Кафедра «Гидравлика»

**Курсовая работа**

**«Гидравлический расчет узла гидротехнических сооружений»**

Минск 2009

# Содержание

Содержание 2

Задание 3

1. Расчет магистрального канала 5

1.1 Определение размеров поперечного сечения 5

1.2 Расчет канала гидравлически наивыгоднейшего сечения 9

1.3 Определение нормальных глубин для заданных расходов Qmin, Q, Qmax и построение кривой Q=*f*(h) 9

1.4 Определение типа и построение кривой свободной поверхности 11

2. Расчет сбросного канала 14

3. Расчет водозаборного регулятора 16

4. Расчет многоступенчатого перепада 18

4.1 Расчет входной части (щелевой водослив) 18

4.2 Расчет ступеней 20

Литература 23

# Задание

Магистральный канал подает воду на орошение и обводнение подкомандной ему территории. От магистрального канала отходит сбросной канал, в головной части которого устраивается регулятор. На сбросном канале предусматривается сооружение многоступенчатого перепада.

Требуется выполнить гидравлические расчеты следующих гидротехнических сооружений.

1. Расчет магистрального канала

* Определение размеров канала из условия его неразмываемости (Q*max*=1,8Q) и незаиляемости (Q*min*=0,75Q).
* Определение нормальных глубин для заданных расходов Q*max*, Q*min*, Q*н* и построение кривой Q=*f(h)*.
* Определение типа и построение кривой свободной поверхности.

1. Расчет сбросного канала

Определение размеров трапециидального сбросного канала при заданном *β=b/h*

1. Расчет водозаборного регулятора

Определение рабочей ширины регулятора при глубинах равномерного движения в магистральном и сбросном каналах при пропуске максимального расхода.

1. Расчет многоступенчатого перепада

* Расчет входной части
* Расчет ступеней
* Расчет выходной части

|  |  |
| --- | --- |
| 1. Магистральный канал | |
| Расход Q*н* м3/с | 7 |
| Уклон дна канала *i* | 0,0004 |
| Грунты | Плотный лесс |
| Условия содержания | Среднее |
| Глубина воды в конце канала | 1,2h0 |
| 2. Сбросной канал | |
| Q | Q*max* |
| *β=b/h* | 4 |
| Уклон дна канала *i* | 0,0006 |
| 3. Водозаборный регулятор | |
| Сопряжение при входе по типу | Конусов |
| Ширина одного пролета, м. | 3,0÷5,0 |
| 4. Перепад | |
| Разность отметок дна верхнего и нижнего бьефов | 6 |
| Число ступеней | 3 |

регулятор

одноступенчатый перепад

Магистральный канал

Распределители

Водохранилище

перепад

Сбросной канал

Река

Схема гидротехнических сооружений

# 1. Расчет магистрального канала

Равномерное движение жидкости, т.е. движение, при котором средние скорости *v*, площади живых сечений ω и глубины h по длине потока остаются неизменными, наблюдается в искусственных призматических руслах (каналах), имеющих большую протяженность.

Основная расчетная формула для равномерного движения жидкости – формула Шези:



C – коэффициент Шези:



n – коэффициент шероховатости. Для плотного лесса n = 0,02

Наиболее распространенной формой сечения канала является трапецеидальная.

B

m =1,5

h



*b*

## **Определение размеров поперечного сечения**

m

Определение размеров поперечного сечения сводится к определению ширины по дну и глубины наполнения по заданным параметрам (расход Q, уклон *i*, коэффициенты шероховатости n и заложения откосов m). При расчетах используется рациональное соотношение β между шириной канала по дну и глубиной наполнения.



Решив это уравнение найдем:

h=1,25 м b=3,38h=4,23 м.



Решив это уравнение найдем:

h=1,72 м ω=1,5h2+4,23h=11,68м2.



Изменяем уклон дна, для этого в начале канала сделаем одноступенчатый перепад.

*i*=0,00015



Решив это уравнение найдем:

h=1,5 м b=3,38h=5,1 м.



Решив это уравнение найдем:

h=2,06 м ω=1,5h2+5,1h=16,81м2.



Решив это уравнение найдем:

h=1,29 м ω=1,5h2+5,1h=9,04 м2 R=0,93 м.



**1.2 Расчет канала гидравлически наивыгоднейшего сечения**

Гидравлически наивыгоднейшее сечение – такое, у которого при заданных ω, *i* расход Q оказывается максимальным.



Решив это уравнение найдем:

h=3,01 м b=0,61h=1,84 м.

## **1.3 Определение нормальных глубин для заданных расходов Qmin, Q, Qmax и построение кривой Q=*f*(h)**



*i*=0,00015



Вычисления удобно свести в таблицу:

|  |  |
| --- | --- |
| h, м  м3/с | Q, м3/с |
| 0 | 0 |
| 0,5 | 1,0037 |
| 1 | 3,3392 |
| 1,5 | 6,9297 |
| 2 | 11,847 |
| 2,5 | 18,188 |
| 3 | 26,059 |
| 3,5 | 35,566 |
| 4 | 46,814 |
| 4,5 | 59,907 |
| 5 | 74,946 |

По графику можно определить нормальные глубины для заданных расходов.



## **1.4 Определение типа и построение кривой свободной поверхности**

При проведении гидравлических расчетов неравномерного движения, например, при расчете кривых свободной поверхности, сопряжении бьефов, необходимо знать критическую глубину hкр. Критическая глубина соответствует минимуму удельной энергии сечения и в общем случае определяется из уравнения:



α ≈1



Решив это уравнение найдем:



Критический уклон найдем по формуле:

– обычный канал.



Тип кривой *а*I, кривая подпора.

Построение кривой свободной поверхности:

2

1

*N*

*h1*

*h2*

*K*

*h0*

*N*

*l*

*K*

1

2



– относительные глубины – средняя кинетичность потока



φ(η) – определяется в зависимости от гидравлического показателя русла X и относительной глубины.

Определение:



h1=1,5 м h2=2,06 м С1=50,4 C2=52,3 B1=9,57 м B2=11,25 м χ1=10,5 м χ2=12,5 м



Гидравлический показатель русла:



Задаемся: h1=1,79 м h2=1,2 h0=1,8 м, тогда , φ(η1)=0,312 φ(η2)=0,301



Вычисления удобно свести в таблицу:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№* | *h1* | *h2* | *η1* | *η2* | *X* |  | *φ(η1)* | *φ(η2)* | *l* |
| 0 | 1,8 | 1,8 | 1,2 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 0,301 | 0,301 | 0 |
| 1 | 1,79 | 1,8 | 1,193 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 0,312 | 0,301 | 172,6 |
| 2 | 1,78 | 1,8 | 1,187 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 0,315 | 0,301 | 268,2 |
| 3 | 1,77 | 1,8 | 1,18 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 0,323 | 0,301 | 411,9 |
| 4 | 1,76 | 1,8 | 1,173 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 0,331 | 0,301 | 555,6 |
| 5 | 1,75 | 1,8 | 1,167 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 0,339 | 0,301 | 699,3 |
| 6 | 1,73 | 1,8 | 1,153 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 0,357 | 0,301 | 1006 |
| 7 | 1,7 | 1,8 | 1,133 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 0,389 | 0,301 | 1514 |
| 8 | 1,67 | 1,8 | 1,113 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 0,427 | 0,301 | 2080 |
| 9 | 1,65 | 1,8 | 1,1 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 0,456 | 0,301 | 2493 |
| 10 | 1,6 | 1,8 | 1,067 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 0,553 | 0,301 | 3760 |
| 11 | 1,55 | 1,8 | 1,033 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 0,732 | 0,301 | 5817 |
| 12 | 1,507 | 1,8 | 1,005 | 1,2 | 3,7 | 0,037 | 1,231 | 0,301 | 10909 |

# 2. Расчет сбросного канала



Решив это уравнение найдем:

h=1,37 м b=4h=5,48 м ω=5,5h2=10,32 м2.



Так как скорость в канале больше размывающей, то необходимо сделать «одежду» для канала, т.е. выполнить укрепление дна и откосов. В качестве «одежды» примем гравийно-галечную обсыпку. При этом коэффициент шероховатости n=0,02 т.е. остается таким же как и до обсыпки, следовательно, скорость течения и глубина воды в канале не изменятся.



Решив это уравнение найдем:

h=0,84 м ω=1,5h2+5,48h=5,66м2 R=0,67 м.



# 3. Расчет водозаборного регулятора

В качестве водозаборного регулятора используется водослив с широким порогом. Сопряжение водослива с широким порогом осуществляется по типу конусов. Высота водослива со стороны верхнего бьефа P назначается конструктивно в пределах P=0,25÷1 м, а толщина δ=(3÷5) H.

Коэффициент расхода m определяется в зависимости от вида сопряжения водослива с подводящим каналом и отношения P/H.

Расчет водослива с широким порогом заключается в определении его ширины, при которой перед сооружением сохраняется нормальная глубина.

Основное расчетное уравнение:



hмаг. канала=2,06 м hсбр. канала=1,37 м

bмаг. канала=5,1 м bсбр. канала=5,48 м

Вмаг. канала=11,28 м bсбр. канала=9,59 м



– при прямоугольном очертании быков и береговых устоев.



Задаемся P=0,4 м, тогда Н= hмаг. канала-Р=2,06–0,4=1,66 м.



Проверка подтопления:



Водослив считается подтопленным если , следовательно водослив не подтоплен



I приближение:



II приближение:



Окончательно принимаем: Р=0,4 м., b=4,4 м., δ=3Н≈5 м.

# 4. Расчет многоступенчатого перепада

## **4.1 Расчет входной части (щелевой водослив)**

Если входная часть проектируется как щелевой водослив, то для предельных значений расходов Qmax и Qmin можно так подобрать размеры водослива, что бы равномерное движение в подводящем канале сохранялось бы при различных расходах в интервале Qmax и Qmin.

H2

H1

m

b

δ=2м

B=5,5м

Необходимо определить среднюю ширину щели по низу «bср» при пропуске Q1 и Q2 через щель. Эти расходы определяют при нормальных глубинах:

h01=h0max-0,25 (h0max-h0min)=1,37–0,25 (1,37–0,84)=1,24 м

h02=h0min+0,25 (h0max-h0min)=0,84+0,25 (1,37–0,84)=0,97 м



Для щелевых водосливов коэффициент расхода m≈0,48, коэффициент сжатия σс=0,95



Окончательная ширина щели по низу определяется по формуле:



Коэффициент заложения откосов щели: δ=(0,5÷2) Н=2 м.



## **4.2 Расчет ступеней**

Число ступеней – 3, ширина перепада b=5,5 м, удельный расход q=Q/b=12,6/5,5=2,3 м2/с.

**Первая ступень.**

Высота стенки падения Р1=2 м.

Высота водобойной стенки:



Геометрический напор перед водобойной стенкой:



Полный напор перед водобойной стенкой:



Критическая глубина:



Глубина в сжатом сечении:



Вторая сопряженная глубина:



Длина колодца:



Длина прыжка:



Полный напор на щелевом водосливе:



Дальность полета струи:



**Вторая ступень.**

Высота стенки падения Р2=2 м.

Высота водобойной стенки:



Геометрический напор перед водобойной стенкой:



Полный напор перед водобойной стенкой:



Критическая глубина:



Глубина в сжатом сечении:



Вторая сопряженная глубина:



Длина колодца:



Длина прыжка:



Дальность полета струи:



**Третья ступень.**

Высота стенки падения Р3=2,5 м.

Бытовая глубина: hб=hсброного канала

Глубина колодца:



Величина перепада:



Критическая глубина:



Глубина в сжатом сечении:



Вторая сопряженная глубина:



Длина колодца:



Длина прыжка:



Дальность полета струи:



# Литература

1. Справочник по гидравлическим расчетам. Под ред. П.Г. Киселева. М.; Энергия, 1972.
2. Примеры гидравлических расчетов. Под ред. А.И. Богомолова. М.; Транспорт, 1977.
3. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Л.; Энергоиздат, 1982.
4. Методические указания к курсовой работе «Гидравлический расчет узла гидротехнических сооружений» по курсу «Гидравлика» для студентов дневного обучения специальности 1203 – «Гидротехническое строительство речных сооружений и ГЭС». И.П. Вопнярский, Н.Е. Бонч-Осмоловская. Минск 1984.