Міністерство освіти і науки України

Запорізька державна інженерна академія

ФЕЕІТ

Кафедра Тепло та гідроенергетики

Контрольна робота

З дисципліни «інженерна гідрологія та регулювання стоку»

Перевірив:

Назаренко О.М.

Запоріжжя, 2017

Вступ

Програмою курсу "Інженерна гідрологія і регулювання стоку", а також учбовим планом за спеціальністю 145 "Гідроенергетика" передбачено виконання студентами як очного, так і заочного навчання курсової роботи, яка включає в себе гідрологічні та водогосподарські розрахунки.

При виконанні курсової роботи студенти мають використовувати значну кількість різних посібників як архівно-фондового характеру (по ресурсам поверхових вод), так і по розрахункам основних гідрологічних характеристик.

Зібрані у цих рекомендаціях матеріали забезпечуватимуть не тільки виконання курсової роботи по курсу що вивчається, але й допомагають у вирішенні багатьох питань при дипломному проектуванні стосовно до задач водогосподарського будівництва на території України.

Рекомендації розроблені на основі фактичних багаторічних матеріалів по гідрології річок України. Вони допомагають вирішувати коло інженерно-гідрологічних задач, виникаючих у водогосподарській практиці при проектуванні меліоративних об'єктів. В них знаходять використання елементи наукового, логічного аналізу вибору найбільш оптимальних і ефективних гідрологічних і водогосподарських показників, необхідних при проектуванні споруд, і тим самим дають можливість виконувати учбово-винахідницьку роботу в процесі виконання курсової роботи.

Вибір розрахункового варіанту для виконання курсової роботи виконується по таблиці 1, 2, 3.

Для цього необхідно встановити номер прізвища студента по учбовому журналу академічної групи, а також останню цифру номера залікової книжки. В цьому разі перший дві цифри будуть відповідати номеру списку річкових басейнів (таблиця 1), а третя цифра - умовам розрахунків по таблиці 2.

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Річка-пункт | Площа водозбору, км² | Довжина головного водотоку, ,км | Середній похил, ‰ | Лісистість, % | Заболоченість, % | Зарегульованність, % | Закарстованність, % | Щільність мережі ярів, км/ км² | Середня трівалість періоду  замулення N NNNNводосховища, рокі |
| 1 | Молочна-Токмак | 261 | 40 | 4,3 | 14 | 0 | 2 | 20 | 0,80 | 50 |
| 2 | Мертвовід-Крива Пустош | 251 | 47 | 2,3 | 10 | 0 | 2 | 20 | 0,70 | 50 |
| 3 | Лопань-Козача Лопань | 168 | 16 | 4,4 | 15 | 0 | 2 | 25 | 0,50 | 45 |
| 4 | Здвиж-Гавронщина | 867 | 84 | 1,7 | 2 | 0 | 1 | 5 | 0,50 | 60 |
| 5 | Гнила-Лучковці | 387 | 50 | 4,7 | 13 | 0 | 3 | 30 | 0,45 | 50 |
| 6 | Інгул-Кировоград | 814 | 88 | 1,9 | 2 | 0 | 3 | 30 | 0,50 | 60 |
| 7 | Лозоватка-Новоалексіївка | 311 | 44 | 6,2 | 18 | 0 | 4 | 30 | 0,50 | 50 |
| 8 | Соб-Зозов | 79,5 | 24 | 4,5 | 3 | 0 | 2 | 20 | 0,29 | 40 |
| 9 | Циганка-Червонопіл′є | 284 | 43 | 4,6 | 4 | 0 | 3 | 25 | 0,50 | 50 |
| 10 | Тетерів-Житомир | 4440 | 176 | 1,0 | 2 | 1 | 2 | 30 | 0,50 | 60 |
| 11 | Інгул-Ново-Горожено | 7050 | 232 | 0,8 | 6 | 1 | 3 | 30 | 0,50 | 60 |
| 12 | Кальчик-Кременівка | 560 | 29 | 2,4 | 5 | 3 | 4 | 50 | 0,58 | 60 |
| 13 | Вижівка-Руда | 119 | 21 | 7,1 | 61 | 0 | 3 | 10 | 0,60 | 45 |
| 14 | Корсак-Анівка | 179 | 35 | 6,0 | 27 | 0 | 3 | 20 | 0,55 | 45 |
| 15 | Марковка-Марковка | 62,4 | 16 | 10,6 | 3 | 0 | 2 | 15 | 0,50 | 40 |
| 16 | Кільтічия-Новотроїцьке | 343 | 56 | 4,8 | 44 | 0 | 7 | 5 | 0,50 | 50 |
| 17 | Терн-Будки | 930 | 93 | 2,4 | 20 | 1 | 6 | 5 | 0,45 | 60 |
| 18 | Ушиця-Кривчани | 1210 | 121 | 2,6 | 22 | 0 | 5 | 5 | 0,58 | 60 |
| 19 | Горинь-Ямполь | 1040 | 71 | 1,8 | 1 | 0 | 3 | 30 | 0,45 | 60 |
| 20 | Кальміус-Приморське | 3400 | 117 | 1,2 | 2 | 1 | 1 | 25 | 0,45 | 60 |
| 21 | Стирь-Луцьк | 7100 | 244 | 0,8 | 6 | 1 | 3 | 30 | 0,50 | 60 |
| 22 | Конка-Пологи | 296 | 34 | 5,1 | 54 | 0 | 2 | 10 | 0,55 | 50 |
| 23 | Савранка-Осички | 1220 | 77 | 3,0 | 5 | 0 | 3 | 25 | 0,48 | 60 |
| 24 | Батиг-Заміхов | 103 | 27 | 6,0 | 5 | 0 | 3 | 20 | 0,29 | 45 |
| 25 | Кодима-Обжила | 152 | 35 | 4,5 | 10 | 0 | 2 | 30 | 0,30 | 45 |
| 26 | Ангара-Перевальне | 38,8 | 12 | 10,3 | 10 | 0 | 2 | 20 | 0,50 | 40 |
| 27 | Міус-Стрюково | 125 | 14 | 12,0 | 5 | 0 | 2 | 20 | 0,45 | 45 |
| 28 | Су-Тополівка | 84 | 19 | 8,9 | 6 | 0 | 3 | 5 | 0,45 | 40 |
| 29 | Головесня-Покошичи | 30 | 9 | 16,1 | 2 | 0 | 3 | 25 | 0,30 | 40 |
| 30 | Тетерів-Троща | 225 | 42 | 5,2 | 17 | 0 | 2 | 30 | 0,35 | 50 |
| 31 | Ольхова-Орлівка | 264 | 32 | 7,7 | 18 | 1 | 3 | 30 | 0,35 | 50 |

**Таблиця 2.** Розрахункові щорічні імовірності перебільшення.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Умови розрахунків | Значення розрахункових характеристик для варіантів | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Розрахункова забезпеченість регулювання (забезпеченість річного стоку), Р% | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 |
| Розрахункова Імовірність щорічного перебільшення максимальної витрати води (Рm, %) | 10 | 5 | 3 | 2 | 1 | 10 | 5 | 3 | 2 | 1 |

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Роки | Шар річного стоку hi (мм) за варіантами | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20 | 1956  1956  1957  1958  1959  1960  1961  1962  1963  1964  1965  1966  1967  1968  1969  1970  1971  1972  1973  1974  1975 | 65  19  32  20  45  35  51  51  29  100  83  53  15  194  145  152  97  92  93  89 | 52  13  20  15  49  36  69  55  32  89  70  75  32  164  130  149  94  107  92  80 | 34  26  24  19  47  39  49  49  35  53  51  38  30  56  77  133  99  116  22  72 | 36  20  27  21  26  27  25  49  27  22  57  54  42  91  71  155  81  80  67  72 | 87  54  57  60  57  81  72  75  50  58  64  77  81  107  88  85  86  83  78  75 | 32  19  22  17  35  34  30  52  31  45  38  50  39  100  58  118  66  74  63  72 | 32  20  25  32  39  47  30  77  30  37  44  65  67  112  104  100  66  74  57  60 | 17  11  32  35  48  45  63  34  36  52  69  62  40  160  113  102  132  96  109  75 | 27  11  13  13  28  26  26  41  32  51  49  42  38  133  82  119  83  93  85  71 | 27  13  19  15  32  30  21  42  27  37  41  46  37  75  62  102  67  64  57  55 | 30  15  20  18  35  35  22  45  30  38  44  50  40  75  65  108  70  65  60  59 | 18  11  7,3  8,5  17  35  11  41  35  35  51  46  27  75  71  68  53  62  45  50 |

**продовження таблиці З**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Роки | Шар річного стоку hi (мм) за варіантами | | | | | | | | | |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20 | 1956  1957  1958  1959  1960  1961  1962  1963  1964  1965  1966  1967  1968  1969  1970  1971  1972  1973  1974  1975  1975 | 30  25  20  17  32  33  16  34  22  61  66  40  30  148  122  132  82  104  42  40 | 28  22  19  16  32  23  30  54  23  33  70  46  42  78  63  53  49  44  35  42 | 54  20  21  10  8,5  10  11  50  28  17  32  29  33  49  36  26  21  28  17  28 | 25  3,8  14  4,4  8,2  10  11  44  11  14  25  27  13  36  26  17  29  31  9  10 | 22  4,1  12  6,3  7,6  4,1  7,3  65  14  12  39  35  15  38  30  24  32  38  9,1  16 | 41  15  21  18  31  25  20  42  35  50  65  50  6,8  91  69  89  102  97  17  43 | 44  13  18  9,8  28  20  33  43  23  38  36  36  26  105  76  98  58  60  51  47 | 37  16  21  15  28  33  25  47  32  40  45  52  47  80  66  105  67  72  65  63 | 34  1  18  9,1  38  26  20  52  27  32  49  51  40  104  70  101  67  61  52  48 | 34  18  12  16  30  26  18  34  28  52  48  52  34  74  72  95  107  105  25  47 |

**продовження таблиці З**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Роки | Шар річного стоку hi (мм) за варіантами | | | | | | | | |
| 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20 | 1956  1957  1958  1959  1960  1961  1962  1963  1964  1965  1966  1967  1968  1969  1970  1971  1972  1973  1974  1975 | 23  12  10  11  15  13  12  65  18  17  24  42  26  33  31  23  21  20  21  20 | 27  19  33  16  20  26  25  77  56  20  56  25  40  77  17  20  25  34  16  25 | 29  20  115  7  14  14  17  106  17  15  33  34  41  46  73  44  44  41  38  29 | 58  42  47  23  31  32  28  57  10  37  15  41  13  158  28  67  67  14  19  33 | 62  36  39  22  28  18  24  36  45  69  71  30  30  50  46  68  68  68  38  88 | 30  32  18  12  19  27  13  103  47  24  78  20  15  68  29  15  17  17  11  10 | 82  60  57  33  23  20  39  139  48  28  48  58  66  100  113  86  99  27  62  73 | 83  65  60  70  28  60  74  118  64  77  69  78  94  98  80  77  77  80  70  63 | 43  18  29  18  24  25  26  50  26  23  39  36  38  43  38  31  36  36  34  27 |

**Гідрологічні розрахунки.**

**1. Визначення норми річного стоку.**

1.1. Розрахунок норми річного стоку при наявності даних гідрометричних спостережень.

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

 мм (1.1.)

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

1. Об'єм річного стоку в млн.м3

*Wo=ho· F 103=*40,1\*179\*103 =7,18\*106 млн. м3(1.2)

2. Середню багаторічну витрату води в м3/сек

** (1.3)

. Середній багаторічний модуль стоку в л / с·км2

 л / с·км2 (1.4)

де F - площа водозбору в км2 (таблиця 1)

Т = 31.54-106 сек - кількість секунд в році.

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

 (1.5)

де Сv- коефіцієнт варіації річного стоку, який визначається за формулою: CV =  (1.6)

де K1 - модульний коефіцієнт річного стоку . (1.7) Розрахунки *h0* по формулі (1.1) і Cv по формулі (1.6) виконуються в робочої таблиці 1.1. Значення норми річного стоку вважаються обчисленими з задовільною точністю, при похибки  εh

Якщо похибка більша (тобто  ), то ряд спостережень довжиною n років, вважають недостатнім (коротким) для визначення норми річного стоку, треба збільшити ряд.

**Таблиця 1.1.**  Розрахунок статистичних характеристик річного стоку р.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ , п.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п | Роки | Шар стоку hі, мм |  |  |  |  | *Кі* ↓ |  |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20 | 1956  1957  1958  1959  1960  1961  1962  1963  1964  1965  1966  1967  1968  1969  1970  1971  1972  1973  1974  1975 | 28  22  19  16  32  23  30  54  23  33  70  46  42  78  63  53  49  44  35  42 | 0,698  0,549  0,474  0,399  0,798  0,574  0,748  1,347  0,574  0,823  1,746  1,147  1,047  1,945  1,571  1,322  1,222  1,097  0,873  1,047 | -0,302  -0,451  -0,526  -0,601  -0,202  -0,426  -0,252  0,347  -0,426  -0,177  0,746  0,147  0,047  0,945  0,571  0,322  0,222  0,097  -0,127  0,047 | 0,091  0,203  0,277  0,361  0,041  0,181  0,064  0,120  0,181  0,031  0,557  0,022  0,002  0,893  0,326  0,104  0,049  0,009  0,016  0,002 | -0,028  -0,092  -0,146  -0,217  -0,008  -0,077  -0,016  0,042  -0,077  -0,006  0,415  0,003  0,0001  0,844  0,186  0,033  0,011  0,0009  -0,002  0,0001 | 1,945  1,746  1,571  1,347  1,322  1,222  1,147  1,097  1,047  1,047  0,873  0,823  0,798  0,748  0,698  0,574  0,574  0,549  0,474  0,399 | 4,76  9,52  14,29  19,05  23,61  28,57  33,33  38,10  42,86  47,62  52,38  57,14  61,90  66,67  71,43  76,19  80,95  85,71  90,48  95,24 |
| Сума | — | 802 | 20,001 | 0,001 | 3,53 | 0,8661 | — | — |

**Таблиця 1.2.** Основні гідрологічні характеристики, встановлені по картам ізоліній для центрів розрахункових водозбоpів /2/*.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Норма річного стоку, M0, л/с· км² | Коефіцієнт варіації річного стоку, Сv | Номер гідрологічного району | Шар стоку повені, hk, мм | Коефіцієнт варіації шару повені Cvk | Добовий максимум дощових опадів H1%, мм | Шар стоку дощового паводку, h1%, мм |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31 | 2,00  2,00  1,75  1,20  2,00  1,30  1,00  1,00  1,00  1,00  1,00  1,00  1,00  0,80  0,75  0,80  1,00  0,65  1,00  1,00  1,00  1,00  0,90  0,30  1,00  1,80  1,00  0,50  1,00  1,40  1,00 | 0,60  0,60  0,62  0,66  0,70  0,68  0,73  0,71  0,69  0,69  0,72  0,76  0,78  0,84  0,82  0,83  0,80  0,87  0,70  0,68  0,74  0,78  0,77  0,98  0,74  0,78  0,76  0,92  0,73  0,72  0,73 | I  I  I  I  II  I  II  I  I  I  II  II  II  II  II  II  II  II  I  I  II  II  II  II  II  I  II  II  II  II  II | 30,0  19,8  19,0  18,0  16,5  17,5  15,8  18,0  19,0  17,0  16,0  15,2  13,0  11,0  9,40  9,50  12,0  8,00  17,5  17,6  16,0  14,5  12,5  6,20  16,0  18,0  16,5  7,00  16,5  16,0  16,0 | 0,71  0,72  0,73  0,74  0,75  0,75  0,78  0,78  0,76  0,76  0,77  0,82  0,86  0,92  0,90  0,92  0,88  0,95  0,76  0,75  0,79  0,86  0,83  1,05  0,78  0,78  0,82  0,99  0,78  0,77  0,78 | 160  170  170  170  160  170  170  165  160  170  170  170  160  148  155  150  160  145  170  170  170  160  155  132  150  170  160  138  170  160  158 | 90  85  75  70  53  62  55  80  85  65  64  75  75  57  54  55  59  53  70  70  65  75  53  26  50  59  75  45  59  52  51 |

**Таблиця 1.3** Підсумки розрахунків норми річного стоку

р. Корсак , п. Анівка ,

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cпосіб визначення | h 0, мм | ε h0,  % | Прийнята норма річного стоку | | | |
| h 0,  мм | W0, млн.м³ | Q0,  м³/с | M0  л/с· км² |
| При наявності даних гідрометричних спостережень | 40,1 | 9,62 | 40,1 | 7,18 | 0,23 | 1,27 |

По обчисленим значенням модульних коефіцієн­тів К*i* (таблиця 1.1) і забезпеченості Р%, котра розраховується за формулою:

 (1.7)

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

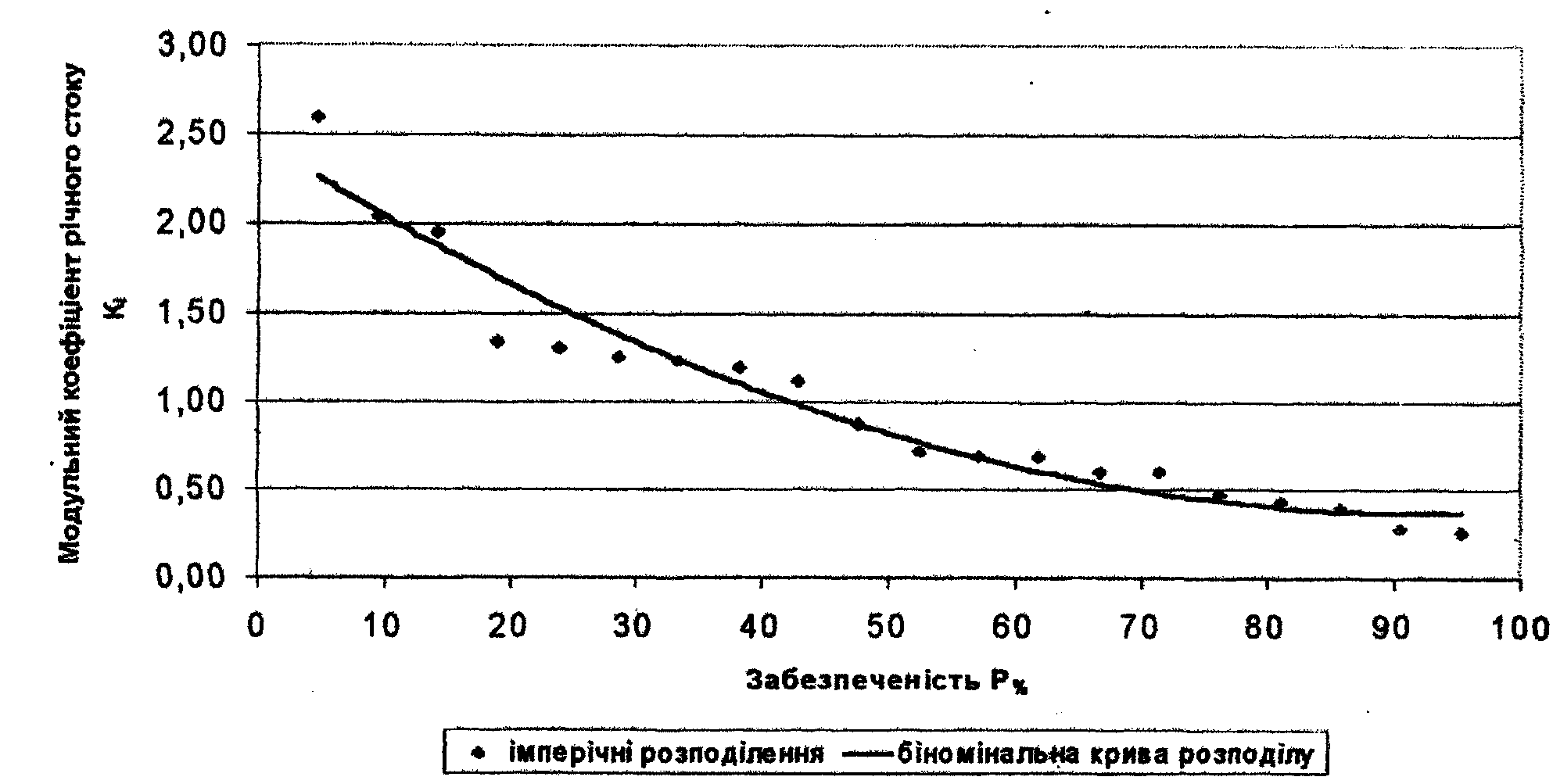


Рис.2.1 Емпірична та теоретична крива забеспечення річного стоку

р. Корсак , п. Анівка ,

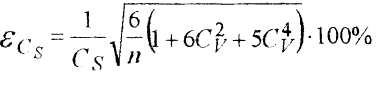
**2. Розрахунок річного стоку заданої імовірності перебільшення (забезпеченості).**

Для визначення річного стоку різної забезпеченості використовуються криві забезпеченості річного стоку, які розраховують методом моментів з використанням статистичних параметрах ho (то ж для Qо, Wo, Мо), CV і CS. Порядок визначення ho і CV був розглянутий вище ( формули 1,1; 1,6). Коефіцієнт ассиметрии визначається по формулі

Cs =  (2.1)

Після визначення CV і CS необхідно знайти їх відносні середньо- квадратичні помилки по формулах

(2.2)









Підсумки розрахунків CV  і CS та їх помилки *εCv* і *εCs* записуються в таблицю 2.1

**Таблиця 2.1**. Підсумки розрахунків статистичних параметрів річного стоку р. Корсак , п. Анівка ,

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Спосіб визначення | Сv | Cs | Похибки, % | | Прийняті значення | |
| ε Сv | ε Cs | Сv | Cs |
| 1. При наявності даних спостережень  а) спосіб моментів | 0,84 | 0,28 | 20,64 | 543, | 0,84 | 0,28 |

Прийнята |допустима точність коефіцієнтів варіації визначається помилкою [*εCv*]≤15%, а коефіцієнта ассиметрии [*εCs*]≤30%, Якщо [*εCv*]>15%, то ряд необхідно подовжити. На практиці часто доводиться оперувати величинами річних| стоків рідкіснішої повторюваності ніж ті, котрі| можна встановити за фактичними багаторічними даними. Тому виникає завдання|задача| екстраполяції кривої забезпеченості в зону забезпеченості| не освітленої даними спостережень (у лівій частині|частці| емпіричної кривої – максимальних значень стоку, в правій частині|частці| – мінімальних значень). Це завдання вирішується шляхом використання теоретичної кривої забезпеченості біноміальною (коли Cv<0,5), або трипараметричної (коли Cv>0,5). Ординати біноміальної кривої забезпеченості обчислюються методом моментів| обчисляють| по значеннях норм річного стоку (у даній курсовій роботі ho) коефіцієнта варіації Cv і співвідношення Cs ≥2Cv з використанням спеціальної таблиці відхилення ординат біноміальної асиметричної кривої забезпеченості, складеною А. Фостером (таблиця 2 .2). Модульний коефіцієнт заданої забезпеченості Кр обчислюється за формулою см. таблицю

Кр = Фр · Сv + 1 (2.3)

Ординати кривій три параметричного гама-розподілу визначають з використанням таблиці 2.3 Аналітична (теоретична) крива, яка краше погоджується з емпіричними даними, приймається за розрахункову. По таблиці ординат розрахункової кривої встановлються, значення шару стоку hp (мм). заданной забезпеченості.

**Таблиця 2.2**. Нормовані відхилення від середнього значення ординат біноміальної кривої забезпеченості /З/.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Коефіцієнт асиметрії Сs | Нормовані відхилення Ф (P,Cs) при забезпеченості Р% | | | | | | | | |
| 1 | 5 | 10 | 50 | 70 | 80 | 90 | 95 | 99 |
| 0,00  0,10  0,20  0,30  0,40  0,50  0,60  0,70  0,80  0,90  1,00  1,10  1,20  1,30  1,40  1,50  1,60  1,70  1,80  1,90  2,00  2,5  3,0  3,5  4,0  4,5  5,0 | 2,33  2,40  2,47  2,54  2,61  2,68  2,75  2,82  2,89  2,96  3,02  3,09  3,15  3,21  3,27  3,33  3,39  3,44  3,50  3,55  3,60  3,82  4,05  4,21  4,34  4,44  4,54 | 1,64  1,67  1,70  1,72  1,75  1,77  1,80  1,82  1,84  1,86  1,88  1,89  1,91  1,92  1,94  1,95  1,96  1,971,98  1,99  2,00  2,00  1,97  1,93  1,90  1,85  1,78 | 1,28  1,29  1,30  1,31  1,32  1,32  1,33  1,33  1,34  1,34  1,34  1,34  1,34  1,34  1,34  1,33  1,33  1,32  1,32  1,31  1,30  1,23  1,13  1,04  0,96  0,89  0,78 | 0,00  -0,02  -0,03  -0,05  -0,05  -0,08  -0,10  -0,12  -0,13  -0,15  -0,16  -0,18  -0,19  -0,21  -0,22  -0,24  -0,25  -0,27  -0,28  -0,29  -0,31  -0,36  -0,40  -0,41  -0,41  -0,40  -0,38 | -0,52  -0,53  -0,55  -0,56  -0,57  -0,58  -0,59  -0,60  -0,60  -0,61  -0,62  -0,62  -0,63  -0,63  -0,64  -0,64  -0,64  -0,64  -0,64  -0,64  -0,64  -0,62  -0,59  -0,54  -0,49  -0,44  -0,34 | -0,84  -0,85  -0,85  -0,85  -0,85  -0,85  -0,85  -0,85  -0,85  -0,85  -0,85  -0,85  -0,84  -0,84  -0,83  -0,82  -0,81  -0,81  -0,80  -0,79  -0,78  -0,71  -0,64  -0,56  -0,50  -0,44  -0,40 | -1,28  -1,27  -1,26  -1,24  -1,23  -1,22  -1,20  -1,18  -1,17  -1,15  -1,13  -1,10  -1,08  -1,06  -1,04  -1,02  -0,99  -0,97  -0,94  -0,92  -0,90  -0,77  -0,67  -0,57  -0,50  -0,44  -0,40 | -1,64  -1,61  -1,58  -1,55  -1,52  -1,49  -1,45  -1,42  -1,38  -1,35  -1,32  -1,28  -1,24  -1,20  -1,17  -1,13  -1,10  -1,06  -1,02  -0,98  -0,95  -0,79  -0,66  -0,57  -0,50  -0,44  -0,40 | -2,33  -2,25  -2,18  -2,10  -2,03  -1,96  -1,88  -1,81  -1,74  -1,66  -1,59  -1,52  -1,45  -1,38  -1,32  -1,26  -1,20  -1,14  -1,09  -1,04  -0,99  -0,80  -0,67  -0,57  -0,50  -0,44  -0,40 |

Шар стоку заданої забезпеченості р% для варіанту, указаного в таблице 2 розраховується за формулою

hp = Kp · ho (мм) (2.4)

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

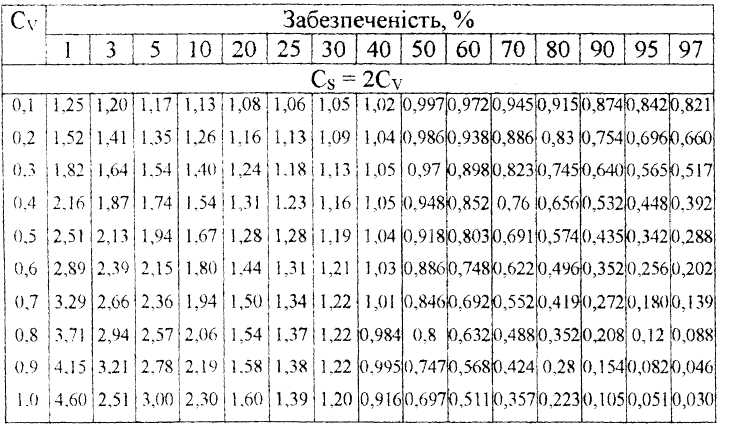
Wp = hp F ·103= 11,63\*179\*103=2,08\*106 млн. м3 (2.5)

Qp = Wp / T=2,08\*106 / 31,54\*106 =0,066 м3/с (2.6)

Мр = Qp · 103=0,066\*103=60 л / с · км2 (2.7)

Отримані значення величин стоку заданої забеспеченності використовуються при водогосподарських розрахунках.

**Таблиця 2.3.** Ординати кривих трипараметричного гамма-розподілу



**Таблиця 2.4.** Визначення теоретичної біноміальної кривої забезпеченості річних шарів стоку р. Корсак , п. Анівка ,

h o =40,1 Cv=0,84 Cs =0,28

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Забезпеченість, Р, % | 1 | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 99 |
| Фр | 2,53 | 1,74 | 1,308 | - | -0,046 | -0,558 | -0,85 | - | -1,24 | -1,56 | -2,12 |
| Фр·Сv | 2,13 | 1,46 | 1,1 | - | -0,04 | -0,47 | -0,71 | - | -1,04 | -1,31 | -1,78 |
| Кр=Фр·Cv + 1 | 3,13 | 2,46 | 2,1 | - | 0,96 | 0,53 | 0,29 | - | -0,04 | -0,31 | -0,78 |
| hp=Кр·h0 (мм) | 125,51 | 198,65 | 84,21 | - | 38,5 | 21,25 | 11,63 | - | -1,6 | -12,43 | -31,28 |

**3. Розрахунок внутрірічного розподілу стоку**

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

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

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

**Таблиця 3.1** Строки та довгочасність гідрологічних сезоні /1/.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Район | Сезони | | |
| весна | лето-осень | зима |
| Південа частина лісної зони та лісостепова зона | III-IV  3 | VI-XI  6 | XII-II  3 |
| Степова зона | II-IV  3 | V-XI  7 | XII-I  2 |

Для визначення середньомісячних витрат стоку слід користуватись співвідношеннями

*Qp*(х) =  (3.1)

де y(х) - частота стоку (відсотки) х-го місяця.

Підсумки розрахунків по формулі 3.1 записуються в таблицю 3.3

на підставі якої будується гідрограф стоку для середнього та маловодного року (Рис.3.1).

Виконанні розрахунки дозволяють встановити величину частки стоку лімітуючого періоду року (mл.п.) та частку довгочасності цього періоду (tл.п.)

у відношенні до річного стоку 

mл.п =  (3.2)

tл.п. =  (3.3)

Для річок з весняною повінню за лімітуючий період приймають два маловодних сезони: літо – осень і зиму. При перевазі водоспоживання на сільськогосподарські потреби за лімітуючий сезон приймається літо – осень,

а для енергетики і з метою водопостачання - зима.

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

**Таблиця 3.2.** Типова схема розподілу (%) річного стоку /5/.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Водність року | По місяцам | | | | | | | | | | | | По сезонам | | |
| III | IV | V | VI | VII | VIII | IХ | Х | ХI | ХI | I | II | Весна | Літо-осень | Зима |
| Район I | | | | | | | | | | | | | | | |
| Середній  Маловодний | 8,8  10,5 | 34,5  27,9 | 15,9  20,5 | 5,5  6,2 | 5,3  4,3 | 3,1  2,7 | 2,2  2,4 | 2,8  2,9 | 3,9  3,9 | 6,1  6,2 | 6,4  6,1 | 7,1  6,3 | 59,2  58,9 | 28,6  27,6 | 12,2  13,5 |
| Район II | | | | | | | | | | | | | | | |
| Середній  Маловодний | 7,4  11,5 | 44,9  38,2 | 16,3  20,3 | 4,9  4,5 | 2,5  2,8 | 2,2  1,9 | 2,8  2,1 | 2,3  2,6 | 2,7  3,1 | 4,3  4,0 | 5,2  4,8 | 4,8  4,2 | 57,1  53,9 | 33,4  37,3 | 9,5  8,8 |

**Таблиця 3.3.** Розрахунок внутрірічного розподілу стоку

р. , п.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Водність  року | Харак-  терис-  тики | I | II | III | IV | V | VI | VII | VII1 | IX | X | XI | XII | Весна | Літо-  осень | Зима | Рік |
| Середний  Р = 50% | % | 7,4 | 44,9 | 16,3 | 4,6 | 2,5 | 2,2 | 2,8 | 2,3 | 2,7 | 4,3 | 5,2 | 4,8 | 57,1 | 33,4 | 9,5 | 100 |
| м3/с | 0,06 | 0,36 | 0,13 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,45 | 0,26 | 0,08 |  |
| Маловодн.  Р, % | % | 11,5 | 38,2 | 20,3 | 4,5 | 2,8 | 1,9 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 4,0 | 4,8 | 4,2 | 53,9 | 37,3 | 8,8 | 100 |
| м3/с | 0,09 | 0,3 | 0,16 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,43 | 0,3 | 0,07 |  |

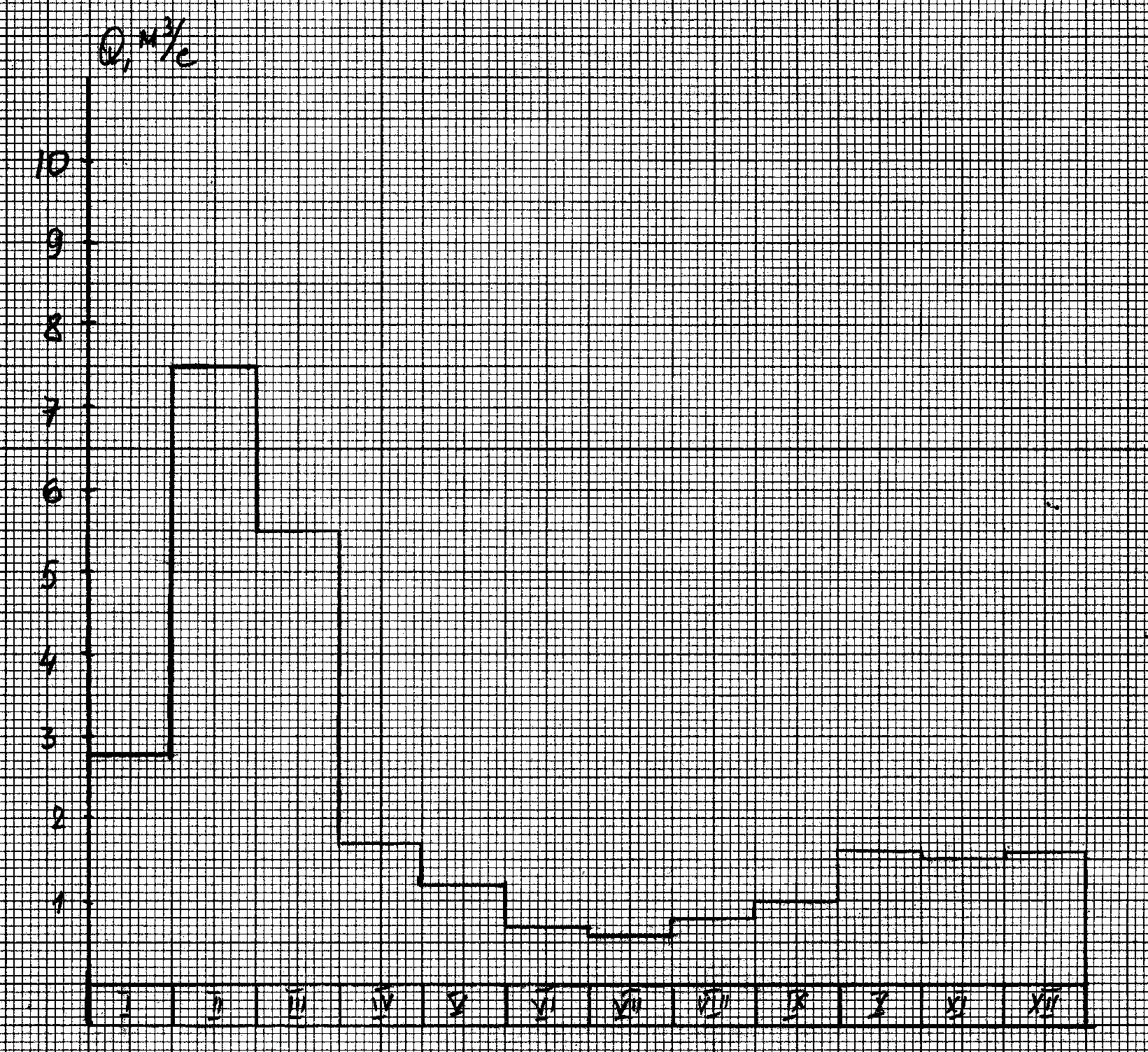


Рис.3.1. Розрахунковий гідрограф маловодного року

**4. Розрахунки максимальних витрат води**

**4.1 Розрахунок максимальної витрати стоку весняної повені**

При відсутності гідрометричних даних максимальні витрати повені (Qmp) розрахункової імовірності перебільшення (P%) для рівніних річок, можна обчислити за формулою

Qm**p = ** (4.1)

Параметри формули (3.1.) визначаються у наступній послідовності:

1. Розрахунковий шар сумарного стоку (hmp) повені обчислюються за формулою

hmp = hk· KF· K03·КК Kmp=11\*1,6\*0,9\*1\*2,67=42,29м (4.2)

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

KF,  K03, KК - коефіцієнти, які враховують роль площ водозбору, зарегульованість басейну (таблиця 4.1, 4.2, 4.3).

**Таблиця 4.1.** Поправочні коефіцієнти до шару стоку повені КF

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Шар стоку повені hk, мм | Поправочні коефіцієнти КF при площі водозбору F | | | | |
| <10 | 100 | 500 | 1000 | 3000 |
| <10  Від 10 до 15  Від 15 до 30  Від 30 до 50 | 3,0  3,0-2,5  2,0-1,5  1,5-1,0 | 2,0  2,3-1,6  1,5-1,3  1,3-1,0 | 1,5  1,6-1,4  1,4-1,2  1,2-1,0 | 1,3  1,4-1,2  1,2-1,1  1,1-1,0 | 1,0  1,0  1,0  1,0 |

**Таблиця 4.2.** Поправочні коефіцієнти до шару стоку повені Коз

|  |  |
| --- | --- |
| Fоз, % | Коефіцієнт зниження шару стоку повені Коз |
| Від 2 до 10  Від 10 до20  Більше 20 | 0,9-0,8  0,8-0,7  0,7 |

**Таблиця 4.3.** Поправочні коефіцієнти до шару стоку повені Кк

|  |  |
| --- | --- |
| Ступінь закарстованості басейну, % | Поправочні коефіціенти Кк |
| 0-50  50-100 | 1,0-0,8  0,8-0,6 |

Кpm - модульний коефіцієнт шару повені, який обчислюється за формулою Кpm =Фpm· СV(B) + 1=1,72\*0,97+1=2,67 (4.3)

СV(B) – коефіцієнт варіації стоку повені, який обчислюється за формулою

СV(B) = CV(К) · КF=0,92\*1,05=0,97 (4.4)

де - CV(К) - коефіцієнт варіації з таблиці 1.2.

Фpm - нормоване відхилення від середнього значення ординат біноміальної кривої забеспеченності. Значення цього параметра встановлюється у залежності від величини розрахункової забеспеченності максимальної витрати (Рm, %) та співвідношенням CS/CV  по таблиці 2.2.

КFп - коефіцієнт, який враховує вплив розміру площі водозбору. Він застосовується для річок з площею басейну менше 200 км2 (таблиця 4.4).

**Таблиця 4.4.** Поправочні коефіцієнти для врахування розміру площі водозбору KFп /1/.

|  |  |
| --- | --- |
| Площа водосбору F, км2 | Поправочні коефіцієнти KFп |
| 0-50  50-100  101-150  151-200 | 1,25  1,20  1,15  1,05 |

1. Коефіцієнт дружності повені К0 обчисляється по таблиці 4.6, залежно від природної зони, до якої належить розрахунковий водосбір, та категорія рельефу, яка оцінюється співвідношенням

 (4.5)

де I – середній похил водотоку (таблиця 1),

IT – типовий похил водотоку, що визначається за виразом

IT = (4.6)

**Таблиця 4.5.** Значення коефіцієнту *αρ* при оцінці категорії рельефу

|  |  |
| --- | --- |
|  | Категорія рельефу |
| *αρ>*0  *αρ* =1-1,05  *αρ*< 0,5 | I  II  III |

**Таблиця 4.6.** Значення параметру дружності повені К0

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Природна зона | Параметр К0 при категорії рельєфу | | |
| I | II | III |
| Лісостепова та степова зони України | 0.020 | 0.015 | 0.012 |

3. Показник ступені, що характеризує редукцію модуля максимального стоку залежно від площі водозбору. Для території України він приймається рівним n = 0.25.

4. Значення коефіцієнту (μ), який враховує невідповідальність статистичних параметрів шару стоку та максимальної витрати повені, вибирається з таблиці 3.7 залежно від розрахункової імовірності перебільшення максимальної витрати та природних умов водозбору.

**Таблиця 4.7.** Значення коефіцієнтів μ /2/.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Природна зона | Імовірність перебільшення Pm, % | | | | | |
| 0,1 | 1 | 3 | 5 | 10 | 25 |
| Лісостепова та степова зони України:  при F ≥ 200 км2  при F < 200 км2 | 1,05  1,10 | 1,00  1,00 | 0,96  0,98 | 0,94  0,87 | 0,92  0,78 | 0,97  0,64 |

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

δ = (4.7)

де *fоз* - середньозважений коефіцієнт озерності (зарегульованності) водозбору в % (таблиця 1),

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

**Таблиця 4.8** Значення параметру *С* /4/.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| hк, мм | ≥ 100 | 100-50 | 50-20 | <20 |
| С | 0,2 | 0,2-0,3 | 0,3-0,4 | 0,4 |

6. Коефіцієнт δ2  врахування впливу болот і лісів обчислюється за формулою

δ2 = 1- 0,8 lg(1+ 0,5*fл* + 0,1 *fб*)=1-0,8 lg(1+0,05\*27)=0,7 (3.8)

де *fл* - залісеність водозбору в (таблиця 1),

*fб* - заболоченість водозбору в (таблиця 1).

В таблиці 3.9 наведені визначення δ2 = f(β),

Де β = (1+ 0,05 *fл* +0,1 *fб*)=(1+0,05\*27)=2,35

**Таблиця 4.9** Допоміжна таблиця для визначення δ2 /2/

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| β = (1+ 0,05 *fл* +0,1 *fб*) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| δ2 | 1,0 | 0,76 | 0,62 | 0,52 | 0,54 | 0,38 | 0,32 | 0,28 |

Підсумки розрахунків параметрів формули (4.1) заводяться в таблицю 4.10.

**Таблиця 4.10** Підсумки розрахунків максимальної витрати води весняної повені р. Корсак\_\_ п. Анівка\_\_\_ при n = 0,25, CS  = 2CV(B), Pm =5%

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| F  км2. | По таблиці 1.3 | | Поправочні коефіцієнти | | | | Крm | hv  мм | JT | αp | Ко | (К+1)0,25 | μ | δ1 | δ2 | Qmp  м/с |
| hk  мм | CV(k) | KF | Коз | Кк | KFп |
| 179 | 11 | 0,92 | 1,6 | 0,9 | 1 | 1,05 | 2,67 | 42,29 | 1,86 | 3,22 | 0,02 | 3,66 | 0,87 | ,045 | 0,67 | 10,85 |

**4.2 Розрахунок максимальної витрати дощового паводка**

Для розрахунку максимальної витрати дощового паводку застосовується формула

Qmp =A1%·φ·H1%·δ1·λp · F=0,016\*0,65\*148\*0,45\*0,58\*179=71,91м3/с (4.9)

Параметри формули (4 .9) визначаються у слідкуючій послідовності:

1.Максимальний добовий шар опадів Н1% імовірністю перебільшення1% визначається за таблицею 1.2.

2.Коефіцієнт поводочного стоку φ визначається за таблицею 4.11, у залежності від характеру почво-грунтів, добового шару опадів Н1% та площі розрахункового бассейну.

**Таблиця 4.11 -** Коефіцієнти паводочного стоку φ /1/.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Добовий шар  опадів Н1%,  мм. | Площа водосбору, км2 | |
| 10-100 | >100 |
| 0-5 | <80  81-100  101-150  151-200  ≥200 | 0,50  0,65  0,65  0,70  0,75 | 0,45  0,65  0,65  0,70  0,75 |
| 6-9 | 80  81-150  151-200  ≥200 | 0,35  0,45  0,60  0,65 | 0,30  0,40  0,55  0,60 |

3. Максимальний модуль стоку qm,  представлений співвідношенням

А1 =  (3.10)

обчислюється в залежності від гідроморфологічної характеристики русла за таблицею 4.12.

**Таблиця 4.12.** Максимальний модуль дощового стоку у частках від добутку φ·H1%· /1/.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Фр | А% | Фр | А% |
| 0  1  5  10  20  30  40  50  60 | 0,19  0,18  0,16  0,14  0,11  0,082  0,066  0,054  0,047 | 70  80  90  100  150  200  250  300 | 0,040  0,035  0,031  0,028  0,018  0,013  0,010  0,0083 |

Величина Фр обчислюється за формулою

Фр = (3.11)

де L - довжина головного водотоку (таблиця 1),

J - похил головного водотоку (таблиця 1),

F - площа водозбору.

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

**Таблиця 4.13**. Коефіцієнти λρ переходу від імовірності перебільшення 1% до другої імовірності при розрахунках дощових паводків. /3/.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Площа водозбору, км2 | Коефіцієнти λρ при імовірності, Pm., % | | | | |
| 0.3 | 1 | 2 | 5 | 10 |
| >100  50-100  10-50  1-10  <1 | 1,35  1,50  1,60  1,65  1,65 | 1,00  1,00  1,00  1,00  1,00 | 0,81  0,77  0,73  0,72  0,72 | 0,58  0,50  0,44  0,40  0,40 | 0,40  0,34  0,26  0,23  0,23 |

4. Коефіцієнт δ1,Яким враховують регулируючий вплив озер та водосховищ на максимальні витрати води, визначають за пунктом 4.1, тобто δ1 = (4.12)

Підсумки розрахунків максимальних витрат дощових паводків зводяться в таблицю 3.14

**Таблиця 4.14.** Підсумки розрахунків максимальної витрати води дощового паводку

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| F, км2 | Fоз, % | L, км | J, % | H1%, мм | φ | (φ·H1%) |
| 179 | 27 | 35 | 6 | 148 | 0,65 | 3,13 |

**продовження таблиці 4.14.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фр | А1% | λρ | φ·H1%, мм | δ1 | Qmp,м3/с |
| 186,82 | 0,016 | 0,58 | 96,2 | 0,45 | 71,91 |

**4.3. Визначення об'ємів стоку весняних повеней і дощових паводків**

Об'ем стоку повені обчислюється за рівнянням

Wmp = hmp · F·103=42,29\*179\*103=7,57 млн. м3 (3.13)

Об'єм стоку дощового паводку обчислюється за рівнянням

Wmp = h1% · F · λρ· 103 =57\*179\*0,58\*103=5,9 млн. м3 (3.14)

де h1% - шар стоку імовірності пербілшення Р = 1% (таблица 1.3.)

**Таблица 4.15**. Підсумки обчислення характеристик повеневих і дощових вод

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Паводок | Qmp,  м3/с | Wmp,  млн.м3 | Прийняті до розрахунків | |
| Qmp,м3/с | Wmp, млн.м3 |
| Від повеневих вод | 10,85 | 7,57 | - | - |
| Від дощових вод | 71,91 | 5,9 | 71,91 | 5,9 |

Водогосподарські розрахунки

**5. Побудування батіграфічних характеристик водосховища**

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

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

**Робочий або корисний об'єм (Vк)**- частина місткості водосховища, яка використовується для регулювання стоку, розташовується між РМО і нормальним підпірним рівнем (НПР).

Мертвий і корисний об'єм разом становлять повний об'єм водосховища (Vп).

**Форсувальний (регулюючий) об'єм (Vф, Vрег**)- частина місткості водосховища, яка тимчасово заповнюється і викорис­товується для зниження ("зрізки") високих паводкових і повеневих витрат і необхідна для зменшення розмірів водоскидних споруд. Регулюючий об'єм розташований між НПР і максимальним підпірним рівнем (МПР).

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

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

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

**Таблиця 5.1.** Дані для побудови батіграфічних характеристик водосховища.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варі-  ант | Значення площі водного дзеркала (млн.м2) при горизонті води (м) | | | | | | | | | | | |
| 0,1  2,3  4,5  6,7  8,9 | 10  20  30  40  50 | 12  22  32  42  52 | 14  24  34  44  54 | 16  26  36  46  56 | 18  28  38  48  58 | 20  30  40  50  60 | 24  34  44  54  64 | 28  38  48  58  68 | 32  42  52  62  72 | 36  46  56  66  76 | 40  50  60  70  80 | 44  54  64  74  84 |
| 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31 | 0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00  0,00 | 0,06  0,04  0,06  0,04  0,06  0,12  0,05  0,02  0,22  0,23  0,21  0,03  0,03  0,06  0,03  0,02  0,03  0,03  0,15  0,21  0,20  0,02  0,05  0,03  0,06  0,03  0,04  0,03  0,04  0,06  0,02 | 0,12  0,05  0,15  0,06  0,15  0,30  0,15  0,03  0,53  0,55  0,54  0,06  0,05  0,10  0,07  0,05  0,07  0,06  0,32  0,56  0,55  0,06  0,10  0,06  0,15  0,06  0,06  0,06  0,07  0,13  0,05 | 0,16  0,08  0,25  0,08  0,20  0,52  0,27  0,06  0,81  0,79  0,81  0,10  0,08  0,21  0,11  0,08  0,14  0,11  0,75  0,82  0,84  0,08  0,18  0,10  0,21  0,11  0,08  0,10  0,11  0,28  0,08 | 0,22  0,20  0,35  0,10  0,26  0,73  0,38  0,13  1,65  1,60  2,51  0,17  0,18  0,28  0,23  0,13  0,28  0,18  1,56  1,60  2,51  0,17  0,31  0,24  0,25  0,21  0,11  0,22  0,21  0,36  0,14 | 0,34  0,28  0,55  0,24  0,54  1,30  0,59  0,24  2,40  2,42  3,69  0,28  0,26  0,32  0,30  0,21  0,50  0,30  3,00  2,45  3,68  0,24  0,52  0,32  0,33  0,28  0,15  0,33  0,28  0,59  0,26 | 0,50  0,45  0,80  0,46  0,83  1,92  0,81  0,40  5,60  5,62  5,42  0,44  0,40  0,45  0,46  0,38  0,98  0,46  4,70  3,67  5,45  0,43  0,85  0,41  0,51  0,41  0,28  0,46  0,43  0,81  0,42 | 0,94  0,85  0,92  0,98  1,82  2,80  1,12  0,80  6,08  9,20  16,8  0,68  0,60  0,66  0,62  0,54  1,70  0,82  6,08  5,00  6,85  0,66  1,30  0,67  0,89  0,68  0,48  0,64  0,68  1,38  0,90 | 1,70  1,65  1,19  1,88  2,22  3,70  1,65  1,40  6,80  16,2  43,1  1,02  1,00  0,95  0,90  0,97  3,20  1,56  12,5  9,07  13,0  1,05  2,02  0,92  1,45  0,98  0,90  0,98  0,89  1,87  1,59 | 2,39  2,30  1,75  3,26  4,76  5,00  2,20  1,84  7,12  22,3  70,0  2,45  1,35  1,34  1,21  1,36  4,90  3,90  16,7  15,3  27,6  1,54  4,66  1,24  1,89  1,33  1,28  1,21  1,25  2,40  1,88 | 3,24  3,12  2,12  7,59  6,20  6,30  3,05  2,19  7,92  33,9  91,0  4,20  2,14  1,89  1,70  1,75  8,20  6,00  20,8  26,0  51,0  2,07  6,25  1,89  2,16  1,98  1,82  1,75  1,89  3,58  2,25 | 5,60  5,36  2,89  11,9  9,90  11,3  5,10  2,90  8,22  51,4  116  6,67  2,87  2,58  2,19  2,39  12,5  8,65  25,4  35,0  96,7  4,00  9,02  2,46  2,88  2,60  2,04  2,00  2,45  5,70  3,02 |

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

**Таблиця 5.2.** Розрахунок батіграфічних характеристик водосховища

на р. Корсар , п. Анівка ,

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Відмітка  рівня, м | Площа водного  дзеркала млн. М3 | | Різниця відміток  ∆H, м | Об'єм водосховища млн. м3 | | Середня  глибина  *h*СР, м |
|  |  | ∆Vі | Vі |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 10 | 0,00 |  |  |  |  |  |
| 12 | 0,06 | 0,03 | 2 | 0,06 | 0,06 | 1 |
| 14 | 0,01 | 0,08 | 2 | 0,16 | 0,22 | 2,2 |
| 16 | 0,21 | 0,155 | 2 | 0,31 | 0,53 | 2,52 |
| 18 | 0,28 | 0,245 | 2 | 0,49 | 1,02 | 3,64 |
| 20 | 0,32 | 0,3 | 2 | 0,6 | 1,62 | 5,06 |
| 24 | 0,45 | 0,385 | 4 | 1,54 | 3,16 | 7,02 |
| 28 | 0,66 | 0,555 | 4 | 2,22 | 5,38 | 8,15 |
| 32 | 0,95 | 0,805 | 4 | 3,22 | 8,6 | 9,05 |
| 36 | 1,34 | 1,145 | 4 | 4,58 | 13,18 | 9,84 |
| 40 | 1,89 | 1,615 | 4 | 6,46 | 19,64 | 10,39 |
| 44 | 2,58 | 2,235 | 4 | 8,94 | 28,58 | 11,08 |

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

ω = f(H)- крива площ (графи 1,2), 

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

hСР = f(H) *–* крива середніх глибин (графи 1,7).

**6. Розрахунок мертвого об'єму і відповідного йому рівня**

**водосховища.**

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

При розрахунках використовується рівняння седимента­ційного балансу, по якому визначається різниця між припливом наносів P0 і виносом їх у нижній б'єф Wсб,тобто встановлюється акумуляція наносів у водосховищі за вибраний строк його експлуатації.

Для вирішення цих питань необхідно мати такі вихідні дані:

1. Відомості про рідкий стік (приплив) у водосховище.

а) норму річного стоку W0;

б) річний стік розрахункової імовірності перебільшення WP.

2. Батіграфічні характеристики водосховища:

ω =f (H): V=f (H); hlcp=f (H)

3. Відомості про стік завислих і рухомих (донних) наносів та їх гранулометричний склад.

Розрахунок стоку завислих і рухомих наносів при відсутності даних гідрометричних спостережень вико­нується по регіональним залежностям. Вага середнього багаторічного стоку завислих наносів P0 обчислюється за формулою:

P0 = *р0* . W0 . 103 =3,65\*7,18\*106\*10-3=26,21\*103 , тон за рік (6.1)

де *р0*- середня багаторічна мутність води, яка встановлюється за таблицею 6.1.

Таблиця 6.1. Середня багаторічна мутність води *р0*

**Таблиця 6.1** Середня богаторічна мутність води *р0*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Площа водозбору F, км2 | Значення *р0* (кг/м3) при щільності ярів  (табл.1) : | | | | | | | |
| 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 0,4 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 ,7 | 0,8 |
| до 100  101-200  201-500  >500 | 2,3  2,0  0,9  0,7 | 3,0  2,3  1,2  0,9 | 3,5  2,7  1,4  1,1 | 4,0  3,1  1,7  1,3 | 4,7  3,4  2,0  1,5 | 5,2  3,9  2,3  1,7 | 5,9  4,2  2,5  1,9 | 6,4  4,6  2,9  2,1 |

Для приблизної оцінки ваги річного стоку рухомих (донних) наносів рекомендується використовувати принцип їх часткового визна­чення з відомого стоку завислих наносів через співвідношення:

Рр =Кр · Р0=0,1\*26,21\*103=2,62\*103*,* тон за рік (6.2.)

де: Рр - вага річного стоку рухомих наносів;

Кр*-* частка рухомих наносів, визначається за таблицею 6.2.

**Таблиця 6.2.** Нормативні частки рухомих наносів.

|  |  |
| --- | --- |
| Гідрологічний  район | Частка стоку рухомих наносів Кр |
| І  ІI | 0,05  0,10 |

Для приблизної оцінки частки наносів, які утворюються від деформації берегової зони водосховищ України, використо­вуються рекомендації /2/, згідно з якими їх загальний річний об'єм складає 10% від стоку завислих наносів Р0. Таким чином, вага загального річного стоку наносів, які потрапляють у водосховище, складається зі стоку завислих Р0, рухомих наносів Рр і наносів від переробки берегової зони:

Рн =Р0 [l + (Кр + 0,l)], тон за рік (6.3)

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

Рн =Р0 + КрР0 + 0,1Р0 - 0,3Р0 = Р0 (1+Кр + 0,1-0,3) = Ро(0,8 + Кр) (6.4)

Окрім того на дні водосховища відкладаються органічні частини, які утворюються при відмиранні рослинності та тваринних організмів. Їх доля складає біля 10% від завислих наносів (0,1 Р0). Кінцево маємо

Рн = Р0(0,9 + Кр)=26,21\*103\*(0,9+0,1)= 26,21\*103, тон за рік (6.5)

Об”ем замулення водосховища за рік експлуатації буде рівний

Vз = Рн / γ =26,21/0,6=43,68\*103 м3/рік , (6.6)

де γ - щільність наносів, т/м3. (Табл. 6.4)

**Таблиця 6.3.** Щільність наносів.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Варіант | Вид наносів | Середній поперечник часток, мм | Щільність, γ , т/м3 |
| 1 – 2 3 – 4 5 – 6 7 – 8 9 - 0 | Тонкий мул Мул Мул з додатком піску  Мілкі піски замулені  Середні піски замулені | 0,001 0,005 0,01 0,05 0,10 | 0,60 0,75 0,95 1,10 1,20 |

Тоді мертвий об’єм водосховища за розрахунковий період експлуатації *N* років можно визначити по формулі

Vмо = Vз ·*N* =43678,33\*45=1,97\*106 , млн.м3 (6.7)

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

VС ≤ Vз ·*N* ≤ 0,5 WР, (6.8)

де VС – санітарний об’єм водосховища, який забезпечує санітарні і технічні якостіводи при середньої його глибині 2-2,5 м.

Приймаємо Vмо = 1,04\*106 , млн.м3, VС = 0,33\*106 млн.м3.

Vз·*N* - об’єм замулення водосховища за N років, який не повинен перебільшувати половину річного стоку розрахункової імовірності 0,5 WР.

. Якщо Vмо  перебільшує 0,5 WР, за остаточний мертвий об’єм потрібно приймати об’єм замулення з умови нерівності (6.8), тобто Vмо = 0,5 WР., або Vмо = VС.

**Таблиця 6.4.** Підсумки оцінки параметрів замулення і санітарно-технічних вимог водосховища на р. Корсак біля п Анівка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Площа водозбору,  F км2 | Щільність ярів  γ км/км2 | Щільність наносів,  γотл т/м3 | Мутність води,  Ρо кг/м3 | Загальний стік наносів, W тон за рік | Санітарний об’єм, тон за рік | Об’єм річного стоку, млн. м3 | Розрахунковий об’єм замулення, млн. м3 | Термін служби водосховища, роки | Мертвий об’єм, млн.м3 | РМО, млн. м3 |
| 179 | 0,55 | 0,6 | 3,65 | 26207 | 0,33 | 7,18 | 43678,33 | 45 | 1,97 | 16 |

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

**7**. **Розрахунок втрат води з водосховища.**

**7.1. Визначення втрат води на випаровування.**

Для водойм з площею водної поверхні ω 5км2 величина шару додаткових втрат визначається за рівнянням:

- для середнього по водності року

Ед  *=* Ев - х0 (1-αС)=590,4-500\*(1-0,15)=165,4, мм./рік(7.1)

- для маловодного року

Ед  *=* Ев · К(100 - р) - х0 ·К рх · (1 - αC),мм/рік (7.2)

Ед  *=* 720\*1,0\*1,0\*0,82=590,4 мм/рік

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

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

Ев = Е20 · Кh· Кω · Кз, мм/рік (7.3)

де Е20  -середній багаторічний шар випаровування з водної поверхні випарювального басейну площею 20м2. Визначається по спеціальним картам ізоліній, які дають в середньому такі значення (таблиця 7.1).

Kh – поправочний коефіцієнт н а глибину водойм. Для степової зони України, значення *Кh* змінюється від 1 до 0,96.

**Таблиця 7.1**. Значення Е20 , мм/рік

|  |  |
| --- | --- |
| Номер варіанту | Е20 |
| 1÷11,19,20,21,23,25,26,27 | 600 |
| 12÷18,22,29,30,31 | 750 |
| 24,28 | 850 |

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

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

K3=ƒ (7.4)

де *Нпр* – середня висота природних перешкод, значення якої для рівнинних водосховищ приймається 20-50 м (у середньому 37м);

*Lср* - середня довжина розгону повітряного потоку над водой­мищем, яка може бути визначена за формулою:

 м (7.5)

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

**Таблиця 7.2.** Значення коефіцієнта ***К3***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 |
| *Кз* | 0,96 | 0,89 | 0,84 | 0,80 | 0,76 | 0,70 | 0,64 | 0,57 | 0,51 |

2. Розмір середньо-багаторічного шару атмосферних опадів *х0* (таблиця 7.3.) визначається за даними багаторічних спостережень.

**Таблиця 7. 3**. Значення *хo,* мм

|  |  |
| --- | --- |
| Номер варіанту | Середній багаторічний шар опадів χо |
| 1÷11, 19÷23, 25÷27 | 400-600 |
| 12÷18, 22, 29÷31 | 350-500 |
| 24, 28 | 300-400 |

3. Для оцінки забезпечених значень випаровування з водної поверхні і відповідних значень шарів опадів, які входять у формулу (7.2) , необхідно використовувати середні статичні характеристики. Дослідження показують, що коефіцієнт варіації випаровування *СVe* для степових і лісостепових районів України в середньому дорівнює 0.1, а коефіцієнт асиметрії СSe близький до нуля. Для атмосферних опадів СVx = 0.2, а СSx = 2CVx***.*** Значення коефіцієнтів КPx і К(100-P) визначаються за таблицею 7.4.

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

**Таблиця 7.4.** Значення коефіцієнтів Крх і К(100-р)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Розрахункова забезпеченість опадів і стоку Р, % | Модульний коефіцієнт опадів  Крх при СVх = 0,2 | Розрахункова забезпеченість випаровування  (100-Р), % | Модульний коефіцієнт випаровування  К(100-р)  при СVх = 0,1 |
| 75 | 0,86 | 25 | 1,07 |
| 80 | 0,83 | 20 | 1,08 |
| 85 | 0,80 | 15 | 1,10 |
| 90 | 0,75 | 10 | 1,13 |
| 95 | 0,70 | 5 | 1,16 |

**Таблиця 7.5.** Значення коефіцієнта стоку αс

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер варіанту | Характеристика схилів | αс |
| 1,2,3,5,8,13÷16 | Круті схили з похилом більше 120 ‰ | 0,15 |
| 24,25,28,30,31 | Похилі схили з похилом менше 60 ‰ | 0,02 |
| 4,6,7,10,11,12,17, 19,20,21,23 | Схили з середнім похилом 90-100 ‰ | 0,06 |

Підсумки розрахунків річного шару додаткових втрат на випаровування за формулами (7.1) і (7.2) зводяться у таблицю 7.6

.**Таблиця 7.6.** Підсумки розрахунків ЕД

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Середня глибина, м | Площа воднтго дзеркала, м | Висота перешкод  Нпрм | мм |  |  | Хо  мм | Крх | К(100-р) | *ас* | ЕД,  мм | |
| За формулою (7.1) | За формулою (7.2) |
| 5 | 0,32 | 37 | 720 | 1,0 | 0,82 | 500 | 0,83 | 1,08 | 0,15 | 16,54 | 284,88 |

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

 (7.6)

**Таблиця 7.7.** Типові схеми розподілу випаровування з поверхні водойм Zi, та атмосферних опадів Уі по місяцям, у %.

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

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

 (7.7)

де Уі - частка опадів і-го місяцю у % від річних (таблиця 7.7 [2]).

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

**Таблиця 7.8.** Розподіл додаткових втрат на випаровування для маловодного року %

забезпеченості з водосховища на р. у п. .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристики розрахунків | Місяці | | | | | | | | | За рік |
| III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI |
|  | 19,13 | 38,26 | 82,89 | 108,4 | 127,53 | 121,15 | 82,89 | 44,63 | 12,75 | 637,63 |
|  | 24,69 | 28,22 | 42,33 | 63,5 | 52,91 | 42,33 | 35,28 | 28,22 | 35,28 | 352,75 |
| ЕДі | -5,56 | 10,04 | 40,56 | 44,9 | 74,62 | 78,82 | 47,61 | 16,41 | -22,5 | 284,88 |

**7.2. Визначення втрат на фільтрацію.**

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

**Таблиця 7.9.** Нормативні рекомендації для приблизної оцінки втрат на фільтрацію води з водосховища.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер варіанту | Характеристика гідрогеологічних умов водосховища | Частка втрат у % від об’єму за місяць | Частка втрат у % від об’єму за рік |
| 13,14,21, 22,24,28, 29,30,31 | Водонепронекнені ґрунти. Високі рівні ґрунтових вод на схилах (сприятливі умови) | 0,5-1 | 5-10 |
| 1,2,3,9÷12, 15÷20 | Середньоводонепронекнені ґрунти (суглинки, супеси). Рівні ґрунтових вод у зоні підпору (середні умови) | 1-1,5 | 10-20 |
| 4÷8,23, 25,26,27 | Водопроникні ґрунти (пісок, галька). Водоносні горизонти відсутні (несприятливі умови) | 1,5-3 | 20-40 |

**8. Розрахунок водосховища сезонного регулювання стоку.**

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

Розрахунок сезонного регулювання стоку передбачає рішення трьох основних задач:

1. Встановлення тактності в роботі водосховища.
2. Визначення корисної місткості.

3. Розрахунок об'ємів наповнення та холостих скидів з водосховища.

Для рішення цих задач необхідно мати слідуючі вихідні дані:

1. Розмір середньої річної витрати води розрахункової забезпеченості регулювання (пункт 2.2).
2. Типову модель внутрірічного розподілу стоку для маловодного року (таблиця 3.3).
3. Батіграфічну характеристику водосховища (малюнок 5.1).
4. Величіну мертвого об'єму водосховища (таблиця 6.4).
5. Розрахункову величіну шарів додаткових втрат на випаровування

(таблиця 7.8).

1. Нормативні дані з оцінки втрат на фільтрацію (таблиця 7.9).
2. Середні витрати корисного водоспоживання, які визначаються при умові повного використання стоку маловодного року:

Qp = φn∙qнетто (8.1)

звідкіля

qнетто = Qp/ φn (8.2)

де  *qнетто* - середня витрата корисного водоспоживання (планова віддача), постійна на протязі року, м3/с.

*φn* - коефіцієнт підсумкових втрат з водосховища, який приймається рівним:

для І гідрологічного району - 1,30

для І І гідрологічного району - 1,35

Порядок розрахунку водосховища сезонного регулювання стоку наведений у таблиці 8.1.

В першу графу таблиці записують розрахункові інтервали часу (місяці) починаючи з місяця початку водогосподарського року. У другу і третю графи записують данні по середнім місячним витратам води (таблиця 3.3), а також середні місячні витрати корисного водоспоживання, обчислені за формулою (8.2). Четверта і п'ята графи характеризують об'єми припливу і споживання за розрахункові інтервали часу. Їх значення визначають шляхом побільшування витрат припливу (гр.2) і споживання (гр.З) на кількість секунд у розрахунковому інтервалі часу, який дорівнює 2.63-106 секунд. Шоста і сьома графи являють собою алгебраїчну різність між об'ємами припливу *Wx* і об'ємами споживання *Vнх.* Причому, якщо ця різність позитивна, то вона характеризує надлишок припливу над споживанням (гр.6), а якщо вона негативна, то - недостачу (гр.7). Підсумки розрахунків ілюструють хронологічне чергування надлишків і недостач за розрахунковий рік, що дозволяє встановити тактність роботи водосховища. У чергуванні надлишків і недостач зустрічаються два характерні випадки:

* однотактна робота водосховища;

- двухтактна робота водосховища (з незалежними і залежними тактами).

Аналіз чергування надлишків і недостач необхідно вивчити самостійно за матеріалами лекційного курсу /3,4/.

***Таблиця 8.1.*** Розрахунок сезонного регулювання стоку без урахування втрат.

Р = 95%, Vмо = 2∙ 106 м3, Vкор = 6∙ 106 м3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Місяці*** | ***Витрати, м3/с*** | | ***Об’єми, млн..м3*** | | ***(WX-VH(X)),млн..м3*** | | ***Об’єми наповнення і скиду за варіантами регулювання*** | | | |
| ***1 варіант*** | | ***2 варіант*** | |
| ***Припливу***  ***Qх*** | ***Споживання***  ***qн*** | ***Припливу***  ***Wx*** | ***Споживання*** | ***Надлишки, +*** | ***Недостачі, -*** | ***VX*** | ***RX*** | ***VX*** | ***RX*** |
| ***VH(x)*** |
| ***1*** | ***2*** | ***3*** | ***4*** | ***5*** | ***6*** | ***7*** | ***8*** | ***9*** | ***10*** | ***11*** |
| 1 | 0,09 | 0,049 | 0,24 | 0,13 | 0,11 |  |  |  |  |  |
| 0,11 |  |
| 2 | 0,3 | 0,049 | 0,79 | 0,13 | 0,66 |  | 0,365 |  |
| 0,405 |  |
| 3 | 0,16 | 0,049 | 0,42 | 0,13 | 0,29 |  | 0,29 |  |
| 0,405 |  |
| 4 | 0,04 | 0,049 | 0,11 | 0,13 | V1=1,06 | 0,02 |  |  |
| 0,385 |  |
| 5 | 0,02 | 0,049 | 0,053 | 0,13 |  | 0,077 |  |  |
| 0,308 |  |
| 6 | 0,02 | 0,049 | 0,053 | 0,13 |  | 0,077 |  |  |
| 0,231 |  |
| 7 | 0,02 | 0,049 | 0,053 | 0,13 |  | 0,077 |  |  |
| 0,154 |  |
| 8 | 0,02 | 0,049 | 0,053 | 0,13 |  | 0,077 |  |  |
| 0,077 |  |
| 9 | 0,02 | 0,049 | 0,053 | 0,13 |  | 0,077 |  |  |
| 0 |  |
| 10 | 0,03 | 0,049 | 0,79 | 0,13 | V3=0,66 | V2=0,405 |  |  |
| 0,071 |  |
| 11 | 0,04 | 0,049 | 0,11 | 0,13 |  | 0,02 |  |  |
| 0,051 |  |
| 12 | 0,03 | 0,049 | 0,079 | 0,13 |  | 0,051 |  |  |
| 0 |  |
|  |  |  |  |  |  | V4=0,071 |  |  |
|  |  |
| Сума |  |  | 2,804 | 1,56 | 1,72 | 0,476 |  |  |  |  |
| Різність |  |  | 1,244 | | 1,244 | |  | 1,244 |  |  |

1. Якщо має місце один безперервний період надлишків *V/* і один період недостач з об'ємом *d1,* причому *V1>d1,* то має місце однотактна робота водосховища. У цьому разі

*Vкор = dt* (8.3)

2. Якщо спостерігається два пері ода надлишків з об'ємами *V1* і *V2,* та два періоди недостач з об'ємами *d1* і *d2,* то має місце двотактна робота водосховища. Причому

а) якщо *V1 > d1,* і *V2 > d2 ,* то водосховище працює за двотактною схемою з незалежними тактами:

*Vкор = dmax* (8.4)

б) якщо *V1 > d1,* a *V2 < d2* , то водосховище працює за двотактною схемою з залежними тактами:

*Vкор = dt  + d2  - V2* (8.5)

У графи 811 записують підсумки обчислень наповнень *Vх* і скидів *Rx* у залежності від прийнятого варіанту регулювання водосховища. Розрізнюють два варіанти регулювання. За першим варіантом водосховище наповнюють зразу ж після спорожнення і тримають наповненим весь час, поки приплив перевищує споживання. За другим варіантом водосховище наповнюють у кінці періоду надлишків, тобто намагаються тримати водосховище наповненим як найкоротший час.

Перед початком розрахунків встановлюють момент спорожнення водосховища (при цьому *Vкор* *= 0),* який є вихідним для наступних розрахунків. Згідно з правилами регулювання за момент спорожнення приймається кінець місяця року, який наступає у кінці періоду недостач, які приймають участь при оцінці корисної місткості за рівняннями (8.38.5). Момент спорожнення водосховища при однотактній роботі буде в кінці періоду недостач. У випадку двотактної роботи при незалежник тактах момент спорожнення буде в кінці більшого за об'ємом періоду недостач, а при залежних тактах - у кінці другого періоду недостач.

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

*Vx+1  = Vx + (Wx+1 – Vx+1)* (8.6)

а по другому варіанту - проти ходу календарного часу (недостачі додаються, а надлишки відлічуються), використовуючи формулу:

*Vx - 1  = Vx  - (Wx - 1 – Vx - 1)* (8.7)

Після наповнення водосховища до корисного об'єму за рівнянням (8.8) обчислюють об'єми холостих скидів:

*Rx = Vx+1 + (Wx+ 1- Vx+1) – Wкop* (8.8)

Розрахунок скидних об'ємів по другому варіанту регулювання відрізняється тій особливістю, що при наповненні водосховища за рівнянням (8.7) "ходом назад", починаючи з якогось місяця значення величінь *Vx-1* одержують негативні значення. Це з'являється доказом того, що виникли непотрібні для наповнення водосховища надлишки і їх необхідно перевести у графу скидів, при цьому корисний об'єм досягає свого нульового значення. У водосховищі залишається тільки мертвий об'єм.

**9. Розрахунки регулювання паводкового стоку водосховища**

**9.1. Вихідні данні і умови розрахунку**

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

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

*(Qt - qt) = * (9.1)

де:  *Qt = f(t) –* ординати гідрографу паводку;

*qt =f(h) -* трансформована водосховищем витрата води у створі греблі;

 - приріст акумулюючого об’єму води за прийнятий інтервал часу *dt.*

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

Тоді, диференціальне рівняння водного балансу, буде мати вигляд:

*ω(h)  = Q(t) - q(h) (*9.2)

Точне інтегрування рівняння (9.2) можливе тільки для прямокутного гідрографу паводку. Вирішення рівняння можливо спрощено в кінцевих об'ємах для прийнятих інтегралів часу *∆t* (години/доба):

Qсер.*∆t = ∆t* (9.3)

qсер. *∆t = ∆t* (9.4)

де QH, QK та *qH,, qK* - припливні і складні витрати води на початку і в кінці інтервалу *∆t.*

Якщо прийняти об'єми акумуляції на початку і в кінці інтервалу *∆t* рівними Vн і Vк*,* тоді:

VK = VH + Qcp.∆t - - ∆t (9.5)

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

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

**9.2. Побудування моделі розрахункового гідрографу паводку**

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

1. Максимальну витрату води заданої імовірності перебільшення *Qm,* м3 /с;

1. Об'єм паводкового стоку тій же вірогідності *Qm,* млн.м3;
2. Розрахункову подовжність паводку Т, час і час коли настає максимальна витрата *tn,* (Рис. 9.1).

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

T =*,* (годин) (9.6)

а час коли наступає максимальна витрата або тривалість підйому *tn* оцінюється за приблизною формулою.

*tn = * (годин) (9.7)

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

*Vg* - розрахункова швидкість руслового добігання хвилі паводку;

*Vg* = *0.4 · I 1/2 ·F1/4 =* 0,4\*6,01/2\*1791/4=3,59 (км/год) (9.8)

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

**9,2. Розрахунок максимальної скидної витрати через відкритий водоскид**

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

*qm=Qm (1-)*=71,91\*(1-2,1/5,9)=46,31*, м3/*с (9,9)

Величина регулюючого форсованого об'єму *VФ* визна­чається через криву об'ємів, при умові що поріг водоскиду розташований на відмітці HПP при багаторічному регулюванні стоку. Для цього задаємось величиною максимального напору на порозі водоскиду *hm* = Зм. При заданому напорі значення форсованого об'єму *VФ* встановлюється за графіком на Рис 5.1. Потім, за рівнянням (9.9) обчислюється максимальна скидна витрата. По встановленій величині *qm* і максимальному напорі на порозі водоскиду *hm* = Зм, використовуючи рівняння (9.10), обчислюється ширина його порога, яка забезпечує безаварійний пропуск всієї наволочної хвилі:

ß =  (9.10)

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

Підсумки розрахунків з визначенням максимальної скидної витрати для відкритих водозливів і з затворами зводять у таблицю 9.2.

**Таблиця 9.2.** Підсумки розрахунків основних параметрів регулювання паводкового стоку водосховищем

*Qm* =71,91, *Wm* =5,9\*106, *НПР =\_*18*\_*, *РМО* = 16 , *hнпр* =\_\_\_\_3\_\_\_\_

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Відкритий водозлив при hм = 3м | | | |
| Vф,  млн.м3 | *qм*  М3/с | *В ,*  м | ФПР  м |
| 2,1 | 46,31 | 10,92 | 21 |

**Література**.

1. Гідрологічні розрахунки для річок України. Видавництво АН України, Київ, 1962.
2. Кузнєцов Ю.М., Марків О.М. Методичні рекомендації щодо виконання курсових робіт з дисципліни “Інженерна гідрологія” для студентів гідромеліоративного факультету за спеціальністю “Водні ресурси”. Частина 1. ХДАУ, “Колос”, Херсон, 2007.
3. Литовченко О.Ф. Інженерна гідрологія та регулювання стоку. Київ, “Вища шк”., 1999. – 360 с.
4. Лаликін М.В., Ревера О.З. Гідрологічні та водогосподарські розрахунки. Вища школа, Київ, 1973.

5. Левківський С.С., Падун М.М. Рациональне використання і охорона водних ресурсів: Підручник.- К.; Либідь, 2006. – 280 с.

6. Молдаванов А.И. Заиление прудов и водохранилищ в степных районах, Ленинград, Гидрометеоиздат, 1978.

7. Плешков Я.Ф. Регулирование речного стока, Ленинград, Гидрометеоиздат, 1975.