх, заб, тр, св, а також примітки під таблицею. Ця таблиця дозволяє правильно вибрати межі періодів з однорідним режимом течії води в річці.

Для побудови комплексного графіка підкаталог «R...» містить наступні файли:

4. Файл XXXXYYNN.DAT – річна таблиця добових кількостей опадів в мм по характерному для басейну метеорологічному посту.

5. Файл CXXXYYNN.DAT – річна таблиця середньодобових температур повітря в С° по метеорологічному посту.

6. Файл SXXXYYNN.DAT – таблиця пентадних даних про товщину льодового покриття і висоти снігу на ньому в см.

7. Файл TXXXYYNN.DAT – для декадних температур води в С°.

8. Файл KXXXYYNN.DAT служить для розміщення в ньому проміжних даних, що вводяться з пульта додаткових перехідних коефіцієнтів. Він відкривається, але без початкових даних. Цей файл включає в себе дати і значення додаткових перехідних коефіцієнтів (типу $K_{зим}$ і $K_{зар}$), що вводяться з пульта для періодів виходу інтерполяційних графіків коефіцієнтів на рівень $K = 1$ або для уточнення інтерполяційного графіка в періоди з недостатнім числом вимірювань витрат води, а також на граничні дати 1.01 і 31.12, коли витрати звичайно не вимірюються.

9, 10, 11, 12 – чотири файли, ім'я яких починаються буквою G, Y, W і U представляють координати кривих витрат, причому файл «G» (GXXXYYNN.DAT) відноситься до кривої витрат, що обробляється в розглянутому році, а інші (YXXXYYNN.DAT, WXXXYYNN.DAT і UXXXYYNN.DAT) – таблиці координат кривих витрат за минулі роки:

Y – за минулий рік,

W – за позаминулий рік,

U – за поза-позаминулий рік.

Всі ці файли при аналізі використовуються для побудови на одному графіку в'язку кривих витрат за різні роки.

Всі інші файли підкаталогу «R...» відносяться до розрахованих, вони перераховані далі.

13. Файл BXXXYYNN.DAT – річна таблиця добових витрат води, обчислених комбінованим способом – з урахуванням кривої витрат для періоду вільного русла і по інтерполяції перехідних коефіцієнтів для іншого періоду.

14. Файл EXXXYYNN.DAT – річна таблиця добових витрат води, обчислених по методу сплайн-інтерполяції для всього періоду року.

15. Файл PXXXYYNN.DAT – річна таблиця добових витрат води, обчислених по лінійній інтерполяції між вимірними витратами без урахування щоденних рівнів.

16. Файл AXXXYYNN.DAT – річна таблиця середньодобових витрат, обчислених альтернативним способом, наприклад, вручну або іншим – для порівняння з нею варіантів розрахунку (таблиць «В», «Е» або «Р»).

17. Файл OXXXYYNN.DAT – таблиця статистичної оцінки відхилень точок вимірних витрат від кривої, побудованої по рівнянню.

Підкаталог «R....» бажано не використовувати для редагування в ньому файлів-таблиць будь-яким з текстових редакторів в системі DOS. Як основні вимоги при складанні робочих файлів-таблиць підкаталогу «R....» є наступне:

- число заголовних рядків файла в символних виразах не повинне перевищувати 3: перша – назва таблиці, з вказівкою виду даних, розміщених в ній, друга – назва ріки, поста і рік спостережень, третя назва місяців, колонок таблиці і інше;

- між окремими числами в рядку може бути один або декілька пропусків, однак всередині колонки між цифрами або символами пропуски недопустимі;

- на місці відсутніх в календарі днів (29, 30, 31 числа певних місяців) проставляється знак (-); цей же знак ставиться в таблиці Q... при пропуску спостережень за схилом; а також в таблиці X... при відсутності опадів і в табл. Z при відсутності снігу і льоду;

- цифрова частина таблиць повинна бути ретельно вивірена по чорновому роздруку з оригіналом.

Надалі при підготовці початкових даних для каталога RXXXYYNN необхідно як зразки використати приведені в додатку аналогічні файли.

Автором системи «КАДАСТР» підготовлена на алгоритмічній мові PROXPRO 2.6 програмна система під ім'ям «КАТАЛОГ». Її виконуючий файл *catalog.exe* використовується для заповнення даними 10 таблиць каталога RXXXYYNN що містять початкові дані. Програма *catalog.exe* значно полегшує формування підкаталогу «R...» і супроводить введення записів в полі таблиць рекомендаціями і вказівками на екрані ПЕОМ – про правила занесення початкових даних в кожену таблицю підкаталогу.

Числові і символічні дані файлів підкаталогу «R...» потрібно ретельно звірити з оригіналом і виправити помилки занесення даних на технічний носій, використовуючи при цьому будь-який текстовий редактор, або ж сам файл *catalog.exe*.

3.2. Обчислення оптимальних параметрів рівняння кривої витрат.

Цей вигляд розрахунків виконується при допомозі ПС «РАСХОД». Завантаження виконуючого модуля проводиться шляхом виклику файла *epb.exe*, заздалегідь записаного на жорсткий диск або дискету. У цьому ж місці розміщується робочий каталог RXXXYYNN з повним набором файлів початкових даних, а також файл *egavga.bgi* або *cga.bgi* в залежності від типу монітора (VGA або CGA) і два файли користувача для ініціалізації системи – *initdata.dat* і *updata.dat*. Файл *initdata.dat* містить дані – назва ріки, пункту спостережень, рік і ім'я робочого каталогу з якого потрібно читати дані. Опис файла *updata.dat* приведено нижче.

При активізації файла *epb.exe* на екрані висвічується головне меню і підказка внизу екрана (рис. 1).

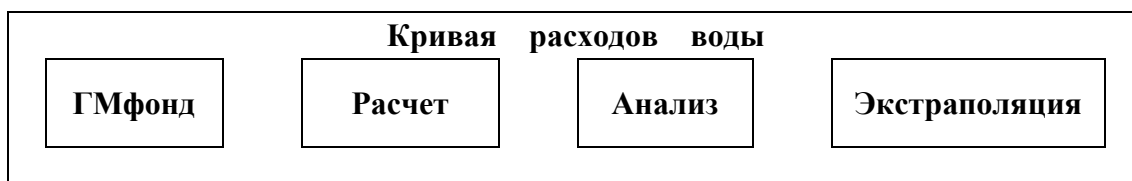


Рис. 1. Головне меню ПС «РАСХОД».

Головне меню включає чотири робочі вікна, розташовані горизонтально. Вони складають перший рівень призначення операцій. За допомогою клавіатури (стрілки горизонтального перенесення курсора) можна засвітити будь-яке вікно головного меню, а після натиснення «ENTER» вказана у вікні операція активізується, висвічуючи пропозиції подальших дій. Написи у вікнах першого рівня означають наступні групи операцій.

У вікні «ГМфонд» визначаються початкові дані гідроствора, його параметри, робочий підкаталог, в якому можна переглянути файли, що є в ньому.

У вікні «Расчет» активізуються дії по підборі параметрів рівняння кривої витрат з побудовою її графіка і перевірки збігу кривої даного року з багаторічною кривою.

Вікно «Анализ» показує ув'язку кривих Q , F і V .

З вікна «Экстраполяция» оператор – гідролог керує операціями по екстраполяції кривої витрат до вищого рівня.

На наступній схемі показані вікна другого рівня головного меню, які висвічуються при активізації відповідного вікна першого рівня.

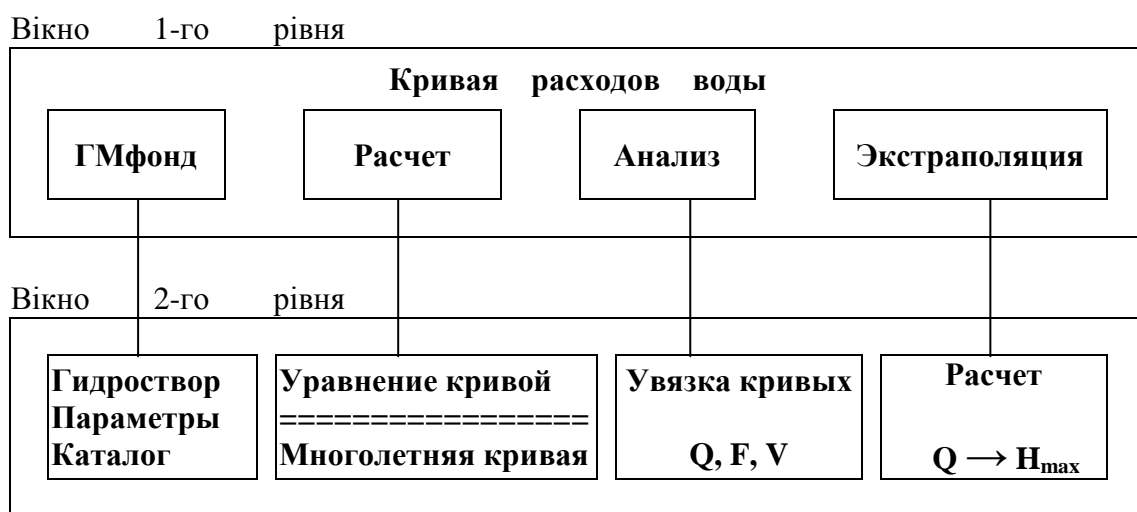


Рис. 2. Робочі вікна 2-го рівня ПС «РАСХОД».

Після активізації вікна «ГМфонд» висвічуються 3 написи: «Гидроствор», «Параметры» і «Каталог». При активізації рядка «Гидроствор» висвічується бланк, в який вже занесені дані гідроствора: назва ріки, пункту спостережень, року і імені каталога. Ці відомості програма вивела з файла *initdata.dat*, який потрібно заздалегідь підготувати і вставити в систему. Дані бланка «Гидроствор» можна уточнювати, керуючись вміщеними тут вказівками, наприклад, заповнений бланк може мати вигляд:

Введення початкових даних гідроствора

Назва ріки:

Пункт:

Рік:

Ім'я каталога:

(на дискеті)

р. Дніпро

м. Київ

1974

R0010074.

Активізація рядка **«Параметри»** висвічує новий бланк (з 6-ю рядками), в які вміщуються значення коефіцієнтів, що обчислюються програмою рівняння кривої витрат, а також характерні для гідроствора рівні і значення мінімального коефіцієнта згладжування для сплайна.

Для ініціалізації цього бланка необхідно заздалегідь підготувати файл **update.dat** з рядком з 6-ти чисел: перші два числа можуть бути будь-якими (вони на першому ж кроці підбору параметрів рівняння кривої витрат будуть замінені). Третє число – початкове наближення для параметра H_0 формули (3). При його виборі керуйтеся рекомендацією у вікні **«Расчет»**. У першому наближенні для параметра H_0 візьміть самий низький рівень в см, що спостерігався з термінових даних і відніміть від нього 5-10 см. При подальшому підборі він також буде змінюватися. Четверте і п'яте число файла **update.dat** підбирайте з даних рівнів, що спостерігаються на посту. Останнє число цього файла завжди приймайте рівним 0,00001.

Програма копіює дані файла **update.dat** в бланк, що висвічується при активізації рядка **«Параметри»**, а надалі всі значення параметрів будуть автоматично замінені в підборі при обчисленні їх нових значень.

Вікно **«Каталог»** після його активізації висвічує перелік файлів робочого каталога – таблиць початкових даних, а також таблиць, що обчислюються. Активізація будь-якого рядка (натисненням на ньому клавіші) дає можливість переглянути зміст таблиць і їх приналежність гідроствору, що розглядається. Якщо вони відносяться до створу, відпрацьованого перед початком розрахунку нового поста, програму **epb.exe** потрібно знову запустити. Не рекомендується в межах вікна **«Каталог»** провести яку-небудь редакцію в рядках таблиць, що відображаються в цьому вікні.

Вікно **«Расчет»**. Активізація першого рядка другого рівня меню **«Уравнение кривой»** відкриває процес підбору параметрів рівняння кривої витрат в діалоговому режимі. При підборі H_0 стежите за тим, щоб значення H_0 не виявилось вище за один з вимірних рівнів. У процесі підбору H_0 користуйтеся даними, що висвічуються – таблицею відхилень точок витрат від теоретичної кривої, а також середніми показниками цих відхилень – критеріями якості зв'язку – середнім квадратичним відхиленням точок від теоретичної кривої витрат і середнім абсолютним значенням цих відхилень. Фіксуйте їх на листі в одному рядку з поточним значенням H_0 і стежите, при якому H_0 ці критерії виявляться мінімальними. В цьому випадку значення останнього варіанту H_0 вважається оптимальним.

Керуйтеся також найбільш прийнятним розташуванням відхилень точок вимірних витрат від кривої при високих рівнях. Кожний крок підбору параметрів рівняння кривої витрат чергуйте з аналізом графічного зв'язку витрат кривої з рівнями.

Остаточний графік кривий витрат можна скопіювати на папір для документування. У цьому випадку користуйтеся клавішами **Shift** + **PrintScrin**. Необхідно також провести аналіз збігу кривої витрат даного року з кривою минулих років. Для цього в робочий каталог задалегідь вміщуються файли таблиць кривих витрат минулих років. Якщо таких даних немає, на їх місце копіюються таблиці координат даного року. У процесі підбору параметрів потрібно провести ув'язку кривих Q , F і V на графіку, який висвічується при активізації рядка «Ув'язка кривых Q , F , V » вікна «Анализ».

Вікно «Екстраполяція» містить операції по автоматичному обчисленню витрати води до найвищого добового рівня води, вказаного в таблиці щоденних рівнів. Детально структура алгоритмів екстраполяції описана в розділі 2 посібника. Практичні рекомендації висвічуються у вікні екрана.

Після виконання розрахунків по екстраполяції кривої витрат обчислена найвища витрата заноситься в таблицю вимірних витрат під умовним номером 99. Це необхідно для уточнення параметрів кривої витрат з урахуванням цієї витрати. Після завершення роботи програми «РАСХОД» необхідно виключити з таблиці вимірних витрат рядок з цією витратою.

Потрібно зазначити, що після завершення всіх операцій по встановленню оптимальних параметрів кривої витрат, результати підбору – таблиця відхилень із записом рівняння кривої заносяться в робочий каталог RXXXYYNN – в файл OXXXYYNN.dat для документування, а самі параметри рівняння кривої витрат – a , b і H_0 , заносяться в файл *update.dat*, який надалі використовується підсистемою «СТОК» при обчисленнях щодобових витрат води для періоду вільного русла.

3.3. Вказівки для обчислення щоденних витрат води підсистемою «СТОК».

Програмний комплекс «СТОК» включає в себе робочий каталог RXXXYYNN, скопійований з системи «РАСХОД». Він містить 7 файлів з іменами, що починаються буквами «G», «H», «O», «Q», «U», «W» і «Y».

Для функціонування системи «СТОК» в робочий каталог необхідно додати файли з першими буквами в імені: «С» – річна таблиця середньодобових температур повітря, «К» – додаткові перехідні коефіцієнти для дати початку і кінця року (цей файл потрібно спочатку відкрити пустим, заздалегідь натиснувши клавіші **Shift + F4**), «S» – товщина льоду і снігу на льоду, «Т» – температура води в створі ріки, «Х» – добові кількості опадів, «А» – річний масив щоденних витрат води, обчислених іншими способами (наприклад, за допомогою іншої системи і т. д.) для порівняння з результатами розрахунку системою «КАДАСТР».

Основні рекомендації по підготовці цих масивів приведені в розділі 2 посібника. Результати розрахунків системою «СТОК» вміщуються в наступні таблиці, назви яких починаються буквами «В», «Е» і «Р» – річні файли середньодобових витрат води, обчислені методами, відповідно, комбінованим («В»), сплайном-інтерполяцією («Е»), прямолінійною інтерполяцією по вимірних витратах («Р»).

Програма «СТОК» вводиться в дію командою *epb.exe*, яка розміщується в одному каталозі з підкаталогом R... . Тут же повинні розташовуватися файли *initdata.dat* і *update.dat*, які копіюються з системи «РАСХОД».

Підсистема «СТОК» має головне меню з 4-х вікон першого рівня «ГМфонд», «Расчет», «Анализ» і «Паводок». При активізації кожного з вікон на екрані висвічується вікно другого рівня, а після активізації вікна «Анализ», висвічуються вікна 3-го рівня, що конкретизують комплексні графіки для аналізу розрахунків щоденних витрат чотирма способами (рис. 3).

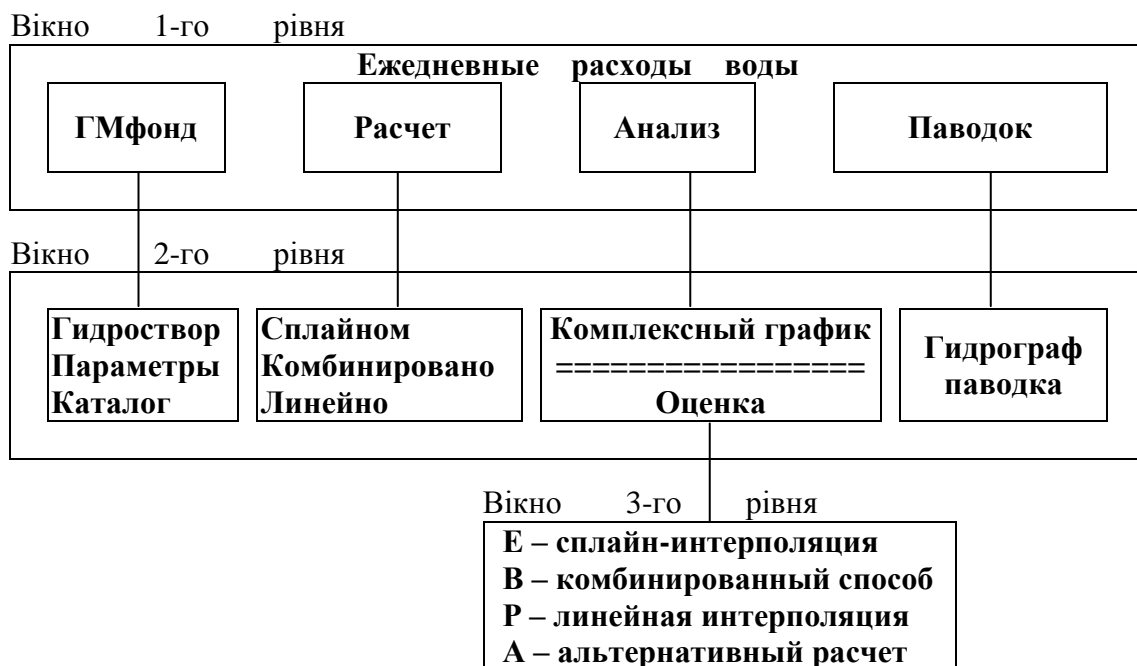


Рис. 3. Робоча панель ПС «СТОК» з трьома рівнями вікон.

Вікно «ГМфонд» і його вікна другого рівня мають будову таку ж, як і в програмі «РАСХОД». З вікна «Расчет» виконується управління обчисленням щоденних витрат води методами *сплайн-інтерполяції, комбінованим способом і лінійною інтерполяцією* між вимірними витратами.

Вікно «Аналіз» містить вікна 2-го і 3-го рівні, з яких надсилаються команди побудови повних комплексних графіків гідрометеорологічних спостережень для аналізу якості результатів розрахунку щоденних витрат води різними способами. Нижче приведені короткі вказівки по виконанню розрахунків програмним комплексом «СТОК». Конкретні рекомендації по управлінню розрахунками висвічуються на екрані монітора.

Перше вікно «ГМфонд» містить ті ж відомості, що і однойменне вікно в системі «РАСХОД». З другого вікна головного меню «Расчет» виконується управління основними розрахунками щоденних витрат. Активізація вікна «Расчет» відкриває 3 вікна другого рівня, які дають можливість зробити обчислення щоденних витрат різними способами.

Перше вікно другого рівня – «Слайном» після його активізації висвічує на екрані скорочений комплексний графік річного ходу вимірних на посту гідрометеорологічних елементів, що розглядається – температури повітря і води, товщини льоду і снігу на льоду, рівнів води. У нижній частині графіка нанесені в хронологічному порядку перехідні коефіцієнти, тобто відношення вимірних витрат до обчислених до кривій витрат при одному і тому ж рівні. Ці коефіцієнти зображені значками (×). розташованими згідно масштабних шкал, які виведені з обох сторін графіка. Головна задача цього графіка – допомогти провести об'єктивний аналіз розташування точок перехідних коефіцієнтів протягом всього року.

Для періодів льодових явищ і заростання русла послідовність точок повинна стати основою для проведення інтерполяційних графіків перехідних коефіцієнтів типу $K_{зим}$ або $K_{зар}$. Для періоду вільного русла точки перехідних коефіцієнтів коливаються навколо лінії $K = 1$, відхиляючись від неї на величину відхилення вимірних витрат від теоретичної кривої витрат, як це показано на графіку кривому витрат в програмі «РАСХОД» і в файлі OXXXYYNN.dat. Потрібно проаналізувати відповідність ходу точок в різних частинах періоду ходу гідрометеорологічних елементів. Витрати, відхилення точок яких від загального потоку неможливо пояснити коливаннями гідрометеорологічних елементів, бракуються як помилкові і

виключаються з таблиці вимірних витрат, після чого розрахунок починається з нового введення програми *epb.exe*.

По закінченню аналізу оператор повинен встановити дати переходу від періоду льодових явищ або заростання русла до вільного русла і навпаки. Очевидно ці дати відповідають $K = 1,00$. Крім цього, оператор-гідролог повинен встановити значення перехідного коефіцієнта K для дат 1 січня і 31 грудня поточного року, якщо в ці дати не було вимірювань витрат. Значення коефіцієнта відновлюються по графіку K в кінці минулого року і поточного року шляхом його екстраполяції.

Всі ці нові значення перехідних коефіцієнтів необхідно ввести в розрахунок, для чого потрібно натиснути клавішу ESC і відповісти на питання, що виставляються програмою з прикладами. У кінці діалогу з програмою після введення підготовлених заздалегідь дат і значень коефіцієнтів програма просить ввести значення вагового коефіцієнта (коефіцієнта згладжування PP) для проведення по потоку точок перехідних коефіцієнтів суцільної кривої лінії кубічного згладжуючого сплайна. Рекомендується спочатку вводити значення $PP = 0,01$. Після натиснення ENTER на графік наноситься інтерполяційний сплайн – крива, яку оператор повинен оцінити. Основні критерії цієї оцінки такі:

По-перше, інтерполяційний крива в інтервалі між сусідніми точками не повинна помітно перевищувати ординати лівої і правої точок.

По-друге, крива може пройти між точками, якщо ті без відомих причин змінюються в межах вище допустимого відхилення через помилки вимірювання витрат води.

По-третьє, при низьких значеннях K в суворі зими не допускати зниження кривої в область негативних значень.

З метою уникнути зайвої динаміки сплайн-функції потрібно зменшити ваговий коефіцієнт PP . Далі необхідно звернути увагу на необхідність проходження сплайн-кривої точно через значення $K = 1$ в дати перехідних періодів, встановлені раніше відповідно до вимог Настанов [8-10]. Для цього потрібно ввести в діалоговому режимі координати цих точок, відповідаючи на запити програми.

При наявності рідких вимірювань витрат однією з найважливіших умов правильного управління формою сплайн-кривої є уміння задати їй додаткові фіктивні точки, що примушують криву на цих ділянках пройти так, як це вимагає стиківка з сусідніми точками і графіком вимірювання гідрометеорологічних елементів в ці періоди.

Після задоволення всіх вимог оператора і доведення графіка до повної відповідності Настановам ГМС і постам [9] з цього питання,

оператор переглядає на чорному екрані 2 проміжні таблиці річних значень: перехідних коефіцієнтів і обчислених по інтерполяції середньодобових витрат для всіх днів року.

У першій таблиці особливу увагу потрібно звернути на величини перехідних коефіцієнтів – вони не повинні дуже відхилятися від 1 для періоду вільного русла, а для періоду льодових явищ не повинні перейти в нульові або негативні значення. Перегляньте другу – проміжну таблицю середньодобових витрат. Внизу цієї таблиці введені максимальні і мінімальні витрати, вибрані з середньодобових. Надалі вони будуть замінені даними термінових витрат, встановленими відповідно до вимог Настанов ГМС. Іншими словами, ця таблиця служить в якості чорнової для первинного аналізу і виявлення грубих помилок в вихідних даних на початковому етапі розрахунку. Ця таблиця записується в файл EXXXYYNN.dat відповідного робочого каталога RXXXYYNN.

Друге вікно другого рівня *«Комбінеровано»*, управляє розрахунком щоденних витрат води комбінованим способом для періоду вільного русла середньодобові рівні перераховуються в середньодобові витрати шляхом використання управління кривої витрат з оптимальними параметрами, встановленими програмою «РАСХОД» і що знаходяться в файлі *updata.dat*. Активізація цього вікна відкриває діалог з оператором – програма запитує дату початку і закінчення періодів однорідних умов течії води в річці. Таких періодів може бути декілька, наприклад:

- 1) період льодових явищ зимово-весняного сезону,
- 2) період вільного русла після закінчення льодових явищ,
- 3) період заростання ложа і берегів ріки водною рослинністю,
- 4) період вільний від рослинності і льодових явищ в осінній сезон року,
- 5) період осінньо-зимових льодових явищ, тощо.

Вище вказане 5 можливих періодів однорідних умов, причому, протягом тільки двох з них – 2-го і 4-го в принципі можливо існування кривої витрат вільного русла, про що в програмі «РАСХОД» повідомлялося шляхом проставлення слів *«да»* в примітці до таблиці виміряних витрат води в файлі QXXXYYNN.dat. Однак число таких періодів може бути іншим, відмінним від 5. На деяких створах може бути відсутнім заростання русла і навіть вплив льодових явищ, наприклад, на ділянках дельтової частини Дунаю. На інших ріках однорідних періодів може виявитися більше 5, якщо періоди з льодовими явищами уриваються відлигою, коли ріка очищається від льоду. У цьому випадку програма обчислює щоденні витрати для днів

відкритого русла по рівнянню кривої витрат. У пам'яті ПЕВМ в копії файлу EXXXYYNN.dat програма заміняє витрати, обчислені сплайн-інтерполяцією, на витрати, розраховані по рівнянню кривої витрат.

Таким чином формується новий комбінований файл середньодобових витрат з ім'ям VXXXYYNN.dat, обчислених двома способами розрахунку – по інтерполяції і по рівнянню кривої витрат. Після перегляду і аналізу даних цього файлу на чорному екрані оператор дає згоду на занесення цього файлу в робочий каталог.

З вікна «лінійної» інтерполяції обчислюються щоденні витрати шляхом прямолінійної інтерполяції між виміряними витратами. Цей спосіб може мати рідке застосування тільки при наявності виключно великого числа вимірянних витрат води.

Після розрахунку щоденних витрат води по інтерполяції сплайном або по кривій витрат, переходять до оцінки отриманих результатів, яка згідно з Настановами проводиться на базі аналізу повного комплексного графіка. Він висвічується шляхом активізації вікна першого рівня «Анализ» і його другого вікна «Комплексный график». Активізація цього комплексного графіка відкриває вікно третього рівня, де потрібно вибрати рядок способу розрахунку щоденних витрат води – по інтерполяції, комбінованим або іншими способами. В результаті на екрані висвічується повний комплексний графік гідрометеорологічних явищ на ділянці поста за рік, що розглядається. При аналізі цього графіка потрібно керуватися вимогами Настанов ГМС і постам [9]. Особлива увага приділяється відповідності коливань середньодобових витрат і рівнів, відповідності вимірянних і обчислених витрат води, а також відповідності коливань витрат води і інших гідрометеорологічних елементів в періоди відсутності вимірювань витрат. Такий аналіз комплексних графіків може проводитися окремо для всіх обчислених різними способами таблиць – «Е», «В», «Р» і «А».

Внаслідок проведеного аналізу оператор вирішує, який спосіб розрахунку прийняти як оптимальний. Своє рішення він документує графіками, що розпечатаються і таблицями для захисту виконаних розрахунків у редактора Водного Кадастру Регіонального Центра спостережень природного середовища. Порівняння щоденних витрат, обчислених різними способами, проводиться шляхом активізації вікна третього рівня «Оценка», повторного по відношенню до вікна «Анализ». Програма запитує два файли (по перших буквах імені файлів). У результаті на чорному фоні екрана висвічується таблиця відхилень витрат по двох способах, наприклад, по інтерполяції і комбінованим способом, а потім проводиться статистичний аналіз цих відхилень і будується графік забезпеченості відхилень.

Оцінка цього графіка дає можливість скласти уявлення про придатність програмної системи, що пропонується для обчислення щодобових витрат води в умовах конкретних створів. У цьому випадку потрібно як «еталон» прийняти таблицю щоденних витрат одного з минулих років з великим числом надійно вимірених витрат, розрахунки стоку для якого можуть вважатися точними. Результати розрахунку стоку для цього року, виконані системою «КАДАСТР», порівнюються у вікні «*Анализ*» з еталоном. По значенні відхилень двох розрахунків, забезпеченій на 80% судять про доцільність більш детальної обробки рівняння кривої витрат або сплайн-графіка перехідних коефіцієнтів в перехідні дати зміни умов течії води на ділянці водпоста.

Четверте вікно першого рівня «*Паводок*» служить для обчислення об'ємів стоку і окремих паводків і для побудови їх гідрографів витрат. З цією метою активізується вікно 2-го рівня «*Гидрограф*» і вибирається прийнятий варіант річної таблиці обчислених витрат. Заздалегідь встановлюються дати початку вибраного паводка і закінчення, які вводяться в пам'ять ПЕВМ по запиту програми. Вводиться також площа водозбору. За цим даними програма вибирає середньодобові витрати за весь період паводка, визначає об'єм паводка в млн. м³ і показує на екрані монітора гідрограф витрат, який необхідно скопіювати на папір для документування. Обчислені характеристики паводка необхідні для складання інформаційних таблиць Водного Кадастру.

В Додатку приведено зразки вихідних таблиць і графіків, які використовуються при обчисленні добового стоку.

Список літератури

1. Водний кодекс України. - В газете: «ГОЛОС УКРАИНЫ» 20 июля 1995 года. N 133(1133).
2. В.И. Григорьев. Автоматический контроль результатов водомерных наблюдений при обработке их на ЭВМ. - Экспресс-информация. Методы механизированной обработки гидрометеорологической информации. Вып. 10, Обнинск 1978. - 26-46 с.
3. Структура публикаций части Государственного водного кадастра. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. -16 с.
4. А.А. Лучшева. Практическая гидрометрия. - Л: Гидрометеиздат, 1983. - 43 с.
5. Методические указания по ведению Государственного водного кадастра. Разд. 1, вып. 3, ч. 1. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. -163 с.
6. Методические указания по ведению Государственного водного кадастра. Разд. 1, вып. 6, ч. 1. - Обнинск: Изд. ВНИГМИ-МЦД, 1983. - 140 с.
7. Методические указания по ведению Государственного водного кадастра. Разд. 1, вып. 7, ч. 1. - Обнинск: Изд. ВНИИГМИ-МЦД, 1980. - 130 с.
8. Наставление гидрометстанциям и постам, вып. 6, ч. I. - Л.: Гидрометеиздат, 1978. - 382 с.
9. Наставление гидрометстанциям и постам, вып. 6, ч. III. - Л.: Гидрометеиздат, 1978. - 290 с.
10. Методические рекомендации по измерению расходов воды и вычислению стока на реках с искусственным руслом. - Изд. ГТИ, 1975. - 56 с.
11. Карасев И.Ф., Васильев А.В. и Субботина Е.С. Гидрометрия. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 375 с.
12. И.Ф. Карасев, И.Г. Шумков. Гидрометрия. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 384 с.
13. И.Ф. Карасев. Речная гидрометрия и учет водных ресурсов. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 310 с.
14. А.Р. Константинов, Н.М. Химин. Применение сплайнов и метода остаточных отклонений в гидрометеорологии. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 183 с.

С к о р о ч е н н я

позначень деяких термінів, які використовуються в посібнику

Кр – крива витрат води.

ДВК – Державний Водний Кадастр.

АІС – автоматизована інформаційна система.

ГМС – гідрометеорологічна станція.

ЩВВ – щоденні витрати води.

ЩРВ – щоденні рівні води.

лдх – льодохід.

лдст – льодостав.

заб – забереги.

тр – трава в руслі.

св – чисте русло.

ДОДАТОК

Дод. 1. Измеренные расходы воды,
р. Стрый – с. Завадовка, 1969 г.

NN	Дата	Ств.	Сост.	H, см	Q, м3/с	F, м2	Vcp, м/с	Vm, м/с	B, м	hcp, м	hm, м	I, о/оо	Сп. изм.	Сп. обр.	Прим.
1	10.01	2	лдст	99	1.31	18.9/9.80	0.13	0.20	53.0	0.36	070	–	B5/5	а	нет
2	18.01	2	лдст	101	2.56	18.9/7.50	0.34	0.55	47.0	0.40	0.61	–	B5/5	а	нет
3	31.01	2	лдст	102	1.38	16.0/5.54	0.25	0.36	37.0	0.43	0.63	–	B5/5	а	нет
4	10.02	2	лдст	113	1.81	28.0/6.20	0.29	0.36	54.0	0.52	0.76	–	B5/5	а	нет
5	20.02	2	лдст	121	3.79	31.0/9.86	0.38	0.54	56.0	0.55	0.82	–	B5/5	а	нет
6	28.02	2	лдст	126	6.17	36.8/14.8	0.42	0.65	66.0	0.56	0.88	–	B5/5	а	нет
7	14.03	2	лдж	232	202	108	1.87	2.38	70.0	1.55	1.94	–	ПЛДП20	а	да
8	15.03	2	лдж	186	100	70.7	1.41	1.66	69.5	1.02	1.56	–	B6/6	а	да
9	31.03	2	св	89	6.28	14.5	0.43	0.58	52.0	0.28	0.53	2.0	B5/5	а	да
10	10.04	3	св	115	20.3	24.2	0.84	1.01	59.0	0.41	0.75	2.0	B5/5	а	да
11	23.04	3	св	202	136	85.5	1.59	1.96	75.0	1.14	1.58	2.1	B6/6	а	да
12	24.04	3	св	230	185	106	1.74	2.18	78.0	1.36	1.88	2.0	B6/6	а	да
13	25.04	3	св	194	112	78.7	1.43	1.74	75.0	1.05	1.49	2.0	B6/12	а	да
14	26.04	3	св	166	75.9	60.6	1.25	1.50	70.5	0.86	1.23	1.8	B5/10	а	да
15	10.05	3	св	97	8.89	15.5	0.57	0.64	47.0	0.33	0.59	1.9	B5/5	а	да
16	20.05	3	св	152	53.0	46.3	1.13	1.63	67.5	0.69	1.09	2.0	B6/6	а	да
17	28.05	3	св	143	44.2	43.5	1.02	1.47	66.0	0.66	1.08	2.6	B6/6	а	да
18	09.06	2	св	314	428	200	2.14	2.94	71.0	2.82	3.00	2.5	ПП20	а	да
19	10.06	3	св	270	268	136	1.97	2.87	80.0	1.70	2.35	2.1	B7/7	а	да
20	11.06	3	св	196	115	83.3	1.38	2.13	75.5	1.10	1.70	2.0	B6/6	а	да
21	30.06	3	св	128	32.2	34.6	0.93	1.45	63.0	0.55	0.92	2.0	B5/5	а	да
22	10.07	3	св	132	34.0	36.1	0.94	1.34	65.5	0.55	0.90	2.0	B5/5	а	да
23	31.07	3	св	77	2.78	8.44	0.33	0.42	39.0	0.22	0.44	1.9	B5/5	а	да
24	09.08	3	св	72	1.70	7.29	0.23	0.30	34.5	0.21	0.43	–	B5/5	а	да
25	20.08	3	св	96	10.4	17.1	0.61	0.80	55.5	0.31	0.52	–	B5/5	а	да
26	10.09	3	св	78	2.68	8.86	0.30	0.44	42.0	0.21	0.49	–	B5/5	а	да
27	30.09	3	св	71	1.53	7.07	0.21	0.28	33.5	0.21	0.48	–	B5/5	а	да
28	15.10	2	св	71	1.52	4.24	0.36	0.52	20.5	0.21	0.31	3.6	B5/5	а	да
29	31.10	2	св	72	1.71	4.49	0.38	0.77	20.0	0.22	0.35	3.6	B5/5	а	да
30	25.11	3	св	193	125	81.1	1.54	2.02	76.0	1.07	1.61	1.8	B5/10	а	да
31	23.12	2	лдст	103	5.58	19.9/17.1	0.33	0.58	60.0	0.33	0.59	–	B5/5	а	нет
32	24.12	2	лдст	106	3.06	24.3/12.0	0.26	0.46	62.0	0.39	0.66	–	B5/5	а	нет

Дод. 2. Таблица ежедневных уровней воды,
р. Стрый – с. Завадовка, 1969 г.

число	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	116	104	122	90	137	98	138	76	89	71	78	105
2	116	114	120	116	126	95	126	76	88	89	88	102
3	112	116	118	113	118	124	116	76	86	83	82	96
4	110	122	116	118	112	116	116	74	86	76	77	110
5	106	124	115	126	107	106	116	74	86	76	75	108
6	104	122	113	135	104	100	112	73	84	78	76	106
7	103	121	114	138	100	97	132	73	83	76	74	107
8	101	117	114	136	98	193	116	72	80	75	81	114
9	100	114	112	124	99	303	168	72	79	74	78	114
10	99	112	112	118	104	190	132	73	78	72	99	108
11	100	112	112	120	102	180	119	82	78	72	103	104
12	99	111	112	130	96	196	112	82	77	72	92	103
13	97	110	126	146	92	165	108	78	76	71	88	104
14	99	108	222	152	90	136	103	82	76	71	87	108
15	99	108	179	136	88	149	99	78	74	71	87	110
16	100	114	132	124	87	172	94	76	74	71	86	120
17	101	132	111	122	85	166	92	82	74	70	88	118
18	101	140	106	119	84	146	90	87	76	70	89	109
19	103	129	98	122	85	140	90	109	76	70	96	110
20	101	122	90	114	127	148	88	92	73	70	93	108
21	98	126	90	112	135	151	88	85	73	69	100	106
22	93	151	88	134	116	135	87	128	73	69	96	106
23	88	157	90	206	106	130	87	106	73	69	94	106
24	96	148	98	224	100	120	86	95	72	69	110	106
25	96	146	111	188	94	113	83	90	72	70	165	106
26	102	144	120	168	92	146	82	114	72	70	176	104
27	103	132	121	166	102	138	80	134	72	70	154	104
28	102	126	102	166	144	122	79	114	72	70	134	104
29	102		96	160	118	113	78	112	72	70	120	103
30	102		91	148	114	131	78	104	72	72	110	100
31	102		89		106		77	95		72		114
Сред	101	124	114	139	105	144	102	89	77	72	99	107
Наиб	116	166	320	248	156	380	184	140	89	93	198	124
Наим	35	103	87	89	84	95	77	72	71	69	73	95

среднее значение за год = 114 см

наибольший уровень за год = 380 см

Дод. 3. Среднесуточные температуры воздуха, °С,
ст. Дрогобыч, 1969 г.

число	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	-11.4	2.9	-3.6	5.4	16.0	15.4	14.2	18.9	15.6	12.4	8.7	-1.6
2	-10.3	3.0	-4.1	3.9	14.6	13.2	18.1	19.6	15.6	6.9	10.1	-2.9
3	-6.4	3.4	-5.2	2.2	14.8	12.4	19.2	19.2	14.2	6.4	12.7	-4.3
4	-6.9	-0.1	-3.7	1.4	17.0	13.4	19.6	14.4	15.6	9.3	12.1	-4.4
5	-14.6	-3.1	-5.9	3.0	20.0	12.1	19.2	14.9	14.2	11.0	8.3	-2.1
6	-13.4	-4.8	-10.6	3.7	24.2	12.8	19.2	17.2	13.5	7.9	1.8	-1.9
7	-11.3	-6.3	-8.9	5.2	18.9	13.2	20.7	19.3	15.0	6.5	-1.9	-3.3
8	-11.2	-9.0	-4.7	3.7	15.8	13.1	18.0	17.6	12.8	5.8	1.0	-4.2
9	-12.7	-10.1	-0.3	1.1	15.0	12.2	13.5	14.7	13.2	8.2	9.2	-0.6
10	-16.9	-6.2	0.1	2.5	12.8	12.0	13.8	12.5	14.0	10.0	9.7	0.1
11	-15.3	-12.3	0.0	8.0	14.6	11.9	14.1	13.2	14.5	9.6	9.8	-1.7
12	-15.5	-17.7	4.5	11.0	15.2	14.9	14.3	15.4	14.8	9.4	14.4	-1.6
13	-11.7	-12.7	4.7	7.3	17.3	17.3	14.6	16.8	15.0	11.2	14.1	-2.7
14	-7.2	-7.4	8.2	1.0	16.2	17.6	15.6	19.2	14.6	9.5	16.4	-5.0
15	-6.7	-1.8	-0.4	2.4	25.0	16.0	15.4	17.8	14.5	9.3	16.4	-4.9
16	0.8	2.3	-4.8	3.2	20.8	16.7	18.1	19.2	14.0	9.4	9.0	-2.2
17	-0.7	-1.4	-5.8	3.3	16.7	19.1	20.4	17.9	14.2	6.3	5.6	-3.7
18	-0.1	-5.0	-5.5	2.4	14.1	19.7	21.0	17.1	10.5	6.3	4.7	-7.8
19	-0.6	-5.5	-4.2	0.6	17.4	19.9	17.6	15.6	6.4	7.8	4.4	-9.9
20	-1.6	-4.6	-5.8	1.6	9.2	19.7	15.7	16.8	8.4	7.6	7.0	-10.2
21	-14.2	-0.7	-3.1	3.4	11.0	16.6	15.2	17.1	12.9	7.1	7.2	-12.2
22	-14.4	-2.3	-5.0	7.0	11.0	17.6	16.6	16.8	14.5	7.2	9.5	-14.1
23	-4.6	-6.2	-4.0	12.9	10.0	18.0	18.3	14.7	13.8	6.8	10.2	-12.5
24	-1.3	-5.3	-2.1	9.6	9.1	19.2	19.2	16.2	9.7	6.9	12.6	-13.3
25	-5.1	-3.8	-1.6	9.4	7.8	18.1	20.1	18.9	9.6	6.4	8.4	-10.1
26	-12.0	-2.8	0.4	13.5	11.9	14.1	20.7	18.3	11.8	9.2	5.8	-7.9
27	-17.9	-2.9	0.1	14.0	14.5	14.0	20.5	15.8	5.8	8.6	0.4	-8.7
28	-13.3	-3.4	0.6	15.9	13.8	15.4	19.5	15.0	11.0	8.6	-3.4	-11.3
29	-1.7		0.0	16.5	15.5	15.2	16.9	14.4	8.1	7.5	2.1	11.9
30	2.7		0.2	16.8	18.7	12.4	18.7	16.1	13.1	6.0	1.2	-9.0
31	2.4		1.6		19.0		18.2	16.8		4.0		-12.9

Дод. 4. Ледовые и др. явления,
р. Стрый – с. Завадовка, 1969 г.

число	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	лдст	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	св
2	лдст	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	шуга
3	лдст	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	св
4	лдст	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	заб
5	лдст	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	заб
6	лдст	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	заб
7	лдст	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	шуга	заб
8	лдст	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	шуга	заб
9	лдст	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	шуга	заб
10	лдст	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	заб
11	лдст	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	заб
12	лдст	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	заб
13	лдст	лдст	лдх	св	св	св	св	св	св	св	св	заб
14	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	св	заб
15	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	св	заб
16	лдст	лдст	шуга	св	св	св	св	св	св	св	св	заб
17	лдст	лдст	шуга	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
18	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
19	лдст	лдст	шуга	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
20	лдст	лдст	шуга	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
21	лдст	лдст	шуга	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
22	лдст	лдст	шуга	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
23	лдст	лдст	шуга	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
24	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
25	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
26	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
27	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
28	лдст	лдст	св	св	св	св	св	св	св	св	шуга	лдст
29	лдст		св	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
30	лдст		св	св	св	св	св	св	св	св	св	лдст
31	лдст		св		св		св	св		св		лдст

Дод. 5. Таблица отклонения расходов от кривой,
р. Стрый у п. с. Завадовка за 1969 г.

номера измер.	уровни над 0	расходы измер.	расходы вычисл.	dq в %
7	232	202.00	193.45	-4.23
8	186	100.00	102.37	2.37
9	89	6.28	6.38	1.59
10	115	20.30	20.11	-0.96
11	202	136.00	130.56	-4.00
12	230	185.00	188.85	2.08
13	194	112.00	116.01	3.58
14	166	75.90	72.24	-4.82
15	97	8.89	9.73	9.46
16	152	53.00	54.46	2.75
17	143	44.20	44.43	0.53
18	314	428.00	434.68	1.56
19	270	268.00	292.40	9.10
20	196	115.00	119.56	3.96
21	128	32.20	30.13	-6.43
22	132	34.00	33.66	-1.01
23	77	2.78	2.74	-1.46
24	72	1.70	1.69	-0.41
25	96	10.40	9.27	-10.86
26	78	2.68	2.98	11.23
27	71	1.53	1.52	-0.94
28	71	1.52	1.52	-0.29
29	72	1.71	1.69	-1.00
30	193	125.00	114.25	-8.60

Средняя квадратич. погрешность связи = 0.05,
ср. абс. ошибка = 3.88%

Оптимальное уравнение КР: $Q = 2.65e-03*(H - 52)**2.16$

Дод. б. Суточные осадки, мм,
ст. Дрогобыч, 1969 г.

число	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	2.0	0.8	0.0	2.1	0.0	0.0	15.8	0.0	0.0	0.0	2.4	0.9
2	0.0	0.0	0.9	4.2	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	9.7	0.0	3.9
3	0.9	7.2	4.2	0.0	0.0	23.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3
4	0.6	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	4.1	2.5	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1
8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	38.5	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
9	0.0	1.1	0.0	0.0	3.9	19.4	8.4	0.3	0.0	0.0	0.0	2.6
10	0.0	1.3	1.6	0.0	34.0	1.9	0.0	5.5	0.0	0.0	4.5	2.3
11	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	6.6	1.2	16.2	0.0	0.0	0.0	0.2
12	0.0	0.2	0.6	0.0	0.0	5.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
13	0.0	0.0	0.0	7.9	0.3	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	3.0
14	0.0	0.0	0.0	24.6	0.0	0.8	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.4
15	0.0	0.8	2.0	11.4	0.0	2.7	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	1.5	1.1	0.0	1.1	0.0	4.1	20.4	0.0	0.0	1.1
17	0.0	1.0	2.6	0.1	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	2.8
18	0.0	0.2	3.0	0.6	0.0	0.5	5.1	52.4	13.4	0.7	3.7	0.4
19	0.9	0.0	2.8	11.6	0.0	0.0	0.0	13.3	0.0	0.0	5.0	0.0
20	0.0	0.7	0.0	0.0	21.1	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
21	0.0	3.8	0.2	0.0	0.0	7.0	1.3	0.3	0.0	0.0	0.0	4.5
22	0.0	2.9	0.0	0.0	1.6	19.5	0.4	18.0	0.0	0.0	0.0	1.6
23	1.3	0.0	0.0	1.1	0.3	0.0	0.7	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0
24	1.7	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.9
25	0.6	0.0	0.0	2.1	0.0	39.7	0.0	0.0	0.0	4.1	9.0	0.0
26	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	12.3	0.0	12.2	0.0	0.0	1.7	4.0
27	0.0	0.2	3.0	0.0	61.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0
28	0.0	0.2	3.0	0.0	0.4	2.7	4.8	26.2	3.9	0.0	8.0	0.0
29	0.0		0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.7		0.0	0.0	17.3	21.0	0.3	0.0	0.0	3.7	3.0	1.0
31	1.6		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		0.0

Дод. 7. Температура воды, °С
р. Стрый – с. Завадовка, 1969 г.

Дата вес. 02°	Дата вес. 10°	Декада	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	Дата ос. 02°	Дата ос. 10°	Макс. t °
22.03	01.05	1	–	–	–	3.4	13.6	12.8	15.0	17.9	15.7	8.4	3.6	–	01.12	01.10	26.0
		2	–	–	0.1	3.4	15.7	12.5	14.9	17.2	14.8	8.9	5.8	–			26.07
		3	–	–	1.5	6.3	13.0	13.4	19.4	15.4	11.1	5.7	3.8	–			
		Средн.	–	–	–	4.4	14.1	12.9	16.4	16.8	13.9	7.7	4.4	–			

Дод. 8. Толщина льда, снега, см,
р. Стрый – с. Завадовка, 1969 г.

СнЛд	я05	я10	я15	я20	я25	я31	ф05	ф10	ф15	ф20	ф25	ф28	м05	м10	м15	м20	м25	м31	н05	н10	н15	н20	н25	н30	д05	д10	д15	д20	д25	д31	max
снег	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	40
лед	14	22	25	27	27	31	31	40	35	38	28	35	30	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5	11	16	23	10.02

Дод. 9. Таблица ежедневных расходов воды (комбинир. способ), м. куб./с
р. Стрый у п. с. Завадовка за 1969 г.

число	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	2.53	1.55	6.05	6.85	39.0	10.3	40.0	2.54	6.46	1.53	3.02	14.3
2	2.49	2.13	6.61	21.1	28.9	8.94	28.9	2.54	6.09	6.46	6.09	12.4
3	2.13	2.15	7.23	19.0	22.6	27.2	21.1	2.54	5.39	4.41	4.11	9.25
4	1.94	2.49	7.86	22.6	18.4	21.1	21.1	2.10	5.39	2.54	2.77	16.5
5	1.65	2.56	8.75	28.9	15.2	14.6	21.1	2.10	5.39	2.54	2.32	15.0
6	1.51	2.35	9.31	37.0	13.5	11.3	18.4	1.90	4.72	3.02	2.54	13.5
7	1.46	2.25	10.9	40.0	11.3	9.87	34.2	1.90	4.41	2.54	2.10	13.7
8	1.35	1.98	12.1	38.0	10.3	11.6	21.1	1.71	3.54	2.32	3.82	17.3
9	1.33	1.80	12.4	27.2	10.8	40.4	76.3	1.71	3.27	2.10	3.02	16.8
10	1.33	1.71	13.6	22.6	13.5	11.1	34.2	1.90	3.02	1.71	10.8	13.1
11	1.47	1.77	14.6	24.1	12.4	94.4	23.3	4.11	3.02	1.71	12.9	10.8
12	1.50	1.77	15.6	32.4	9.40	12.1	18.4	4.11	2.77	1.71	7.65	9.97
13	1.47	1.77	26.0	48.4	7.65	72.1	15.8	3.02	2.54	1.53	6.09	10.0
14	1.74	1.72	17.4	55.4	6.85	38.0	12.9	4.11	2.54	1.53	5.73	11.2
15	1.86	1.80	92.8	38.0	6.09	51.8	10.8	3.02	2.10	1.53	5.73	11.6
16	2.08	2.34	34.2	27.2	5.73	82.1	8.50	2.54	2.10	1.53	5.39	15.5
17	2.29	4.23	17.7	25.6	5.05	73.5	7.65	4.11	2.10	1.36	6.09	13.8
18	2.38	5.40	14.6	23.3	4.72	48.4	6.85	5.73	2.54	1.36	6.46	9.48
19	2.67	4.19	10.3	25.6	5.05	42.0	6.85	16.4	2.54	1.36	9.40	9.22
20	2.48	3.51	6.85	19.7	29.7	50.7	6.09	7.65	1.90	1.36	8.07	7.96
21	2.16	4.05	6.85	18.4	37.0	54.2	6.09	5.05	1.90	1.21	11.3	6.81
22	1.66	7.73	6.09	36.1	21.1	37.0	5.73	30.6	1.90	1.21	9.40	6.24
23	1.22	8.95	6.85	14.0	14.6	32.4	5.73	14.6	1.90	1.21	8.50	5.66
24	1.01	7.59	10.3	17.8	11.3	24.1	5.39	8.94	1.71	1.21	17.1	5.06
25	1.74	7.59	17.7	10.7	8.50	19.0	4.41	6.85	1.71	1.36	17.9	4.48
26	2.17	7.76	24.1	76.3	7.65	48.4	4.11	19.7	1.71	1.36	94.6	3.68
27	2.13	6.29	24.8	73.5	12.4	40.0	3.54	36.1	1.71	1.36	61.6	3.34
28	1.91	5.96	12.4	73.5	46.2	25.6	3.27	19.7	1.71	1.36	38.1	3.08
29	1.78		9.40	65.4	22.6	22.6	3.02	18.4	1.71	1.36	25.1	2.77
30	1.65		7.24	50.7	19.7	33.3	3.02	13.5	1.71	1.71	17.6	2.31
31	1.53		6.46		14.6		2.77	8.94		2.77		0.33
Декада												
1	1.77	2.10	9.48	26.3	18.4	73.5	31.6	2.10	4.77	2.92	4.06	14.2
2	1.99	2.85	40.7	32.0	9.27	67.5	11.7	5.48	2.42	1.50	7.36	11.0
3	1.73	6.99	12.0	82.1	19.6	33.7	4.28	16.6	1.77	1.47	36.1	3.98
Сред	1.83	3.76	20.5	46.8	15.9	58.2	15.5	8.33	2.98	1.95	15.8	9.52
Наиб	2.67	8.95	16.3	17.7	45.2	38.1	77.0	38.7	6.53	6.47	94.6	17.3
Наим	1.01	1.55	6.05	6.85	4.72	8.94	2.77	1.71	1.71	1.21	2.10	0.33

среднее значение за год = 16,8 м³/с

наибольший расход за год = 381 м³/с

Дод. 10. Таблица ежедневных расходов воды (сплайн-интерполяция), м. куб./с
р. Стрый у п. с. Завадовка за 1969 г.

число	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	2.51	1.57	6.20	6.71	37.8	10.1	41.8	2.53	6.52	1.53	3.02	14.8
2	2.47	2.15	6.74	20.6	27.8	8.67	30.2	2.53	6.06	6.46	6.11	13.1
3	2.13	2.19	7.34	18.5	21.5	26.3	22.0	2.53	5.28	4.42	4.14	6.95
4	1.96	2.54	7.94	22.0	17.4	20.3	21.9	2.09	5.20	2.55	2.80	18.1
5	1.67	2.60	8.80	28.1	14.3	14.0	21.8	2.09	5.13	2.55	2.35	16.8
6	1.53	2.39	9.33	36.1	12.6	10.8	18.9	1.89	4.44	3.04	2.58	15.6
7	1.48	2.29	10.9	39.1	10.5	9.38	34.9	1.89	4.09	2.56	2.15	16.2
8	1.38	2.00	12.1	37.3	9.50	11.0	21.4	1.70	3.24	2.33	3.92	20.9
9	1.36	1.82	12.4	26.8	9.89	38.1	77.0	1.71	2.97	2.12	3.11	20.8
10	1.35	1.72	13.5	22.3	12.3	10.4	34.3	1.91	2.71	1.72	11.2	16.5
11	1.49	1.76	14.5	33.9	11.2	88.4	23.3	4.15	2.69	1.72	13.5	13.9
12	1.52	1.75	15.5	32.2	8.53	11.3	18.3	1.18	2.46	1.71	7.99	13.0
13	1.48	1.75	25.8	48.3	6.96	67.6	15.7	3.10	2.25	1.53	6.39	13.1
14	1.74	1.69	16.2	55.4	6.25	35.7	12.8	4.27	2.25	1.53	6.04	14.8
15	1.86	1.76	89.9	38.1	5.59	49.0	10.7	3.17	1.87	1.52	6.06	15.2
16	2.07	2.28	34.0	27.3	5.29	78.0	8.38	2.69	1.87	1.52	5.71	20.2
17	2.27	4.11	18.0	25.7	4.69	70.3	7.54	4.40	1.88	1.35	6.48	17.7
18	2.36	5.25	15.1	23.4	4.42	46.7	6.75	6.19	2.28	1.35	6.89	11.9
19	2.64	4.08	10.8	25.7	4.76	40.8	6.75	17.9	2.30	1.35	10.0	11.3
20	2.44	3.43	7.18	19.8	28.2	49.7	6.01	8.37	1.74	1.35	8.63	9.52
21	2.13	3.97	7.20	18.4	35.3	53.6	6.02	5.54	1.75	1.19	12.2	7.89
22	1.63	7.64	6.44	36.1	20.3	36.9	5.67	33.6	1.76	1.19	10.1	6.99
23	1.20	8.92	7.18	14.0	14.1	32.6	5.68	16.1	1.78	1.19	9.12	6.12
24	1.03	7.64	10.8	17.7	11.0	24.4	5.35	9.78	1.62	1.19	18.3	5.31
25	1.72	7.71	18.4	10.6	8.26	19.4	4.39	7.45	1.63	1.35	77.2	4.57
26	2.15	7.92	24.8	75.5	7.45	49.8	4.09	21.3	1.65	1.35	94.2	3.67
27	2.12	6.45	25.3	72.6	12.1	41.4	3.53	38.6	1.66	1.35	61.6	3.26
28	1.91	6.12	12.5	72.4	45.2	26.6	3.27	20.9	1.67	1.35	38.3	2.96
29	1.78		9.41	64.1	22.0	23.5	3.01	19.3	1.68	1.35	25.5	2.64
30	1.66		7.19	49.5	19.2	34.8	3.01	14.0	1.70	1.70	18.1	2.19
31	1.54		6.37		14.3		2.77	9.14		2.76		0.32
Декада												
1	1.78	2.13	9.52	25.8	17.3	69.5	32.4	2.09	4.56	2.93	4.14	16.3
2	1.99	2.78	39.4	32.0	8.59	64.0	11.6	5.84	2.16	1.49	7.77	14.1
3	1.72	7.05	12.3	81.3	19.0	34.3	4.25	17.8	1.69	1.45	36.5	4.17
Сред	1.82	3.77	20.1	46.4	15.1	56.0	15.7	8.87	2.80	1.94	16.1	11.3
Наиб	2.64	8.92	16.2	17.7	45.2	38.1	77.0	38.6	6.52	6.46	94.2	20.9
Наим	1.03	1.57	6.20	6.71	4.42	8.67	2.77	1.18	1.62	1.19	2.15	0.32

среднее значение за год = 16,7 м³/с

наибольший расход за год = 381 м³/с

Дод. 11. Ежедневные расходы воды (ежегодник), м. куб. / сек.
р. Стрый у п. с. Завадовка за 1969 г.

NN	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	3.36	1.38	5.71	5.90	41.1	10.0	24.1	2.54	6.78	1.52	3.07	14.4
2	3.36	2.08	5.61	22.4	30.7	8.20	30.7	2.54	6.38	6.78	6.38	12.7
3	2.70	2.24	5.74	20.0	23.9	29.0	22.4	2.54	5.59	4.56	4.24	9.14
4	2.48	2.72	5.82	23.9	19.3	22.4	22.4	2.09	5.59	2.54	2.80	4.61
5	1.96	2.90	5.83	30.7	15.8	15.1	22.4	2.09	5.59	2.54	2.28	2.46
6	1.79	2.72	5.80	39.2	13.8	11.2	19.3	1.89	4.88	3.07	2.54	2.26
7	1.72	2.38	6.45	42.1	11.2	9.40	36.2	1.89	4.56	2.54	2.09	2.38
8	1.42	2.09	7.07	40.1	10.0	11.4	22.4	1.70	3.60	2.28	3.92	3.12
9	1.34	1.87	7.15	29.0	10.6	41.1	76.4	1.70	3.33	2.09	3.07	3.12
10	1.27	1.74	8.11	23.9	13.8	10.9	36.2	1.89	3.07	1.70	11.1	2.46
11	1.34	1.74	9.65	25.5	12.5	92.2	24.7	4.24	3.07	1.70	13.2	2.07
12	1.38	1.66	12.9	34.2	8.80	11.9	19.3	4.24	2.80	1.70	8.01	1.98
13	1.32	1.77	24.6	50.9	6.82	72.9	16.4	3.07	2.54	1.52	6.38	2.08
14	1.59	1.64	19.3	57.7	5.90	40.1	13.2	4.24	2.54	1.52	5.99	2.46
15	1.80	1.64	90.9	40.1	5.30	54.3	11.1	3.07	2.09	1.52	5.99	2.66
16	2.13	2.29	36.2	29.0	5.00	81.5	8.85	2.54	2.09	1.52	5.99	3.84
17	2.48	4.34	18.5	27.2	4.40	74.1	8.01	4.24	2.09	1.40	6.38	3.59
18	2.60	5.29	15.1	24.7	4.15	50.9	7.17	5.99	2.54	1.40	6.78	3.89
19	2.90	4.33	10.0	27.2	4.40	44.1	7.17	17.0	2.54	1.40	9.72	3.54
20	2.48	3.81	5.90	20.8	31.6	53.1	6.38	8.01	1.89	1.40	8.44	3.28
21	2.00	4.60	5.90	19.3	39.2	56.6	6.38	5.20	1.89	1.32	11.5	3.02
22	1.31	9.06	5.30	38.2	22.4	39.2	5.99	32.5	1.89	1.32	9.72	3.02
23	0.90	10.2	5.90	13.9	15.1	34.2	5.99	15.1	1.89	1.32	6.85	3.02
24	0.70	9.03	10.0	18.7	11.2	25.5	5.99	9.28	1.70	1.32	17.7	3.02
25	1.23	9.16	18.5	10.6	7.74	20.0	4.56	7.17	1.70	1.40	72.9	3.02
26	1.62	8.75	25.5	76.4	6.82	50.9	4.24	20.8	1.70	1.40	86.8	2.76
27	1.58	6.88	26.4	74.1	12.5	42.1	3.60	38.2	1.70	1.40	60.0	2.76
28	1.50	6.14	12.5	74.1	48.6	27.2	3.33	20.8	1.70	1.40	38.2	2.76
29	1.50		8.80	67.0	23.9	23.9	3.07	19.3	1.70	1.40	25.5	2.64
30	1.38		6.36	53.1	20.8	35.2	3.07	13.8	1.70	1.70	17.7	2.30
31	1.38		5.60		15.1		2.80	9.28		1.70		4.16
ср.	1.83	4.09	19.7	48.3	16.2	59.3	16.2	8.68	3.04	1.95	15.6	3.82
max	3.36	11.9	4.59	253	62.4	634	99.0	44.1	6.78	8.44	123	14.4
min	0.66	1.32	5.00	5.60	4.15	8.20	2.80	1.70	1.52	1.32	1.89	1.98

Средний годовой 16,6. Наибольший 634 09.06.

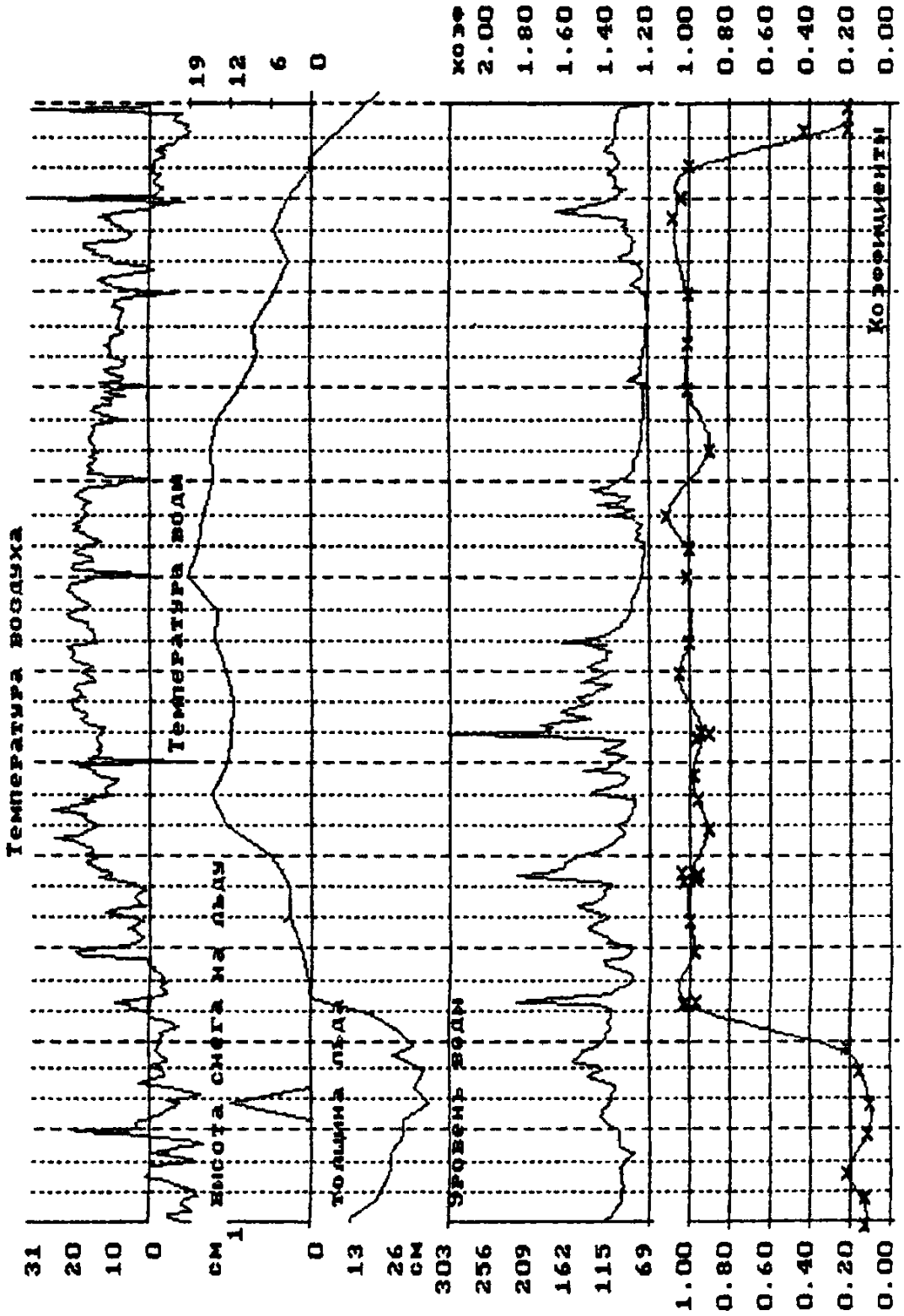
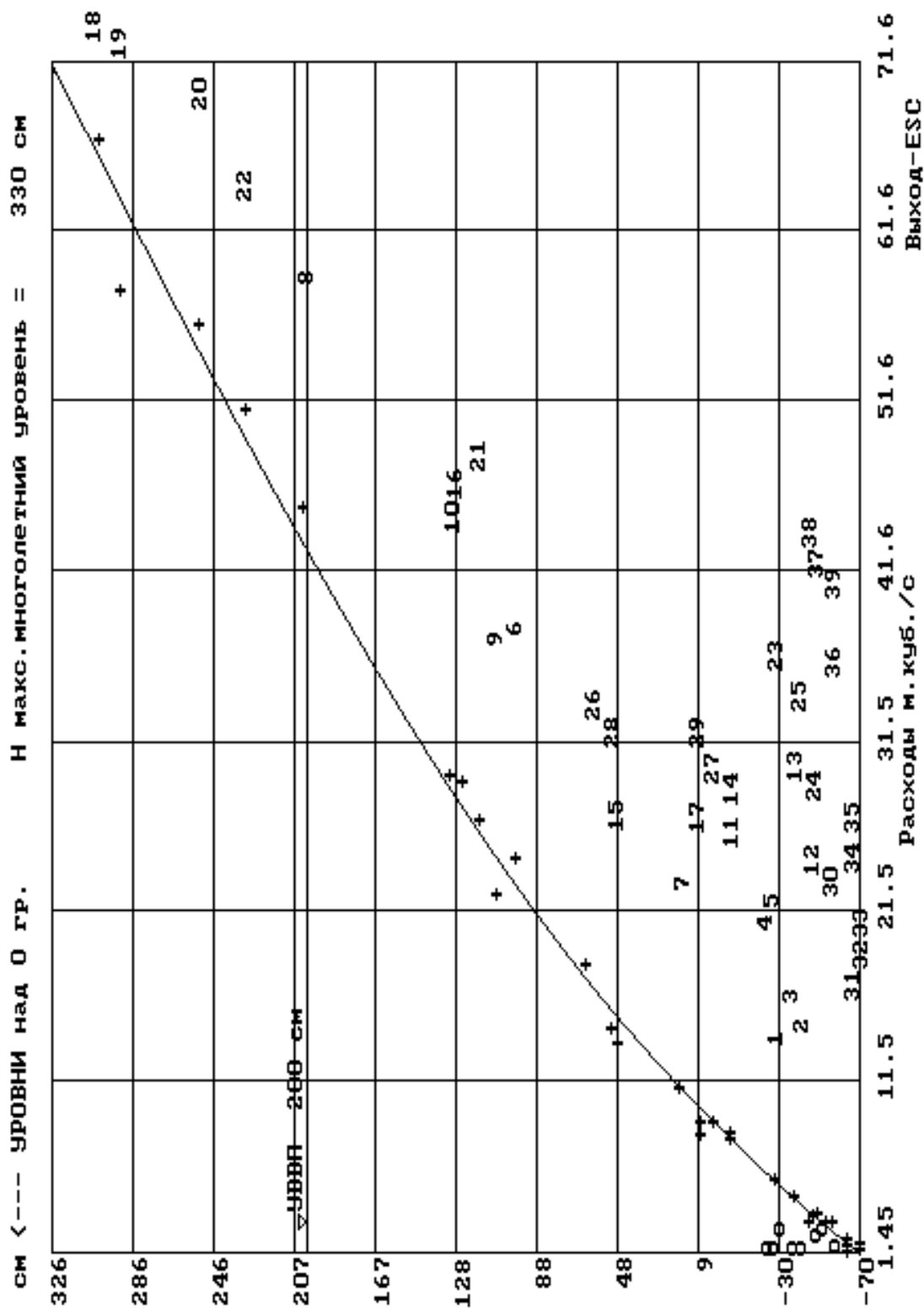


Рис.1. График переходных коэффициентов
 Р. Р.Стрый и п. о.Завадовка за 1969 г.
 Выход - ESC



Зміст

Вступ.....	4
1. Загальнодержавна система обліку вод.....	5
1.1. Структура державного водного кадастру (ДВК).....	5
1.2. Автоматизована інформаційна система обліку вод (АІС ДВК).....	7
2. Програмний комплекс «КАДАСТР» для автоматизованих розрахунків добових витрат.....	10
2.1. Склад програмного комплексу «КАДАСТР».....	10
2.2. Підбір оптимального рівняння кривої витрат.....	11
2.2.1. Гідравлічна залежність витрат від рівнів води.....	12
2.2.2. Розрахунки оптимальних параметрів рівняння кривої витрат.....	13
2.3. Екстраполяція кривої витрат води до вищих рівней.....	18
2.4. Методи обчислення добових витрат води при відсутності однозначної залежності між витратами і рівнями.....	22
2.4.1. Підрахунки стоку деформації русел.....	22
2.4.2. Розрахунки стоку при змінних гідравлічних умовах.....	23
2.4.3. Розрахунки добового стоку при льодових явищах і заростанні русла.....	24
2.4.4. Обчислення добового стоку методом сплайн-інтерполяції.....	27
3. Методичні вказівки до програмної системи «КАДАСТР» для підрахунку на ПЕОМ добових витрат води в гідростворах річок.....	29
3.1. Підготовка річних комплектів даних спостережень для обчислення добового стоку.....	29
3.2. Обчислення оптимальних параметрів рівняння кривої витрат.....	33
3.3. Вказівки для обчислення щоденних витрат води підсистемою «СТОК».....	36
Список літератури.....	43
Скорочення.....	44
Додаток.....	45
Зміст.....	59

Навчальний посібник

Іваненко Олександр Григорович

**АВТОМАТИЗОВАНІ МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ ДОБОВОГО
СТОКУ В ГІДРОСТВОРАХ РІЧОК**

Одеський Гідрометеорологічний інститут,
270016, Одеса – 16, вул. Львівська 15

Здано на виробництво 7.11.98 р.
Підписано до друку 4.12.98 р.
Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Гарнітура Antiqua.
Ум. друк. арк. 3,75.
Віддруковано у видавничому центрі «ТЕС»
Тел.: 42-90-98, 42-90-93

