

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по выполнению лабораторных и практических работ
по курсу
«МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ»**

Для бакалавров направления В 5520300 – «Гидроэнергетика»

Ташкент 2007

Составили: М.М. Мухаммадиев, Джураев Ш.С., В.А. Халматов

Методическое пособие по выполнению лабораторных и практических работ по предмету «Математические задачи гидроэнергетики». Ташкентский государственный технический университет/ Составили: М.М. Мухаммадиев, К.С. Джураев, В.А. Халматов Ташкент 2007, ___ с.

В методическом пособии рассмотрены основные методы расчётов математических задач гидроэнергетики, в лабораторных работах студенты с помощью ЭВМ будут определять экономические невыгоднейшие диаметр турбинного трубопровода, нормальную глубину трапецидального деривационного канала и рабочую точку насосного агрегата. А практических занятиях будут выполнять действия над матрицами, будут решать систему линейных уравнений с методом Крамера и обратной матрицей, кроме того будут определять нормальную ширину дна трапецидального деривационного канала и определение энергетических показателей ирригационного сооружения.

Учебное пособие предназначено для бакалавров, обучающихся по специальности В 5520300 «Гидроэнергетика» и рекомендуется к использованию в курсовом проектировании и выпускных квалификационных работах.

Табл. 17 . Ил. 8 . Библиогр. 17 назв. Приложений 10 .

Подготовлено по решению научно-методического Совета ТашГТУ.

Рецензенты: Доцент Ташкентского государственного технического университета кафедры «Гидроэнергетика», к.т.н. **Низамов О.Х.**
 Заведующий кафедрой Ташкентского института ирригации и мелиорации «Гидротехнических сооружений и инженерных конструкций» проф. д.т.н. **Бакиев М.Р.**

© Ташкентский государственный технический университет, 2007.

ЛАБАРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО ДИАМЕТРА НАПОРНОГО ТРУБОПРОВОДА В ГЭУ.

Цель работы:

1. Изучение основ методики по определению экономически наиболее выгодного диаметра трубопровода.
2. Построение и анализ характеристики $f(D) = Z_{ci} + Z_{\Delta \varepsilon i}$.

Краткие теоретические сведения.

Для определения наиболее выгодного диаметра трубопровода в ГЭУ необходимо определить минимальные материальные затраты на трубопровод в сооружении $Z_{\Delta \varepsilon}$.

$$f(D) = \sum Z = Z_{ci} + Z_{\Delta \varepsilon i}$$

Определим минимум функции $f(D) D_{\text{эк}}$. Наиболее выгодный диаметр трубопровода в ГЭУ, определяется в следующем порядке:

1. Средний диаметр трубопровода находим по формуле Ю.С. Васильева:

$$D_{cp} = \alpha \frac{N^{0,41}}{H^{0,55}}$$

где α - коэффициент зависящий от типа трубопровода при напоре до 50 м $\alpha = 0,54$, при напоре более 50 м $\alpha = 0,57$;

H – напор, м.

$$H = \nabla BB - \nabla HB.$$

N - мощность турбины, кВт.

$$N = 8,5 \cdot Q \cdot H.$$

2. В случае найденного D_{cp} по таблице 1 выбираем 3 стандартных диаметра трубопровода, где $D_1 < D_2 \approx D_{cp} < D_3$, и стоимость 1 п.м стального или железобетонного трубопровода, с монтажом.

$$K_{1cm(ж.б)}$$

$$K_{2cm(ж.б)}$$

$$K_{3cm(ж.б)}.$$

Таблица 1

Условный диаметр трубопровода, мм	Цена за 1 погонный метр трубопровода, тыс. сум.	
	Железобетон	Сталь
300	2,8	3,5
400	3,7	4,6
500	4,2	5,0
600	5,0	6,0
700	6,1	6,7
800	7,2	8,0
900	8,3	9,0
1000	9,4	10,1
1200	10,5	11,2
1400	11,5	12,0
1600	12,4	13,0
1800	13,5	14,2
2000	14,3	15,0
2200	15,1	15,8
2400	15,8	16,5
2600	16,5	17,3
2800	17,3	18,0
3000	18,0	19,0
3200	19,0	20,0
3400	20,0	20,9
3600	20,9	21,7
3800	21,7	22,5
4000	22,5	23,2
4200	23,2	23,0
4400	23,0	23,9
4600	23,9	25,0
4800	25,0	25,9
5000	25,9	26,5
5200	26,5	27,2
5400	27,2	28,0
5600	28,0	28,5
5800	28,5	29,0
6000	29,0	30,0
6200	30,0	30,8
6400	30,8	31,5
6800	31,5	32,2
7000	32,2	33,0

7200	33,0	34,0
7400	34,0	35,0
7600	35,0	37,1
7800	37,1	39,0
8000	39,0	42,5
8200	42,5	45,0
8400	45,0	48,0
8600	48,0	51,0
8800	51,0	54,1
9000	54,1	57,5
9200	57,5	60,0
9400	60,0	63,8
9600	63,8	67,2
9800	67,2	70,0
10000	70,0	75,0

3. По формуле:

$$Z_{ci} = K_{ист(ж.б)} \cdot L$$

определяем затраты на приобретение и монтаж трубопроводов каждого диаметра.

4. Вычисляются гидравлические потери, в этом случае суммируются потери напора местных сопротивлений h_m и потери напора по длине трубопровода h_l , для всех выбранных диаметров.

$$\sum h_w = h_m + h_l$$

где, h_l - потери напора по длине в трубопроводе.

$$h_l = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

λ - коэффициент гидравлического трения;

для определения скорости движения вод в трубопроводе:

а) площадь поперечного сечения трубопроводов, определяется

по зависимости: $\omega = \frac{1}{4} \pi D^2$

б) и по формуле $v = Q/\omega$, определяем скорости движения воды в трубопроводах. Эти скорости не должны превышать скорости приведённые в таблице 2.

Потери напора в местных сопротивлениях примем равными 10 % от потерь напора по длине. ($h_m = 0,1 \cdot h_l$) и таким образом,

$$\sum h_w = h_l + h_m = 1,1 \cdot \lambda \cdot \frac{L}{D_i} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Таблица 2.

Диаметр трубопровода, мм	Допустимые скорости движения воды в отсасывающем трубопроводе, м/с	Допустимые скорости движения воды в напорном трубопроводе, м/с
до 250	0,6÷1,0	0,8÷2,0
250÷800	0,8÷1,5	1,0÷3,0
выше 800	1,2÷2,0	1,5÷4,0

5. Находим количество потерянной энергии на преодоление сопротивлений в трубопроводах:

$$\Delta \mathcal{E}_i = g \cdot Q \cdot h_{wi} \cdot t \cdot \eta_{za}$$

где, η_{za} - КПД гидроагрегата

$$\eta_{za} = \eta_m \cdot \eta_{gen}$$

6. Определение количества потерянной энергии в суммах.

$$\sum \Delta \mathcal{E}_i = \dots \Delta \mathcal{E}_i \cdot \beta$$

где, β - тариф стоимости электроэнергии, сум/кВт·час, принимается согласно действующему тарифу.

7. Для каждого диаметра определяем общую сумму затрат на строительство и эксплуатацию трубопровода

$$\sum Z = Z_{ci} + \sum \Delta \mathcal{E}_i$$

Наименьшее полученное значение и есть наиболее выгодный диаметр, который будет использоваться в дальнейшем при проектировании.

Вычисления проводятся по исходным данным таблицы 3, в зависимости от варианта.

Таблица 3.

№ варианта	Отметка ВБ, м	Отметка НБ, м	Q, м ³ /с	L, м
1	125	87	20	80
2	500	332	50	215
3	285	103	60	250
4	85	16	120	76
5	189	64	83	178
6	213	68	38	190
7	458	111	63	411
8	333	222	111	123
9	654	456	78	234
10	950	450	16	600
11	411	123	54	321
12	456	231	56	289
13	789	566	45	278
14	225	194	150	45
15	465	145	24	374
16	123	54	84	100
17	854	456	41	421
18	2354	1987	35	469
19	2115	2087	200	99
20	189	95	45	114
21	307	158	68	241
22	301	114	29	225
23	2006	1957	59	60
24	2006	1945	100	89
25	1000	800	100	300

Порядок выполнения лабораторной работы.

Вычисленные данные заносятся в таблицу 4.

Таблица 4

№	Диаметры, D, мм	Затраты на установление трубопровода z_{ci} , сум	Значение потери энергии в трубопроводе $z_{\Delta \varepsilon i}$, сум	Общие затраты трубопровода $z_{ci} + z_{\Delta \varepsilon i}$, сум
1				
2				
3				
...

По расчётным значениям строится характеристика
 $f(D) = z_{ci} + z_{\Delta \varepsilon i}$

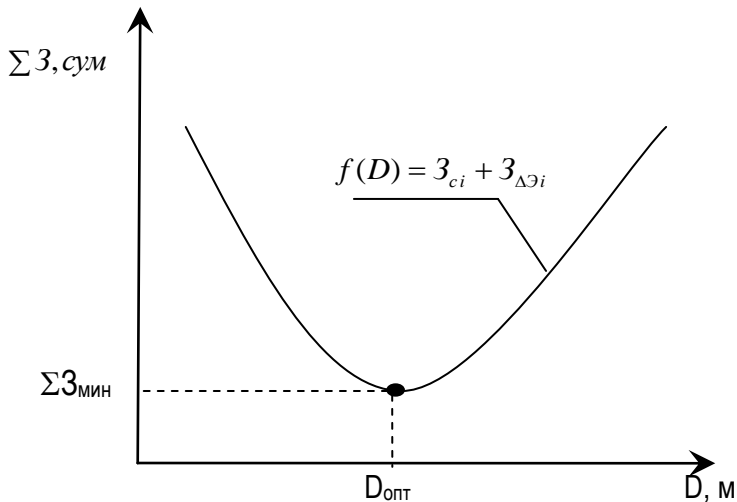


Рис. 1. Зависимость длины трубопровода от затрат.

**ПРОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО
ДИАМЕТРА ТРУБОПРОВОДА В ГЭС.**

```
program Diam_truboprovod;
uses crt;
label 1,2,3,4,5,6,7;
const g=9.81;
var q,h,ld,t,e_t,l,af,k,nd:real;
i,j,x:integer;
v,d,z:array [1..5] of real;
procedure list;
begin
clrscr;
gotoxy(6,6);
end;
procedure stop;
var ch:char;
begin
repeat
delay(1000);
ch:=readkey;
if ch=#27 then halt;
until ch<>#27;
end;
begin
textbackground(3);
textcolor(1);
list;writeln;
6:write('    -Q,kub.m/s=');
read(q);
writeln;
write('    -H,m=');
read(h);
writeln;
```

```

write ( '   -truboprovodning uzunligi 1,m=');
read(1);
writeln;
write ( '   -turbinaning FIK=');
read(k1);
writeln;
write('   -generatorning FIK=');
read(k2);
writeln;
write('   -vaqt t=');
read(t);
writeln;
write('   -lambda=');
read(l1);
writeln; if h,50 then af:=0.54 else af:=0.57; list;
writeln ( '   -taxmini diametr D0= ' ,
(af*exp(0.41*ln(g*q*h*e_t))/exp(0.55*ln(h))*1000:4:0,'
mm. ');
writeln;
stop;
list;
writeln('3-chi jadval boyicha 5-ta diametrni kiriting:');
writeln;
5:for i:=1 to 3 do begin
write('   -D',i ,',mm=');read(d[i]);
writeln;
end;
list; writeln;
j:=0;
for i:=1 to 3 do
begin
v:=4*qn/(pi*sqr(0.001*d[i]) );
if d[i]<250 then if v<0.8 then goto 1 else if v>2 then goto 2
else goto 3 else

```

```

if d[i]>800 then if v<1.5 then goto 1 else if v>4 then goto 2
else goto 3;
else if v<1 then goto 1 else if v>3 then goto 2 else goto 3;
1:writeln('   -D=', d[i]:4:0, ' mm. bolgandagi tezlik v=',v:2:2, '
m/s ruhsat etilgandan kam boladi;');writeln; goto 4;
2:writeln('   -D=',d[i]:4 : 0, ' mm. bolgandagi tezlik v=',v:2:2,'
m/s ruhsat etilgandan katta boladi;');writeln; goto 4;
3:writeln('   -D=',d[i]:4:0,' mm. bolgandagi tezlik qiymati
v=',v:2:2,' m/s;');
writeln;
j:=j+1;
d[j]:=d[i];
4:end;
writeln('   ');
stop;
if j=0 then
begin list;
writeln('   -diametrning boshqa kattaliklarini kiriting:');
writeln;
goto 5; end;
list; writeln;
for i:=1 to j do begin
write('D',i,'=',d[i]:4:0, ' K,sum=');read(k);
z[i] := (...k+...ld*q*t*sqr(v[i] ) *e_t*e_g/ [2*d[i] ) *l;
end;
nd:=z[i]+1;
for i:=1 to j do if nd>z[i] then nd:=z[i];
for i:=1 to j do if nd=z[i] then x:=I;
list;
write { 'D=' ,d[x]*1000:4:0, ' mm z=',z[x]/ 1000:5:2,'
mln.sum');
stop;
end.

```

Контрольные вопросы

1. Как определяется диаметр трубопровода по формуле Ю.С. Васильева?
2. Как определяется потери напора в трубопроводе?
3. Назовите допустимую скорость в напорном трубопроводе.
4. Как определяется стоимость затрат электроэнергии на преодоления потери энергии в трубопроводе?

ЛАБАРАТОРНАЯ РАБОТА 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ ДЕРИВАЦИОННОГО КАНАЛА ТРАПЕЦИИДАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Цель работы:

1. Ознакомление с каналами и их видами.
2. Изучение формул расчета основных гидравлических параметров деривационных каналов трапециидального сечения.
3. Расчет нормальной глубины деривационного канала трапециидального сечения.

Краткие теоретические сведения.

Каналом называют, искусственно созданное русло.

Все каналы могут быть подразделены на сооружения одноцелевого (удовлетворение нужд отдельных отраслей народного хозяйства) и многоцелевого назначения (удовлетворение потребности двух и более отраслей). К первой группе относятся каналы: водопроводные (коммунальное, промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение), оросительные, осушительные, обводнительные, энергетические, лесосплавные, судоходные, рыбоходные и т.д. Ко второй группе относятся, например, транспортно-энергетические, рыбоводно-водопроводные каналы и др.

Энергетические каналы делятся на подводящие воду к ГЭУ и отводящие ее от агрегатов.

Класс одноцелевого или многоцелевого канала следует назначать в соответствии со СНиП 2.06.01-85.

Кроме того, каналы могут характеризоваться другими признаками: облицованные и необлицованные, самотечные и машинные с подъемом воды насосами и т.д. По пропускной способности каналы можно подразделить на мелкие (расход $Q < 5 \text{ м}^3/\text{с}$),

малые ($5 < Q < 35 \text{ м}^3/\text{с}$), средние ($35 < Q < 350 \text{ м}^3/\text{с}$), большие ($350 < Q < 800 \text{ м}^3/\text{с}$) и очень большие « $2 > 800 \text{ м}^3/\text{с}$ ».

Каналы для подвода и отвода воды к ГЭС называют **деривационными каналами**.

По поперечным сечениям каналы подразделяются:

- Трапецеидальные (а);
- Прямоугольные (б);
- Круглые (в);
- Параболические (г);
- Полигональные (д);

Среди этих каналов широко распространенным является трапецеидальный канал.

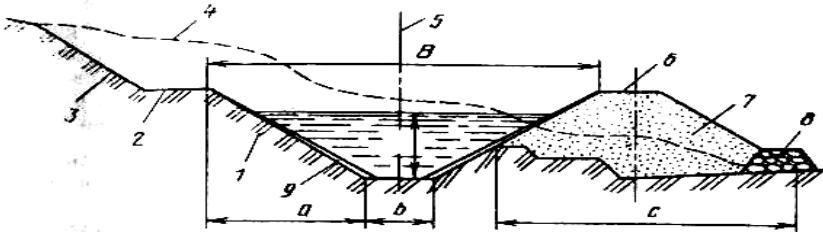


Рис.1. Поперечное сечение канала:

1 – подводный откос; 2 – берма; 3 – надводный откос; 4 – естественная поверхность местности; 5 – ось канала; 6 – гребень дамбы; 7 – дамба; 8 – дренаж; 9 – облицовка.

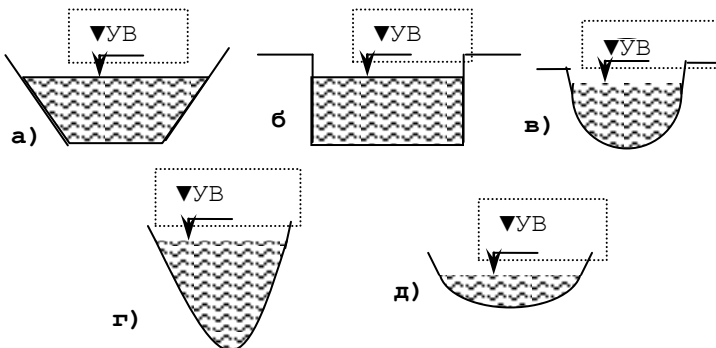


Рис.2. Вид поперечного сечения каналов.

Сегодня Водное хозяйство Республики Узбекистан, имеет 250 оросительных систем, оборудованных водозаборными сооружениями. Протяженность оросительной сети составляет 192 тысячи км. В том числе, более 27 тысяч межхозяйственных каналов. Протяженность коллекторно-дренажной сети составляет 149,3 тыс. км, в том числе закрытой горизонтальной 37,2 тыс. км. По пропускной способности они распределяются так: до 2 м³/сек – 4,6 тыс. км; 2-10 м³/сек - 6,6; 10-25 м³/сек – 1,7, свыше 50 м³/сек – 2,6 тыс. км.

Каналы строятся в различных размерах смотря по количеству воды берущейся из рек. В сравнении с расчетами В.С. Алтунин разделил каналы на 4 класса. (Таблица 5).

Таблица 5.

Классы	Q, м ³ /с	Типы каналов	Задачи	Срок пользования
IV класс	<35	Малые	Водоснабжение или мелиорация	Вегетация
III класс	35-350	Каналы среднего размера	Водоснабжение, водное хозяйство и водный транспорт	Вегетация
II класс	350-800	Большие каналы	Водоснабжение и водное хозяйство, водный транспорт, энергетика	В течении года
I класс	>800	Крупные каналы	Мелиорация и водное хозяйство, водный транспорт, энергетика	В течении года

Самый широко используемый канал это трапецидальный рис.

3.

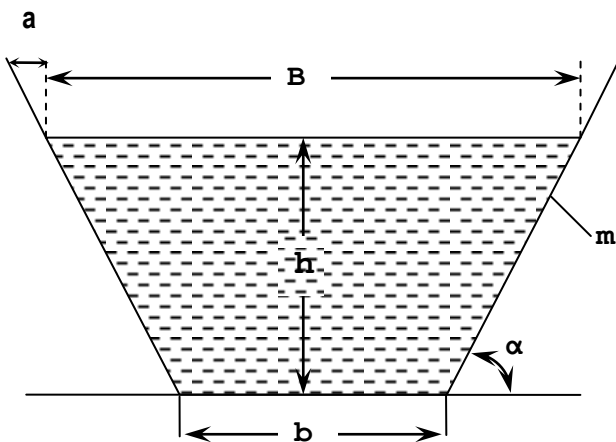


Рис. 3. Вид трапецидального канала.

- В – ширина канала по площади воды;
- b – ширина канала по дну;
- h – глубина канала;
- m – коэффициент степени откоса канала;
- α – угол откоса канала;
- a- величина откоса.

Порядок выполнения расчетов.

Нормальная глубина деривационного канала трапецидального сечения определяется при помощи расхода воды (Q , $м^3/с$), гидравлического уклона (i), коэффициента откоса (m), длины канала (L , $м$) и ширины дна канала (b , $м$), методом подбора.

1. Определим необходимый расходный модуль рассчитываемого канала:

$$K_{zap} = \frac{Q}{\sqrt{i}} = [м^3 / сек].$$

где, i – гидравлический уклон.

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

$$\Delta h = h_1 - h_2 = [м].$$

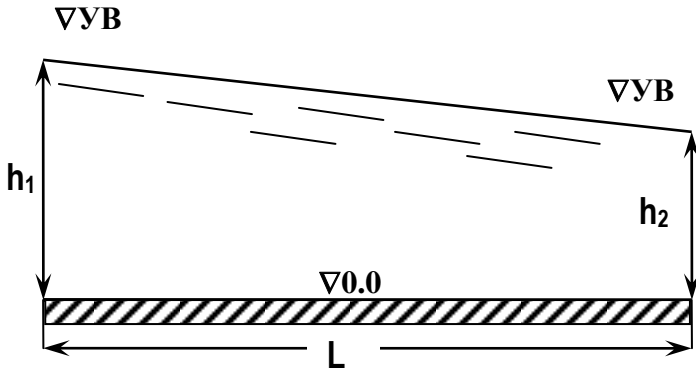


Рис. 4. Вид сечения канала по длине.

2. Возьмем несколько глубин (h , m) и для каждой глубины определим гидравлические элементы потока:

2.1. Площадь сечения канала ω , $м^2$:

$$\omega = (b + m \cdot h) \cdot h$$

2.2. Смоченный периметр канала χ , $м$:

$$\chi = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2} = b + m' \cdot h$$

$$m' = 2 \cdot \sqrt{1 + m^2}$$

2.3. Гидравлический радиус канала R , $м$:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{(b + m \cdot h) \cdot h}{b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}}$$

2.4. Коэффициент Шези C , Существует несколько методов определения коэффициента Шези:

2.4.1. Сокращенная формула Гангилье-Куттера:

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + 23 \cdot \frac{n}{\sqrt{R}}}, [M^{1/2} / сек]$$

2.4.2. Формула Манна:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}, [M^{1/2} / сек]$$

2.4.3. Формула Павлова для ($R < (3,0 \div 5,0)$ м):

$$C = \frac{1}{n} R^y, [M^{1/2} / сек].$$

где, y – относительно сложная формула:

$$\text{при } R < 1, \quad y = 1,5\sqrt{n}.$$

$$\text{при } R > 1, \quad y = 1,3\sqrt{n}.$$

2.4.4. Полуэмпирическая формула (приведённая в журнале «Гидротехническое строительство» 1949 год №2):

$$C = \frac{1}{n} + 17,72 \cdot \lg R, [M^{1/2} / сек].$$

2.4.5. Формула А.Д.Альтшула:

$$C = 25 \left[\frac{R}{(80n)^6 + \frac{0,025}{\sqrt{Ri}}} \right]$$

n – шероховатость, в таблице 6 даны значения n в зависимости от материала канала и вида течения.

Таблица 6.

Материал канала или вид течения	Минимальная шероховатость, n_{min}	Нормальная шероховатость, n	Максимальная шероховатость, n_{max}
1. Безнапорные облицованные каналы			
Асфальт	0,013	-	0,016
Цементный смесь	0,011	0,013	0,015
Гладкий бетон	0,011	0,013	0,015
Текис тошли юзадаги бетон	0,017	0,020	-
Нотекис тошли юзадаги бетон	0,022	0,027	-
2. Қопламасиз напорсиз канал			
2.1. Тош тупроғсиз канал			
Тоза, эндигина ўурилган	0,016	0,018	0,020
Тоза, шамолдан сўнг	0,018	0,022	0,025
Тоза, ўсман лойланган	0,022	0,025	0,030
Озгина ўсимликли	0,022	0,027	0,033
ўсган ўтли	0,025	0,030	0,033
Ўурғ ўт ва сув ўтли	0,030	0,035	0,040
2.2. Тош тупроғли канал			
Текис деворли	0,025	0,035	0,040
Нотекис деворли	0,035	0,040	0,050
3. Табиий оғимли каналлар			
3.1. Кичик оғим (30дан кичик энли)			
Текистликда	0,025	0,070	0,150
Тоғликда	0,030	0,040	0,070
3.2. Тутилган сезанли канал			
Ўтсиз ва дарахтсиз	0,025	-	0,050
Ўт билан ўпланган	0,035	-	0,160
Дарахт билан ўпланган	0,110	-	0,200
3.3. Катта оғимли			
Тоғлири ўрғимли	0,025	-	0,060

Выполнение лабораторной работы.

По результатам расчётов таблицы 3 строится характеристика $h = f(K)$. Отметка глубины на против точки называется нормальной глубиной канала (Рис. 5).

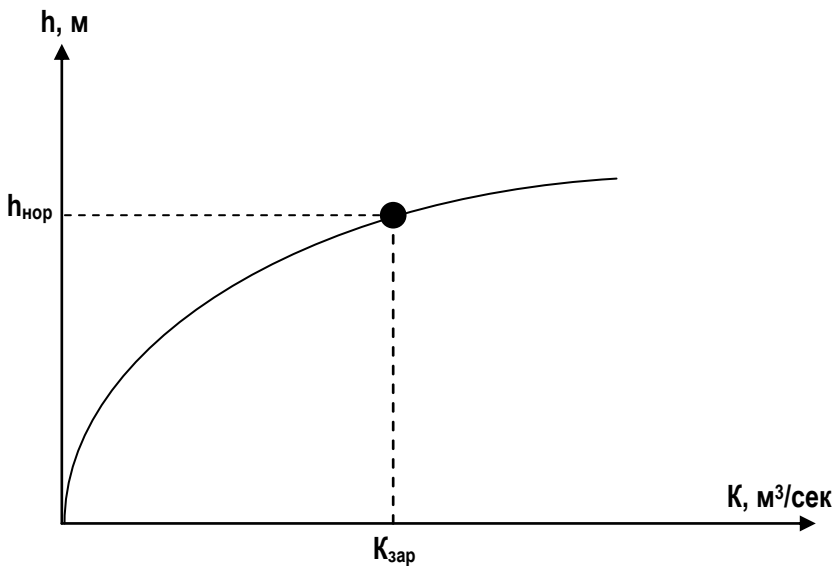


Рис. 5. Характеристика определения нормальной глубины канала.

**ПРОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ
ДЕРИВАЦИОННОГО КАНАЛА ТРАПЕЦИДАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ**

```
uses Crt;
label pop;
var h:array [1..10] of real;
    C,l,w,hi,Q,V,hl,n,R,m,i,b,k,shiz,K_neob:real;
    j,o:integer;
begin clrscr;
Writeln ('Shezi koeffisientini qaysi usulda aniqlaysiz?');
writeln('1- Gangile-Kutter formulasi');
writeln('2- Manning formulasi');
writeln('3- Pavlov formulasi');
writeln('4- Agroskin formulasi');
writeln('5- Altshul formulasi');
readln(shiz);
for j:=1 to 10 do
begin
Write(j,'-chi chuqurlik h[' ,j,']='); read(h[j]);
end;
write('Qiyalik i=');read(i);
write('Kanaldagi suv sarfi Q=');read(q);
write('Kanal uzunligi L=');read(l);
write('Kanal tubi eni b=');read(b);
write('Kanalning qiyalik darajasi koeffisienti m=');read(m);
write('Kanal gadir-budurligi n=');read(n);
K_neob:=Q/sqrt(i);
writeln('K_neob=',K_neob:0:2);
writeln ('h,m w HI R C K hl v K_neob');
for j:=1 to 10 do
begin
w:=(b+m*h[j])*h[j];
hi:=b+2*h[j]*sqrt(1+sqr(m));
R:=w/hi;
if shiz=1 then C:=(23+(1/n))/(1+(23*(n/sqrt(R))));
```



```

if shiz=2 then C:=(1/n)*exp((1/6)*ln(R));
if shiz=3 then
begin if R<1 then C:=(1/n)*exp((1.5*sqrt(n))*ln(R)) else
C:=(1/n)*exp((1.3*sqrt(n))*ln(R));
end;
if shiz=4 then C:=(1/n)+17.72*(ln(R)/ln(10));
if shiz=5 then
C:=25*(R/((exp(6*(ln(80*n))))+(0.025/(sqrt(R*i)))));
K:=w*C*sqrt(R);
hl:=(sqr(Q)/sqr(K))*L;
v:=C*sqrt(R*i);
writeln(h[j]:0:2,' ',w:0:2,' ',hi:0:2,' ',R:0:2,' ',C:0:2,' ',
K:0:2,' ',hl:0:3,' ',V:0:2,' ',K_neob:0:2);
end;readln;readln;
end.

```

Nazorat savollari

1. Как определяется площадь трапецидального канала?
2. Как определяется модуль расхода?
3. Какие формулы знаете по определению коэффициента

Шези?

4. Как определяется потеря напора по длине в канале?

ЛАБАРАТОРНАЯ РАБОТА 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕЙ ТОЧКИ НАСОСНОГО АГРЕГАТА И ЕЁ ВЫЧИСЛЕНИЕ

Цель работы:

1. Построение совмещённой характеристики насоса и трубопровода.
2. Определение рабочей точки насоса.

Краткие теоретические сведения.

Напорная характеристика $H - Q$ является связью между расходом и напором насоса данные в паспорте. Характеристика трубопровода определяется по заданному диаметру, здесь не дается потребление воды для работы одного насоса.

На насосной станции может работать от одного до нескольких агрегатов, их эксплуатация зависит от необходимости водоснабжения.

Напор насоса определяется в зависимости от расхода и высоты подъёма с учётом потерь напора на преодоление гидравлических местных сопротивлений и по длине напорного и всасывающего трубопроводов.

Потери напора в трубопроводах состоят из потерь напора по длине и потерь напора в местных сопротивлениях. Сумма потерь напора, рассчитывается по формуле, для каждого трубопровода:

$$\Sigma h_w = h_{l_{вс}} + h_{m_{вс}} + h_{l_{нап}} + h_{m_{нап}}$$

h_l и h_m - потери напора по длине и в местных сопротивлениях.

$$h_l = \frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = A \cdot l \cdot v^2 \left(\frac{\pi l^2}{4} \right) \quad (1)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_{\text{э}}}{d} \right)^{0,25}$$

где, λ - коэффициент гидравлического трения; $k_{\text{э}}$ - коэффициент абсолютной шероховатости, для новых стальных трубопроводов равен $k_{\text{э}} = 0,06$; l - длина трубопровода, м; d - внутренний диаметр трубопровода, м; v - средняя скорость течения жидкости, м/с; g - ускорение свободного падения, м²/с; A - сравнительные сопротивления трубопровода, с²/м².

Потери напора на местных сопротивлениях:

$$h_m = \sum \xi \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

где, $\sum \xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений.

Следовательно, общие потери напора $\sum h_w$ воспринимаемые насосным агрегатом, составят:

$$\begin{aligned} \sum h_w &= \left(\lambda \cdot \frac{l_{\text{вс}}}{d_{\text{вс}}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{v_{\text{вс}}^2}{2g} + \left(\lambda \cdot \frac{l_{\text{нан}}}{d_{\text{нан}}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{v_{\text{нан}}^2}{2g} = \\ & \left(\lambda \cdot \frac{l_{\text{вс}}}{d_{\text{вс}}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{Q_{\text{вс}}^2}{w_{\text{вс}} \cdot 2g} + \left(\lambda \cdot \frac{l_{\text{нан}}}{d_{\text{нан}}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{Q_{\text{нан}}^2}{w_{\text{вс}} \cdot 2g} \end{aligned} \quad (3)$$

Теоретически пренебрегая объёмными потерями в насосе (за счёт протечек), мы можем принять, что $Q_{\text{вс}}$ и $Q_{\text{нан}}$, равны, а следовательно для дальнейших расчётов принять единое Q . Учитывая, что величина потери напора в трубопроводах зависит от расхода воды

движущегося в них, то можно утверждать, что все члены формулы (3) постоянны, а величина Q меняется в зависимости от режима работы насоса. На этом основании мы можем рассчитать постоянный коэффициент для формулы (3), с целью облегчения расчётов, по формуле:

$$S = \frac{\lambda \cdot \frac{l_{ac}}{d_{ac}} + \sum \xi}{w_{ac} \cdot 2g} + \frac{\lambda \cdot \frac{l_{nan}}{d_{nan}} + \sum \xi}{w_{nan} \cdot 2g} \quad (4)$$

В результате этого формула (3) примет вид:

$$\sum h_w = S \cdot Q^2 \quad (5)$$

Напор насоса H складывается из геометрической высоты подъёма H_r и общих потерь напора $\sum h_w$:

$$H = H_r + \sum h_w \quad (6)$$

где, H_r – геометрический напор равен разнице отметок УВБ и УНБ, м.

Подставляя формулу (5) в формулу (6) получим расчётную формулу для расчёта характеристики трубопровода:

$$H = H_r + SQ^2 \quad (7)$$

На основе этой формулы строится характеристика трубопровода.

По результатам расчётов таблицы 8 строим характеристику трубопровода $H_{TP} = f(Q)$. Характеристика $H_H = f(Q)$ насоса строится по каталожным данным опираясь на таблицу 9.

Таблица 9.

H, м					
Q м ³ /с					

ПРОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ ТОЧКИ НАСОСА

```

uses crt;
label ar;
label ol;
const
g=9.81;ksi_s=2.7;ksi_n=1.5;n=0.00125;pi=3.14;ke=0.06;
var
i,d_s,d_n,l_s,l_n,lam_s,lam_n,v_s,v_n,hw,S,Q,H,Hg,Q1:real;
  j,k,l:integer;
begin
ar:=0;clrscr;
writeln(' Q I Y M A T L A R N I K I R I T I N G ');
WRITELN;
write ('Soruvchi quvur diametri d_s(m.)=');read(d_s);
WRITELN;
write ('Naporli quvur diametri d_n(m.)=');read(d_n);
WRITELN;
write ('Soruvchi quvur uzunligi l_s(m.)=');read(l_s);
WRITELN;
write ('Naporli quvur uzunligi l_n(m.)=');read(l_n);
WRITELN;

```

```

write ('Suv sarfi Q(kub.m/sek)=');read(Q);
WRITELN;
write ('Geometrik napor Hg(m.)=');read(Hg);
WRITELN;
WRITELN;
clrscr;
writeln('                J A V O B L A R');
WRITELN;
v_s:=(4*Q)/(pi*sqr(D_s));writeln('v_s=',v_s:0:5,' m/sek^2');
WRITELN;
v_n:=(4*Q)/(pi*sqr(D_n));writeln('v_n=',v_n:0:5,' m/sek^2');
WRITELN;
lam_s:=0.11*(exp(0.25*ln(ke/d_s)));writeln('lam_s=',lam_s:
0:8);
WRITELN;
lam_n:=0.11*(exp(0.25*ln(ke/d_n)));writeln('lam_n=',lam_n
:0:8);
WRITELN;
hw:=(((lam_s*l_s/d_s)+ksi_s)*sqr(v_s)/(2*g))+(((lam_n*l_n/
d_n)+ksi_n)*sqr(v_n)/(2*g));
writeln('hw=',hw:0:4,' m');WRITELN;
s:=hw/sqr(q);writeln('S=',s:0:4); WRITELN;
writeln(' Q,kub.m/sek          hw,m
H=Hg+hw,m');
WRITELN;
writeln(' Q*0=0 ','          0 ','          ',Hg:0:4);
repeat
j:=j+1;
i:=j*0.2;
Q1:=Q*i;
hw:=s*sqr(q1);
H:=Hg+hw;
writeln(' Q*',i:2:1,'=',Q1:0:1,'          ',hw:0:4,'          ',
H:0:4);

```

```
until j=10; WRITELN;WRITELN;  
writeln('AGAR YANA HISOBLAMOQCHI BOLSANGIZ "1"  
NI BOSING !!!');  
readln(l);  
if l=1 then goto ar else goto ol;  
ol:end.
```

Nazorat savollari

1. Как определяется рабочие точка насосного агрегата?
2. Какие виды потери энергии бывают в трубопроводах?
3. Как определяется потеря напора по длине в трубопроводе?
4. Как строятся характеристика трубопровода?

**Задачи практические занятие по курсу
«Математические задачи гидроэнергетики»**

Действие над матрицами

Matrisalarni qo'shish va ayirish oddiy arifmetika qonuniyatlari asosida amalga oshiriladi. Matrisalarni qo'shishda yoki ayirishda ularning o'lchamlari tengligi asosiy shart bo'lib hisoblanadi.

Matrisalarni qo'shish. Ikkita A va B matrisalarni qo'shishda, ularning mos elementlari bir-biriga qo'shiladi.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}; \quad B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{pmatrix}.$$
$$C = A + B = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{pmatrix} =$$
$$= \begin{pmatrix} a_{11} + b_{11} & a_{12} + b_{12} & a_{13} + b_{13} \\ a_{21} + b_{21} & a_{22} + b_{22} & a_{23} + b_{23} \end{pmatrix}.$$

Misol, $A = \begin{pmatrix} 4 & 3 \\ -2 & 4 \end{pmatrix}$ va $B = \begin{pmatrix} -3 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix}$ matrisalarni qo'shing.

$$A + B = \begin{pmatrix} 4 & 3 \\ -2 & 4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -3 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 + (-3) & 3 + 2 \\ -2 + 4 & 4 + 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 2 & 7 \end{pmatrix}.$$

Matrisalarni ayirish. Ikkita A va B matrisalarni ayirish, qo'shish qonuniyatiga o'xshash holda amalga oshiriladi, ya'ni ularning mos elementlari bir-biridan ayiriladi.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}; \quad B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{pmatrix}.$$
$$C = A - B = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} a_{11} - b_{11} & a_{12} - b_{12} & a_{13} - b_{13} \\ a_{21} - b_{21} & a_{22} - b_{22} & a_{23} - b_{23} \end{pmatrix}.$$

Misol, $A = \begin{pmatrix} 4 & -3 & -2 \\ 2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$ va $B = \begin{pmatrix} -1 & -4 & 2 \\ 3 & -2 & -3 \end{pmatrix}$ matrisalarni ayiring.

$$\begin{aligned} A - B &= \begin{pmatrix} 4 & -3 & -2 \\ 2 & 1 & 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} -1 & -4 & 2 \\ 3 & -2 & -3 \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 4 - (-1) & -3 - (-4) & -2 - 2 \\ 2 - 3 & 1 - (-2) & 0 - (-3) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 & 1 & -4 \\ -1 & 1 & 3 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Matrisalarni ko'paytirish. Ikki matrisani bir-biriga ko'paytirish uchun birinchi matrisaning ustunlar soni ikkinchi matrisning qatorlar soniga mos kelishi kerak.

Agar A matrisaning o'lchamlari $m \times p$ va B matrisaning o'lchami $p \times n$ bo'lsa, $C = A \cdot B$ matrisa o'lchami $m \times n$ bo'ladi va uning elementi c_{ij} quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$c_{ij} = \sum_m^p a_{im} \cdot b_{mj}.$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \\ b_{31} & b_{32} \end{pmatrix}.$$

$$C = A \cdot B = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \\ b_{31} & b_{32} \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} a_{11} \cdot b_{11} + a_{12} \cdot b_{21} + a_{13} \cdot b_{31} & a_{11} \cdot b_{12} + a_{12} \cdot b_{22} + a_{13} \cdot b_{32} \\ a_{21} \cdot b_{11} + a_{22} \cdot b_{21} + a_{23} \cdot b_{31} & a_{21} \cdot b_{12} + a_{22} \cdot b_{22} + a_{23} \cdot b_{32} \end{pmatrix}.$$

Misol, Berilgan $A = \begin{pmatrix} 2 & 3 & 1 \\ 4 & -1 & -2 \end{pmatrix}$ va $B = \begin{pmatrix} -4 & 1 \\ 2 & -4 \\ 3 & -3 \end{pmatrix}$

matrisalarni ko'paytiring.

$$\begin{aligned} C = A \cdot B &= \begin{pmatrix} 2 & 3 & 1 \\ 4 & -1 & -2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -4 & 1 \\ 2 & -4 \\ 3 & -3 \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 2 \cdot (-4) + 3 \cdot 2 + (-1) \cdot 3 & 2 \cdot 1 + 3 \cdot (-4) + (-1) \cdot (-3) \\ 4 \cdot (-4) + (-1) \cdot 2 + (-2) \cdot 3 & 4 \cdot 1 + (-1) \cdot (-4) + (-2) \cdot (-3) \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} -8 + 6 - 3 & 2 - 12 + 3 \\ -16 - 2 - 6 & 4 + 4 + 6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -5 & -7 \\ -24 & 14 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Chiziqli tenglamalar sistemasini Kramer usulida yechish

Bizga quyidagi ko'rinishdagi chiziqli tenglamalar sistemasi (ChTS) berilgan bo'lsin:

$$\begin{cases} a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + a_{13} \cdot x_3 = c_1 \\ a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + a_{23} \cdot x_3 = c_2 \\ a_{31} \cdot x_1 + a_{32} \cdot x_2 + a_{33} \cdot x_3 = c_3 \end{cases}$$

Berilgan ChTS ni matrisa ko'rinishida yozamiz:

$$\text{Noma'lumlar yonidagi hadlardan: } A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix};$$

$$\text{Ozod hadlardan: } C = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}; \text{ Noma'lumlardan: } X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

ChTS ni Kramer usulida yechish quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

1. A matrisaning aniqlovchisi Δ aniqlanadi:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = (a_{11} \cdot a_{22} \cdot a_{33} + a_{21} \cdot a_{32} \cdot a_{13} + a_{12} \cdot a_{23} \cdot a_{31}) - (a_{13} \cdot a_{22} \cdot a_{31} + a_{23} \cdot a_{32} \cdot a_{11} + a_{12} \cdot a_{21} \cdot a_{33})$$

Agar $\Delta=0$ bo'lsa, ChTS cheksiz ko'p yechimga ega, aksincha $\Delta \neq 0$ bo'lsa, ChTS yagona yechimga ega deb hisoblanadi.

2. A matrisada x_1 , x_2 va x_3 noma'lumlar oldidagi hadlar o'rniga mos ravishda ozod hadlar c_1 , c_2 va c_3 lar qo'yilib Δx_1 , Δx_2 va Δx_3 lar aniqlanadi:

$$\Delta x_1 = \begin{vmatrix} c_1 & a_{12} & a_{13} \\ c_2 & a_{22} & a_{23} \\ c_3 & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = (c_1 \cdot a_{22} \cdot a_{33} + c_2 \cdot a_{32} \cdot a_{13} + a_{12} \cdot a_{23} \cdot c_3) -$$

$$-(a_{13} \cdot a_{22} \cdot c_3 + a_{23} \cdot a_{32} \cdot c_1 + a_{12} \cdot c_2 \cdot a_{33});$$

$$\Delta x_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & c_1 & a_{13} \\ a_{21} & c_2 & a_{23} \\ a_{31} & c_3 & a_{33} \end{vmatrix} = (a_{11} \cdot c_2 \cdot a_{33} + a_{21} \cdot c_3 \cdot a_{13} + c_1 \cdot a_{23} \cdot a_{31}) -$$

$$-(a_{13} \cdot c_2 \cdot a_{31} + a_{23} \cdot c_3 \cdot a_{11} + c_1 \cdot a_{21} \cdot a_{33});$$

$$\Delta x_3 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & c_1 \\ a_{21} & a_{22} & c_2 \\ a_{31} & a_{32} & c_3 \end{vmatrix} = (a_{11} \cdot a_{22} \cdot c_3 + a_{21} \cdot a_{32} \cdot c_1 + a_{12} \cdot c_2 \cdot a_{31}) -$$

$$-(c_1 \cdot a_{22} \cdot a_{31} + c_2 \cdot a_{32} \cdot a_{11} + a_{12} \cdot a_{21} \cdot c_3).$$

3. Topilgan har bir Δx_1 , Δx_2 va Δx_3 aniqlovchilarni asosiy aniqlovchi Δ ga bo'lib, x_1 , x_2 va x_3 noma'lumlarni topamiz:

$$x_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta}; \quad x_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta}; \quad x_3 = \frac{\Delta x_3}{\Delta}.$$

Misol. Berilgan ChTSni Kramer usulida yeching.

$$\begin{cases} 2 \cdot x_1 - x_2 - 5 \cdot x_3 = 2 \\ -x_1 - 2 \cdot x_2 + x_3 = 5 \\ x_1 + x_2 + x_3 = 0 \end{cases}$$

ChTS ni matrisa ko'rinishida yozamiz:

$$\text{Noma'lumlar yonidagi hadlardan: } A = \begin{pmatrix} 2 & -1 & -5 \\ -1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix};$$

Ozod hadlardan: $C = \begin{pmatrix} 2 \\ 5 \\ 0 \end{pmatrix}$; Noma`lumlardan: $X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}$.

ChTS ni Kramer usulida yechish quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

1. A matrisaning aniqlovchisi Δ aniqlanadi:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 2 & -1 & -5 \\ -1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = (-4 + 5 - 1) - (10 + 2 + 1) = -13.$$

$\Delta \neq 0$, shuning ChTS yagona yechimga ega.

2. A matrisada x_1 , x_2 va x_3 noma`lumlari oldidagi hadlar o`rniga mos ravishda ozod hadlar c_1 , c_2 va c_3 lar qo`yilib Δx_1 , Δx_2 va Δx_3 lar aniqlanadi:

$$\Delta x_1 = \begin{vmatrix} 2 & -1 & -5 \\ 5 & -2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{vmatrix} = (-4 - 25 - 0) - (0 + 2 - 5) = -26;$$

$$\Delta x_2 = \begin{vmatrix} 2 & 2 & -5 \\ -1 & 5 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{vmatrix} = (10 + 0 + 2) - (-25 + 0 - 2) = 39;$$

$$\Delta x_3 = \begin{vmatrix} 2 & -1 & 2 \\ -1 & -2 & 5 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} = (0 - 2 - 5) - (-4 + 10 + 0) = -13.$$

3. Topilgan har bir Δx_1 , Δx_2 va Δx_3 aniqlovchilarni asosiy aniqlovchi Δ ga bo`lib, x_1 , x_2 va x_3 noma`lumlarni topamiz:

$$x_1 = \frac{-26}{-13} = 2; \quad x_2 = \frac{39}{-13} = -3; \quad x_3 = \frac{-13}{-13} = 1.$$

Talabalar mustaqil ravishda ChTSni Kramer usulida yechishlari uchun masalalar 2 – ilovada keltirilgan.

Chiziqli tenlamalar sistemasini (ChTS) teskari matrisa usulida yechish.

Bizga quyidagi ko'rinishdagi ChTS berilgan bo'lsin:

$$\begin{cases} a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + a_{13} \cdot x_3 = c_1 \\ a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + a_{23} \cdot x_3 = c_2 \\ a_{31} \cdot x_1 + a_{32} \cdot x_2 + a_{33} \cdot x_3 = c_3 \end{cases}$$

Berilgan ChTSni teskari matrisa usulida echish quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

1. ChTS ni matrisa ko'rinishida yozamiz:

$$\text{Noma'lumlar yonidagi hadlardan: } A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix};$$

$$\text{Ozod hadlardan: } C = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix}; \text{ Noma'lumlardan: } X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

2. A matrisa aniqlovchisini Δ aniqlaymiz:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = (a_{11} \cdot a_{22} \cdot a_{33} + a_{21} \cdot a_{32} \cdot a_{13} + a_{12} \cdot a_{23} \cdot a_{31}) - \\ - (a_{13} \cdot a_{22} \cdot a_{31} + a_{23} \cdot a_{32} \cdot a_{11} + a_{12} \cdot a_{21} \cdot a_{33})$$

3. A matrisani har bir elementini algebraik to'ldiruvchilarini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned}
 A_{11} &= (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}; & A_{12} &= (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix}; \\
 A_{13} &= (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}; & A_{21} &= (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}; \\
 A_{22} &= (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix}; & A_{23} &= (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}; \\
 A_{31} &= (-1)^{3+1} \begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} \\ a_{22} & a_{23} \end{vmatrix}; & A_{32} &= (-1)^{3+2} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{21} & a_{33} \end{vmatrix}; \\
 A_{33} &= (-1)^{3+3} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}.
 \end{aligned}$$

4. Aniqlangan algebraik to'ldiruvchilardan A' matrisa tuzamiz:

$$A' = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{pmatrix}.$$

5. Hosil bo'lgan A' matrisani transportirlaymiz va A'^T matrisani hosil qilamiz:

$$A'^T = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{31} \\ A_{12} & A_{22} & A_{32} \\ A_{13} & A_{23} & A_{33} \end{pmatrix}.$$

6. A^T matrisani har bir elementini aniqlovchi Δ ga bo'lib, A matrisaga teskari matrisa A^{-1} ni topamiz:

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{A_{11}}{\Delta} & \frac{A_{21}}{\Delta} & \frac{A_{31}}{\Delta} \\ \frac{A_{12}}{\Delta} & \frac{A_{22}}{\Delta} & \frac{A_{32}}{\Delta} \\ \frac{A_{13}}{\Delta} & \frac{A_{23}}{\Delta} & \frac{A_{33}}{\Delta} \end{pmatrix}.$$

7. A^{-1} ni C matrisaga ko'paytirib X matrisa qiymatini aniqlaymiz:

$$X = A^{-1} \cdot C = \begin{pmatrix} \frac{A_{11}}{\Delta} & \frac{A_{21}}{\Delta} & \frac{A_{31}}{\Delta} \\ \frac{A_{12}}{\Delta} & \frac{A_{22}}{\Delta} & \frac{A_{32}}{\Delta} \\ \frac{A_{13}}{\Delta} & \frac{A_{23}}{\Delta} & \frac{A_{33}}{\Delta} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} \frac{A_{11}}{\Delta} \cdot c_1 + \frac{A_{21}}{\Delta} \cdot c_2 + \frac{A_{31}}{\Delta} \cdot c_3 \\ \frac{A_{12}}{\Delta} \cdot c_1 + \frac{A_{22}}{\Delta} \cdot c_2 + \frac{A_{32}}{\Delta} \cdot c_3 \\ \frac{A_{13}}{\Delta} \cdot c_1 + \frac{A_{23}}{\Delta} \cdot c_2 + \frac{A_{33}}{\Delta} \cdot c_3 \end{pmatrix}.$$

8. ChTS ildizlari quyidagiga teng bo'ladi:

$$x_1 = \frac{A_{11}}{\Delta} \cdot c_1 + \frac{A_{21}}{\Delta} \cdot c_2 + \frac{A_{31}}{\Delta} \cdot c_3;$$

$$x_2 = \frac{A_{12}}{\Delta} \cdot c_1 + \frac{A_{22}}{\Delta} \cdot c_2 + \frac{A_{32}}{\Delta} \cdot c_3;$$

$$x_3 = \frac{A_{13}}{\Delta} \cdot c_1 + \frac{A_{23}}{\Delta} \cdot c_2 + \frac{A_{33}}{\Delta} \cdot c_3.$$

Misol, Berilgan ChTSni teskari matrisa usulida yeching:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 2 \\ 2 \cdot x_1 - 2 \cdot x_2 - 3 \cdot x_3 = -2 \\ 2 \cdot x_1 + x_2 - x_3 = -1 \end{cases}$$

1. ChTS ni matrisa ko'rinishida yozamiz:

$$\text{Noma'lumlar yonidagi hadlardan: } A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & -2 & -3 \\ 2 & 1 & -1 \end{pmatrix};$$

$$\text{Ozod hadlardan: } C = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ -1 \end{pmatrix}; \text{ Noma'lumlardan: } X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

2. A matrisa aniqlovchisini Δ aniqlaymiz:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & -2 & -3 \\ 2 & 1 & -1 \end{vmatrix} = (2 + 2 - 6) - (-4 - 3 - 2) = -2 - (-9) = 7.$$

3. A matrisani har bir elementini algebraik to'ldiruvchilarini aniqlaymiz:

$$A_{11} = (-1)^{1+1} \begin{vmatrix} -2 & -3 \\ 1 & -1 \end{vmatrix} = 5; \quad A_{12} = (-1)^{1+2} \begin{vmatrix} 2 & -3 \\ 2 & -1 \end{vmatrix} = -4;$$

$$A_{13} = (-1)^{1+3} \begin{vmatrix} 2 & -2 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = 6; \quad A_{21} = (-1)^{2+1} \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{vmatrix} = 2;$$

$$A_{22} = (-1)^{2+2} \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & -1 \end{vmatrix} = -3; \quad A_{23} = (-1)^{2+3} \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = 1;$$

$$A_{31} = (-1)^{3+1} \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ -2 & -3 \end{vmatrix} = -1; \quad A_{32} = (-1)^{3+2} \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & -3 \end{vmatrix};$$

$$A_{33} = (-1)^{3+3} \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 2 & -2 \end{vmatrix} = -4.$$

4. Aniqlangan algebraik to'ldiruvchilardan A' matrisa tuzamiz:

$$A' = \begin{pmatrix} 5 & -4 & 6 \\ 2 & -3 & 1 \\ -1 & 5 & -4 \end{pmatrix}.$$

5. Hosil bo'lgan A' matrisani transportiraymiz va A'^T matrisani hosil qilamiz:

$$A'^T = \begin{pmatrix} 5 & 2 & -1 \\ -4 & -3 & 5 \\ 6 & 1 & -4 \end{pmatrix}.$$

6. A'^T matrisani har bir elementini aniqlovchi Δ ga bo'lib, A matrisaga teskari matrisa A^{-1} ni topamiz:

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{5}{7} & \frac{2}{7} & -\frac{1}{7} \\ -\frac{4}{7} & -\frac{3}{7} & \frac{5}{7} \\ \frac{6}{7} & \frac{1}{7} & -\frac{4}{7} \end{pmatrix}.$$

7. A^{-1} ni S matrisaga ko'paytirib X matrisa qiymatini aniqlaymiz:

$$X = A^{-1} \cdot C = \begin{pmatrix} \frac{5}{7} & \frac{2}{7} & -\frac{1}{7} \\ -\frac{4}{7} & -\frac{3}{7} & \frac{5}{7} \\ \frac{6}{7} & \frac{1}{7} & -\frac{4}{7} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ -1 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} \frac{5}{7} \cdot 2 + \frac{2}{7} \cdot (-2) + \left(-\frac{1}{7}\right) \cdot (-1) \\ \left(-\frac{4}{7}\right) \cdot 2 + \left(-\frac{3}{7}\right) \cdot (-2) + \left(\frac{5}{7}\right) \cdot (-1) \\ \frac{6}{7} \cdot 2 + \frac{1}{7} \cdot (-2) + \left(-\frac{4}{7}\right) \cdot (-1) \end{pmatrix}.$$

8. ChTS ildizlari quyidagiga teng bo'ladi:

$$x_1 = \frac{5}{7} \cdot 2 + \frac{2}{7} \cdot (-2) + \left(-\frac{1}{7}\right) \cdot (-1) = \frac{10}{7} - \frac{4}{7} + \frac{1}{7} = \frac{7}{7} = 1;$$

$$x_2 = \left(-\frac{4}{7}\right) \cdot 2 + \left(-\frac{3}{7}\right) \cdot (-2) + \left(\frac{5}{7}\right) \cdot (-1) = -\frac{8}{7} + \frac{6}{7} - \frac{5}{7} = -\frac{7}{7} = -1;$$

$$x_3 = \frac{6}{7} \cdot 2 + \frac{1}{7} \cdot (-2) + \left(-\frac{4}{7}\right) \cdot (-1) = \frac{12}{7} - \frac{2}{7} + \frac{4}{7} = \frac{14}{7} = 2.$$

Talabalar mustaqil ravishda ChTSni teskari matrisa usulida yechishlari uchun masalalar 2 – ilovada keltirilgan.

Trapetsiya qirqimli derevasion kanal tubi enini aniqlash.

Berilgan kanal qiyaligi koeffitsienti (m), kanaldagi suv chuqurligi (h), g`adir-budurlik koeffitsienti (n), kanal qiyaligi (i) va kanaldagi suv sarfi (Q) asosida kanal tubi eni (b) aniqlanadi.

Masalani echish bosqichlari.

1. Zaruriy sarf moduli aniqlanadi:

$$K_{ZAR} = \frac{Q}{\sqrt{i}}$$

2. Kanal tubi enining (b) bir necha qiymatlarini berib, ularga mos ravishda sarf modullari qiymatini aniqlaymiz va 10-jadval to`ldiriladi.

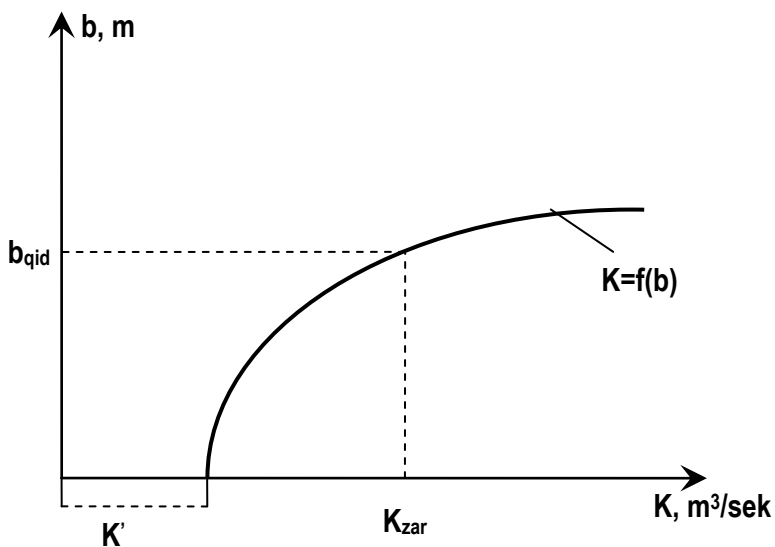
10-jadval.

№	Kattaliklar yoki hisoblash formulalari	O`lchov birligi	Beriluvchan va aniqlanadigan qiymatlar					
			b_1	b_2	b_3	b_4	...	b_n
1	b	m						
2	$b + mh$	m						
3	$\omega = (b + mh) \cdot h$	m^2						
4	$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$	m						
5	$R = \omega / \chi$	m						
6	C	$\sqrt{\frac{m}{sek^2}}$						
7	\sqrt{R}	\sqrt{m}						
8	$K = \omega C \sqrt{R}$	m^3/sek						

Jadvaldagi Shezi koeffitsentini aniqlash formulalari 2-tajriba ishida keltirilgan.

3. 10-jadvaldagi 1 va 8-qatordagi qiymatlar asosida $K = f(b)$ grafigi quriladi.

4. Grafik asosida K_{ZAR} qiymatidan qidirilayotgan kanal eni b_{qid} aniqlanadi.



7-rasm. Kanalning zaruriy chuqurligi b aniqlash xarakteristikasi.

Eslatma, $K = f(b)$ egri chizig`ida koordinata boshidan o'tmaydi, grafikda ko'rsatilgan K' sarf muduli, uchburchak qirg'imli o'zanlarga javob beradi ($b=0$ shartda).

TERAPESIYA QIRQIMLI DERIVASION KANALNING TUBI ENINI ANIQLASH DASTURI.

```
uses Crt;
label pop;
var b:array [1..10] of real;
    C,l,w,hi,Q,V,hl,n,R,m,i,h,k,shiz,K_neob:real;
    j,o:integer;
begin clrscr;
Writeln ('Shezi koeffisientini qaysi usulda aniqlaysiz?');
writeln('1- Gangile-Kutter formulasi');
writeln('2- Manning formulasi');
writeln('3- Pavlov formulasi');
writeln('4- Agroskin formulasi');
writeln('5- Altshul formulasi');
writeln('6- Ozingiz kirgazishingiz uchun');
readln(shiz);
if shiz=6 then
begin write('Shezi koeffisienti C='); read(C);end;
for j:=1 to 10 do
begin
Write(j, '-chi kanal tubi enu b[',j,']='); read(b[j]);
end;
write('Qiyalik i=');read(i);
write('Kanal dagi suv sarfi Q=');read(q);
write('Kanal uzunligi L=');read(l);
write('Kanal suv chuqurligi h=');read(h);
write('Kanalning qiyalik darajasi koeffisienti m=');read(m);
write('Kanal gadir-budurligi n=');read(n);
K_neob:=Q/sqrt(i);
writeln('K_neob=',K_neob:0:2);
writeln ('b,m    w    HI    R    C    K    hl    v
K_neob');
for j:=1 to 10 do
begin
w:=(b[j]+m*h)*h;
```

```

hi:=b[j]+2*h*sqrt(1+sqrt(m));
R:=w/hi; WRITELN('R=',r:0:2);
if shiz=1 then C:=(23+(1/n))/(1+(23*(n/sqrt(R)))));
if shiz=2 then C:=(1/n)*exp((1/6)*ln(R));
if shiz=3 then
begin if R<1 then C:=(1/n)*exp((1.5*sqrt(n))*ln(R)) else
C:=(1/n)*exp((1.3*sqrt(n))*ln(R));
end;
if shiz=4 then C:=(1/n)+17.72*(ln(R)/ln(10));
if shiz=5 then C:=25*(R/((exp(6*(ln(80*n))))+(0.025/(sqrt(R*i)))));
K:=w*C*sqrt(R);
hl:=(sqrt(Q)/sqrt(K))*L;
v:=C*sqrt(R*i);
writeln(b[j]:0:2,' ',w:0:2,' ',hi:0:2,' ',R:0:2,' ',C:0:2,' ',
K:0:2,' ',hl:0:3,' ',V:0:2,' ',K_neob:0:2);
end;readln;readln;
end.

```


Irrigatsion inshootlar energetik ko'rsatkichlarini hisoblash.

Berilgan ishlayotgan irrigatsiya inshootida yuqori b'ef sathi ∇Y_{uB} , quyi b'ef sathi ∇Q_B , suv sarfi Q , quvur diametri D va uzunligi asosida. Irrigatsiya inshooti qancha oqim quvvatiga egaligi, shu xudduga GES qurilsa uning asosiy parametrlari qanday qiymat qabul qiladi va uning gidroturbinasi qanday turda va qanday parametrlarga (ishchi g'ildirak diametric D_1) ega bo'ladi?

Hisoblash ishlarini olib borish tartibi.

1. Oqim quvvatini (N_0) aniqlaymiz:

$$N_0 = 9,81 \cdot Q \cdot H_G = [kVt],$$

bu yerda H_g - geometrik napor (m) va u quyidagicha aniqlanadi:

$$H_G = \nabla Y_{uB} - \nabla Q_B = [m].$$

2. GES qurilgan holda uning asosiy parametrlari:

- GES napori H ;
- GES suv sarfi Q_{GES} (shartil ravishda $Q_{GES}=Q$);
- Gidroturbina quvvati N_T ;
- GES quvvati N_{GES} .

2.1. GES napori quyidagi tenglik orqali aniqlanadi:

$$H = H_G - h_w = [m],$$

bunda h_w - bosim (yoki napor) yo'qolishi (m) va u quyidagicha aniqlanadi:

$$h_w = h_l + h_m = [m],$$

h_l -uzunlik bo'yicha bosim yo'qolishi (m) va u Darsi-Veysbax tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = [m],$$

bu yerda, λ -gidravlik ishqalanish koeffisienti va biz uni shartli ravishda quyidagicha aniqlaymiz:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{0,06}{D} \right)^{0,25};$$

v -suvning o'rtacha tezligi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = [m / sek];$$

h_m -mahalliy qarshiliklarda bosim yo'qolishi va uni shartli ravishda uzunlik bo'yicha bosim yo'qolishini 10% ga teng deb olamiz:

$$h_m = 0,1 h_l = [m].$$

Unda umumiy bosim yo'qolishi quyidagi ko'rinishga keladi:

$$h_w = 1,1\lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = [m].$$

2.2 .Gidroturbina quvvati:

$$N_T = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_T = [kVt],$$

bunda η_T -gidroturbina FIK va uning qiymatlarini quyidagi oraliqlarda olamiz:

$$\eta_T = 0,86 \div 0,92;$$

2.3. GES quvvati:

$$N_{GES} = n \cdot N_T \cdot \eta_{gen} = n \cdot 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_T \cdot \eta_{gen},$$

bu yerda, n -agregatlar soni;

η_{gen} -generator FIK va uning qiymatlarini quyidagi oraliqlarda olamiz:

$$\eta_{gen} = 0,94 - 0,96$$

2.4.Gidroturbina parametrlarini aniqlash uchun:

2.4.1.GES naporlaridan kelib chiqqan holda gidroturbina turini aniqlaymiz.

2.4.2.Gidroturbina turiga bog'liq ravishda keltirilgan suv sarfi Q_i va keltirilga aylanishlar soni n'_{optim} aniqlanadi

2.4.3.Gidroturbina ishchi g'ildirak diametri aniqlanadi:

$$D_1 = \sqrt{\frac{N_T}{9,81 \cdot Q_2' H \sqrt{H} \cdot \eta_T}} = [m]..$$

2.4.4. Aniqlangan gidroturbina ishchi g'ildiragi diametri D_1 ni standartlashtiramiz, y'ni $D_1 = D_{1ST}$.

2.4.5. Standartlashtirilgan gidroturbina ishchi g'ildiragi diametri D_{1ST} asosida, keltirilgan suv sarfi Q_1' ni aniqlaymiz:

$$Q_1' = \frac{N_T}{9,81 \cdot D_{1ST}^2 \cdot \sqrt{H^3} \cdot \eta_T} = [m^3 / sek].$$

2.4.6. Normal aylanishlar soni aniqlanadi:

$$n = \frac{n_{1T}^1 \sqrt{H}}{D_{1ST}}$$

Har doim $n_{1T}^1 > n_{1M}^1$ yoki $n_{1T}^1 = n_{1M}^1 + \Delta n_1^1$,

bu yerda, n_{1M}^1 - turbina modelini aylanish soni, ayl/min;

Δn_1^1 esa quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta n_1^1 = n_{1optim}^1 \cdot \left(\sqrt{\frac{\eta_{TMAX}}{\eta_{MMAX}}} - 1 \right)$$

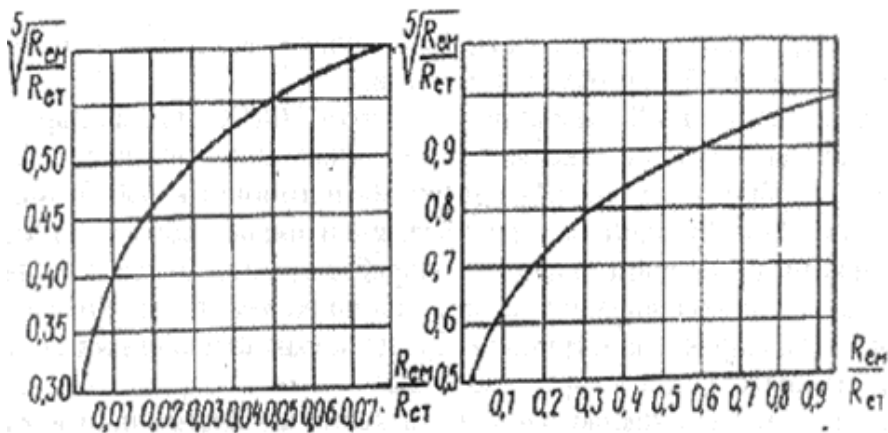
Formuladagi η_{MMAX} gidroturbina bosh universal xarakteristikasidan aniqlanadi.

$$\eta_{TMAX} = 1 - (1 - \eta_{MMAX}) \sqrt[5]{\frac{Re_M}{Re_T}}.$$

Bunda $\sqrt[5]{\frac{Re_M}{Re_T}}$ qiymati 8-rasmdan yoki quyidagi formula orqali

aniqlanadi:
$$\frac{Re_M}{Re_T} = \frac{D_{1M} \sqrt{H_M}}{D_{1CT} \sqrt{H}};$$

bu yerda, H_M va D_{1M} - turbina modeli nabori ($H_M = 4$ m) va ishchi g'ildiragi diametri ($D_{1M} = 460$ mm).



8 – rasm. $\sqrt[5]{\frac{Re_M}{Re_T}}$ qiymatini aniqlash grafigi.

Adabiyotlar

1. «Гидроэнергетик қурилмалар» фанидан маърузалар матни. Муқаммадиев М.М. ТошДТУ. Тошкент-1999.
2. Использование водной энергии: Учебник для вузов /Под ред. Ю.С. Васильева. - М.: Энергоиздат, 1995.
3. Электрические системы. Математические задачи энергетики. /Веников В.А. и др. М.: Высшая школа. 1987.
4. Насосы и насосные станции. Под редакцией В.Ф. Чебоевского. М.:Агропромиздат. 1989.
5. Пармонов А.Э., Сиддиков И.Х. «Гидроэнергетиканинг математика масалалари» фанидан маъруза матни. ТошДТУ, 2002.
6. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Ковельков Л.И. Решение гидроэнергетических задач на ЭВМ. М.: Энергия. 1987.
7. Васильев Ю.С., Виссарианов В.И., Кубышкин Л.И. Решение гидроэнергетических задач на ЭВМ. М.: Энергия. 1987.
8. Васильев Ю.С., Елистратов В.В., Мухаммадиев М.М. // Возобновляемые источники энергии и гидроаккумулирования. СПбГТУ 1995. СПб.
9. М.Муқаммадиев, Б.Уришев Гидроэнергетик ҳурилмалар. ¡шув шўлланма ТошДТУ, Тошкент, 2007, 225 б.
10. <http://www.gidrav1.narod.ru>
11. <http://www.ges.ru>
12. <http://www.nasos.ru>
13. <http://ziyo.edu.uz>
14. <http://uiits.miem.edu.ru/>
15. <http://www.uran.donetsk.ua>
16. <http://useinfo.narod.ru>
17. <http://library.kai.ru>
18. <http://www.solarhome.ru/hydro>