

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры
«Санитарно-технические системы»
«20» января 2022 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсовой работы
по дисциплине (модулю)
«Инженерная гидравлика»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата

по направлению подготовки
08.03.01 – "Строительство"

с профилем
"Водоснабжение и водоотведение"

Форма(ы) обучения: очная, очно-заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080301-02-22

Тула 2022 год

Разработчик(и) методических указаний

Белоусов Р.О., доцент, к.т.н., доцент
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

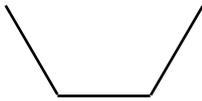
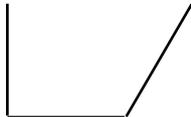
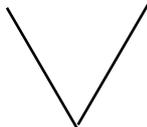
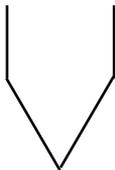
Задание:

Вода отводится по открытому каналу состоящему из 2-х участков: на первом участке уклон дна больше критического, на втором меньше (данные указаны в таблице 1).

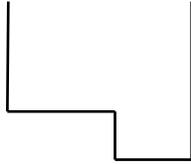
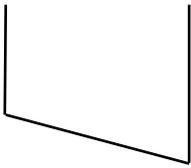
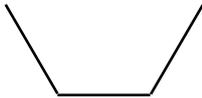
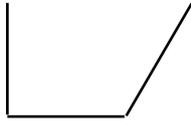
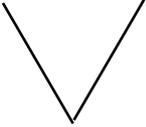
1. Дать гидравлическую характеристику элементов потока
2. Построить схему канала с указанием всех характерных глубин, уклонов и расстояний

Промежуточные расчеты вести графическим способом с представлением расчетных таблиц и графиков.

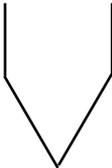
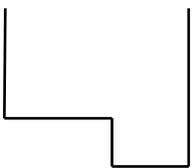
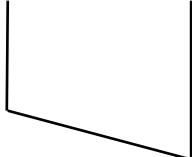
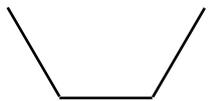
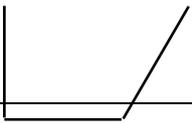
Таблица 1.

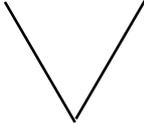
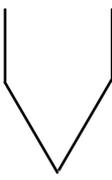
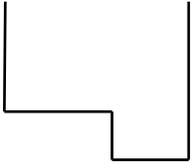
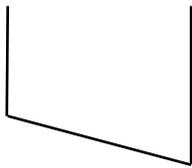
Вариант	Расход, л/с	Сечение канала	Материал русла	Уклон дна (в % от критического)	
				1-й участок	2-й участок
1.	2000	Ширина по дну 100 см Угол наклона стенки 60° 	Бетон	380	30
2.	6000	Ширина по дну 240 см Угол наклона стенки 45° 	Керамика	300	85
3.	200	Угол между стенками 45° 	Дерево	700	75
4.	3000	Ширина по верху 150 см Угол между стенками 60° 	Бетон	250	25

продолжение табл. 1.

Вариант	Расход, л/с	Сечение канала	Материал русла	Уклон дна (в % от критического)	
				1-й участок	2-й участок
5.	1000	Ширина по верху 50 см Ширина прямка 20 см Высота прямка 20 см 	Керамика	400	60
6.	1500	Ширина по верху 120 см Угол между дном и правой стенкой 60° 	Бетон	350	32
7.	500	Ширина по дну 50 см Угол наклона стенки 45° 	Бетон	580	90
8.	3000	Ширина по дну 140 см Угол наклона стенки 45° 	Керамика	350	75
9.	100	Угол между стенками 60° 	Дерево	400	35

продолжение табл. 1.

Вариант	Расход, л/с	Сечение канала	Материал русла	Уклон дна (в % от критического)	
				1-й участок	2-й участок
10.	1500	Ширина по верху 100 см Угол между стенками 45° 	Бетон	300	80
11.	3000	Ширина по верху 250 см Ширина прямка 100 см Высота прямка 50 см 	Керамика	500	50
12.	500	Ширина по верху 50 см Угол между дном и правой стенкой 45° 	Бетон	250	90
13.	3500	Ширина по дну 120 см Угол наклона стенки 70° 	Бетон	680	50
14.	1000	Ширина по дну 70 см Угол наклона стенки 50° 	Керамика	450	45

продолжение табл. 1.					
Вариант	Расход, л/с	Сечение канала	Материал русла	Уклон дна (в % от критического)	
				1-й участок	2-й участок
				1-й участок	2-й участок
15.	150	Угол между стенками 50° 	Дерево	300	90
16.	4500	Ширина по верху 200 см Угол между стенками 45° 	Бетон	200	40
17.	1500	Ширина по верху 100 см Ширина прямка 50 см Высота прямка 50 см 	Керамика	600	85
18.	2500	Ширина по верху 200 см Угол между дном и правой стенкой 50° 	Бетон	250	25

2. Если на втором участке канала установить водослив, то какой напор на водосливе будет зарегистрирован?

Вариант 1-4: водослив Томпсона

Вариант 5-9: водослив Чиполетти

Вариант 10-13: водослив практического профиля

Вариант 14-18: водослив с широким порогом

Пример выполнения КР

Министерство высшего образования и науки РФ
Государственное образовательное учреждение высшего образования
Тульский государственный университет
Кафедра санитарно-технических систем

Курсовая работа по дисциплине:

Инженерная гидравлика

Выполнил:

Проверил:

Тула, 20...

Содержание

Исходные данные.....	3
1. Критическое состояние потока.....	3
2. Определение уклонов дна участков.....	6
3. Определение бытовых глубин.....	6
4. Построение графика прыжковой функции.....	8
5. Построение кривой подпора.....	9

					КР-СТС-№ гр.		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>					<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>					2	11	
<i>Реценз.</i>					<i>ТулГУ, № гр.</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Утверд.</i>							

*Инженерная
гидравлика*

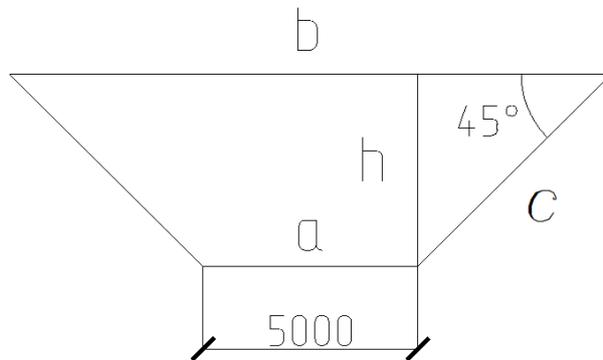
Исходные данные

Вода отводится по открытому каналу, состоящему из двух участков.
 Построить схему канала с указанием всех характеристик канала
 (вычислить глубины, построить линию свободной поверхности).
 Расход: 700 л/с.
 Сечение канала: равнобедренная трапеция ($< 45^\circ$), ширина по дну 50 см.

Материал русла: дерево (деревянный канал из нестроганных досок).
 Уклон дна (в % от критического):
 - первый участок – 500;
 - второй участок – 40.

Рис.1. Эскиз разреза призматического канала.

a – ширина по дну, b – ширина по верху, c – длина ребра канала, h – высота канала.



1. Критическое состояние потока.

1.1. Определяем критическую глубину $h_{\text{крит}}$.

h	$a=0,5+2h$	$w=0,5*(0,5+a)*h$	w^3/a	$\Xi=h+0,027/w^2$
0,3	1,1	0,240	0,013	0,769
0,32	1,14	0,262	0,016	0,712
0,34	1,18	0,286	0,020	0,671
0,4	1,3	0,360	0,036	0,608
0,42	1,34	0,386	0,043	0,601
0,449	1,398	0,426	0,055	0,598
0,5	1,5	0,500	0,0833	0,608
0,6	1,7	0,660	0,1691	0,662

а) По графику удельной энергии.

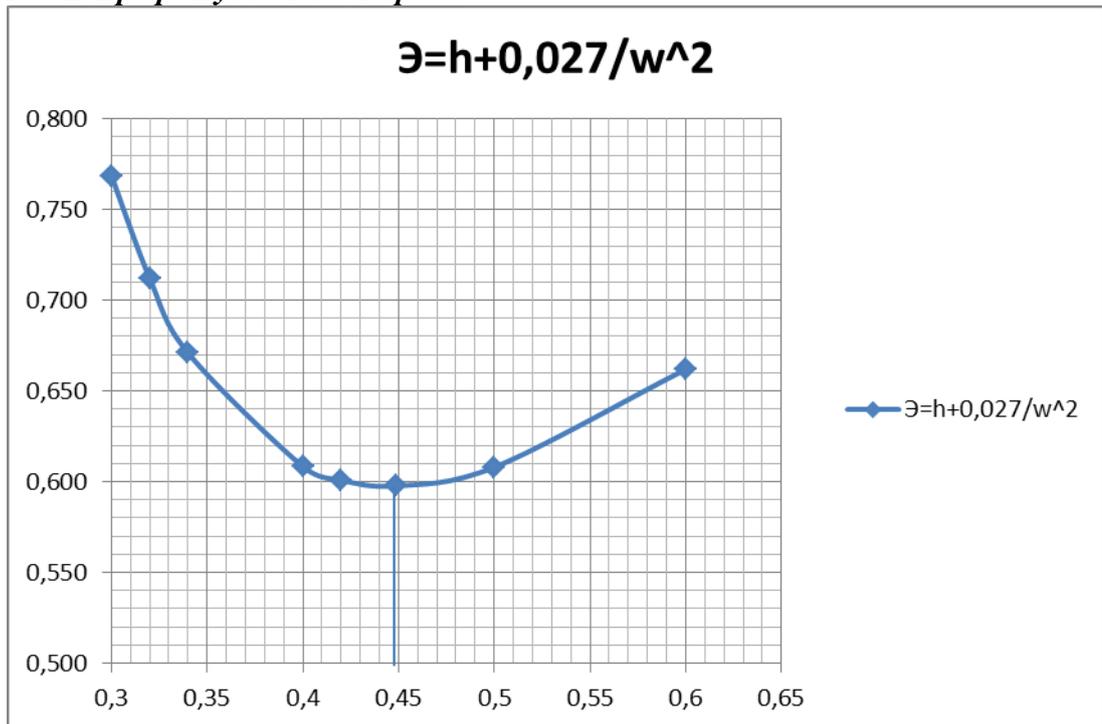
Задача сводится к определению минимальной энергии. Энергия потока:

$$\mathcal{E} = h + \frac{\alpha v^2}{2g} = h + \frac{2Q^2}{2gw^2},$$

где α – коэффициент Кориолиса, учитывающий разницу между скоростями струек в трубе, $\alpha \approx 1,1$;

v – средняя скорость потока.

Рис.2. График удельной энергии



б) По параметрам кинетичности.

При критическом состоянии потока $\Pi_k = 1$.

$$\frac{\alpha Q^2}{g} \cdot \frac{B}{w^3} = 1,$$

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{B}{w^3}.$$

Рис.3. Определение критической глубины по параметру кинетичности

$$C_{кр} = \frac{1}{0,013} 0,24^{0,17} = 60,4.$$

$$i_{кр} = \frac{0,7^2}{0,43^2 \cdot 60,4^2 \cdot 0,24} = 0,003 = 3\text{‰}.$$

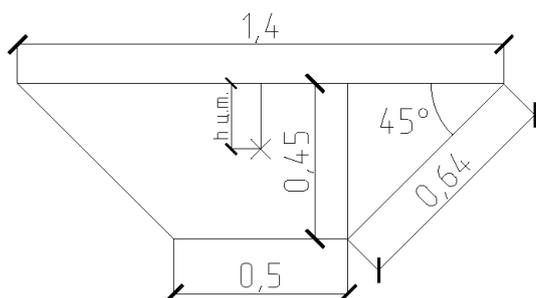
2. Определение уклонов dna участков

$$i_1 = 5 \cdot i_{кр} = 5 \cdot 3 = 15\text{‰}$$

$$i_2 = 0,4 \cdot i_{кр} = 0,4 \cdot 3 = 1,2\text{‰}$$

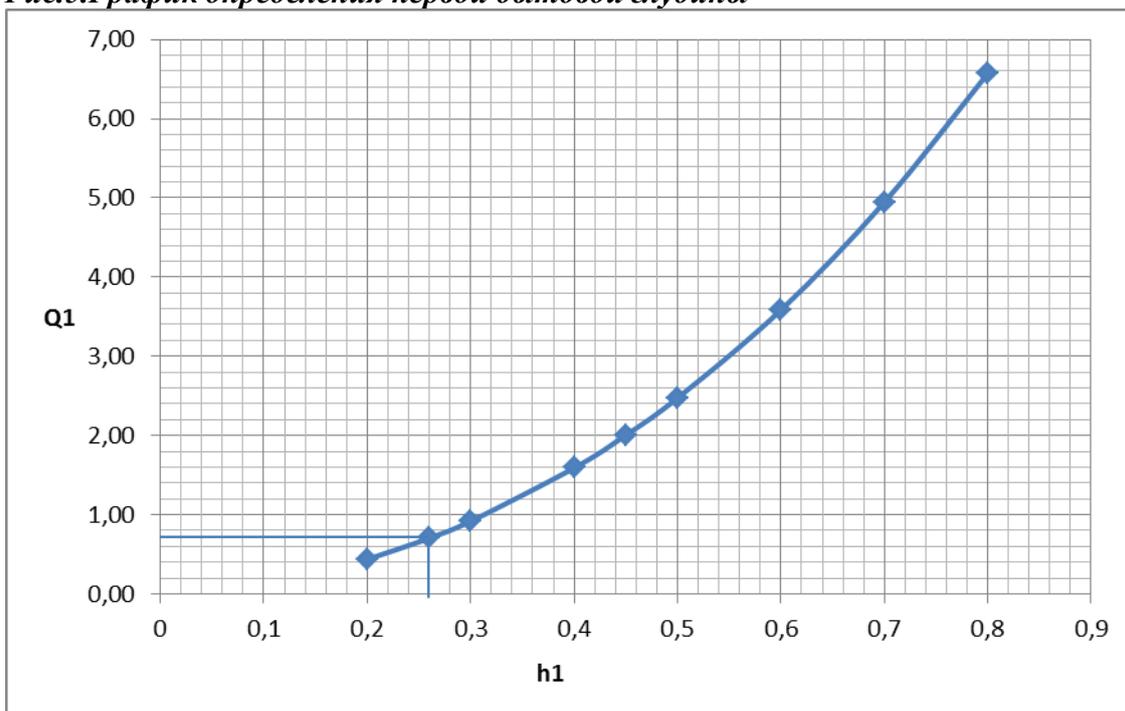
3. Определение бытовых глубин

Рис.4. Эскиз разреза призматического канала с уже определёнными параметрами при критической глубине.



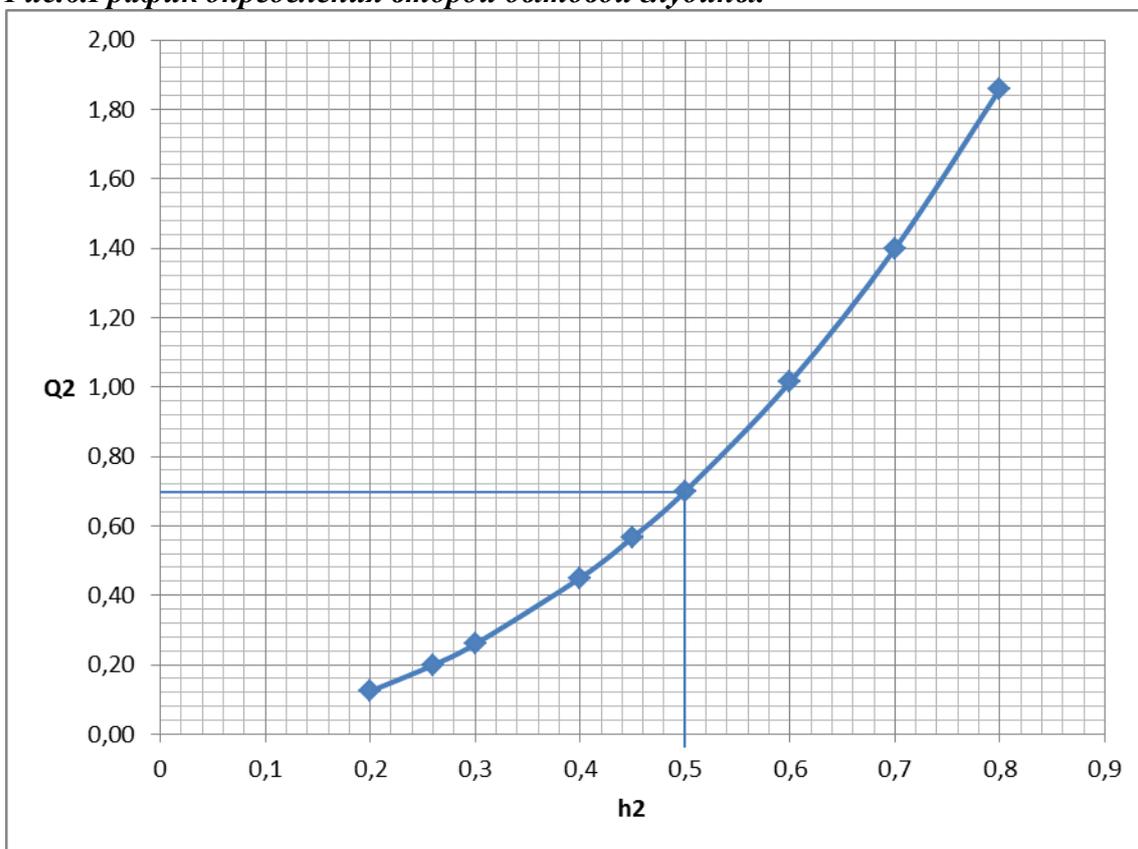
h	b	w	c	x	R	C	Q1	Q2
0,2	0,9	0,14	0,283	1,066	0,131	54,48	0,44	0,12
0,26	1,02	0,1976	0,368	1,235	0,160	56,33	0,70	0,20
0,3	1,1	0,24	0,424	1,349	0,178	57,36	0,92	0,26
0,4	1,3	0,36	0,566	1,631	0,221	59,50	1,59	0,45
0,45	1,4	0,43	0,636	1,773	0,241	60,40	2,00	0,57
0,5	1,5	0,5	0,707	1,914	0,261	61,23	2,47	0,70
0,6	1,7	0,66	0,849	2,197	0,300	62,70	3,59	1,01
0,7	1,9	0,84	0,990	2,480	0,339	63,99	4,95	1,40
0,8	2,1	1,04	1,131	2,763	0,376	65,15	6,57	1,86

Рис.5.График определения первой бытовой глубины



Как видно, первая бытовая глубина $h_1 = 0,26$ м.

Рис.6.График определения второй бытовой глубины.



Как видно, вторая бытовая глубина $h_2 = 0,5$ м.

4. Построение графика прыжковой функции.

1) Определяем прыжковую функцию.

$$\Pi(h) = \frac{\alpha_B \cdot Q^2}{g \cdot w} \cdot h_{ц.т.} \cdot w,$$

где α_B - коэффициент Буссинеска, $\alpha_B = 1,03$;

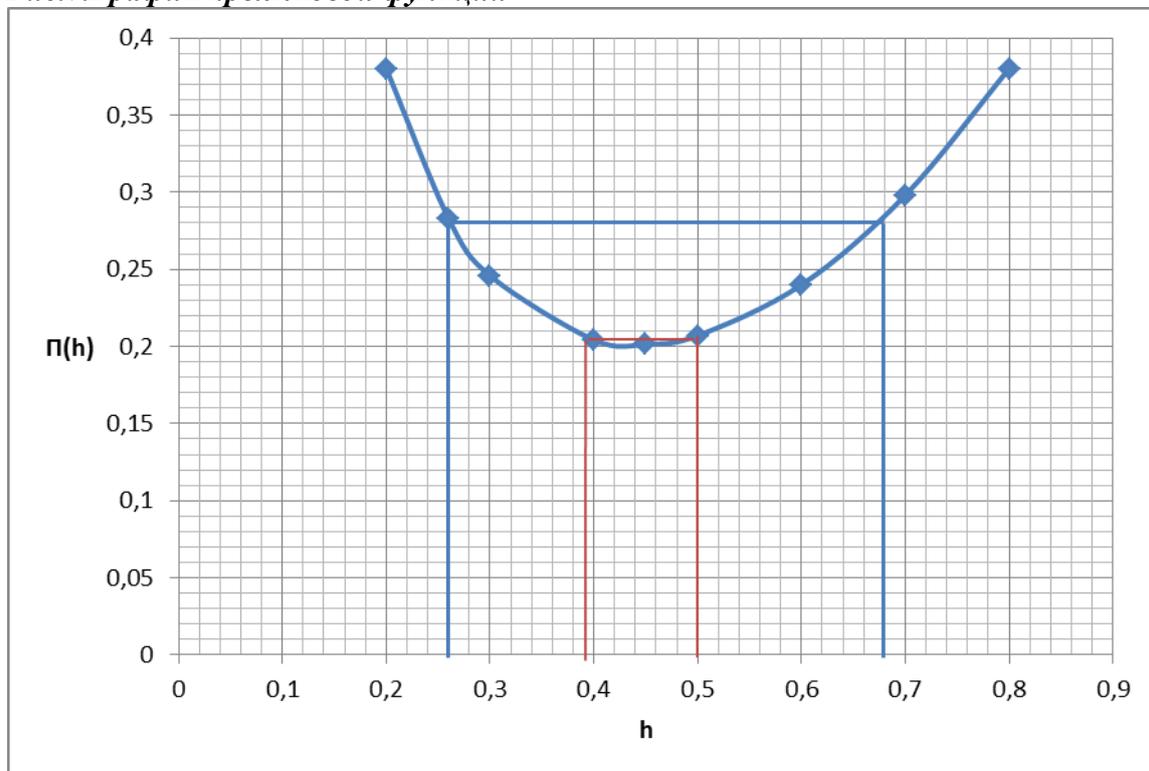
$h_{ц.т.}$ - глубина погружения центра тяжести трапеции,

$$h_{ц.т.}^{кр} = h - \left(\frac{h}{3} \cdot \frac{2a+b}{a+b} \right) = 0,45 - \left(\frac{0,45}{3} \cdot \frac{2 \cdot 1,4 + 0,5}{1,4 + 0,5} \right) = 0,19 \text{ м.}$$

2) Построение графика прыжковой функции.

h	b	w	h ц.т.	$\Pi(h)$
0,2	0,9	0,14	0,090476	0,380149
0,26	1,02	0,1976	0,115175	0,283121
0,3	1,1	0,24	0,13125	0,245865
0,4	1,3	0,36	0,17037	0,204243
0,45	1,4	0,43	0,189474	0,201345
0,5	1,5	0,5	0,208333	0,207062
0,6	1,7	0,66	0,245455	0,239951
0,7	1,9	0,84	0,281944	0,29808
0,8	2,1	1,04	0,317949	0,380135

Рис.7.График прыжковой функции



По графику определяем сопряжённые глубины.
 Допустим, $h' = h_1$, тогда по графику видно, что $h'' = 0,68$ м.
 $h'' > h_2$, следовательно, прыжок отогнанный. Тогда при $h'' = h_2$,
 $h_1 = 0,39$ м.

3) Высота прыжка составит:
 $a = h'' - h' = 0,68 - 0,39 = 0,29$ м.

4) Длина прыжка:
 $l_{\text{пр}} = 2,5(1,9h'' - h') = 2,26$ м.

5. Построение кривой подпора.

Используем приближённый метод Чарновского.

h	b	w	c	x	R	C	i св.пов	Э	I св.пов	l
0,26	1,02	0,1976	0,368	1,235	0,160	56,33	0,024727	1,539243	-	-
0,29	1,08	0,2291	0,410	1,320	0,174	57,11	0,016492	1,241649	0,004117	0,251451
0,33	1,16	0,2739	0,467	1,433	0,191	58,06	0,01014	0,995799	0,003176	0,206621
0,36	1,22	0,31	0,509	1,518	0,204	58,70	0,007274	0,881105	0,001433	0,096161
0,39	1,28	0,3471	0,552	1,603	0,217	59,30	0,005341	0,804589	0,000967	0,064048

6. На втором участке установили водослив практического профиля.

Ход расчета:

1) $Q = b \cdot m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H^3}$, где H - напор

2) Находим H

3) $0,67 < \frac{\delta}{H} < 2$

Расчет:

1) $Q = b \cdot m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H^3}$

$b = 1$

$m = 0.45$

2) $H = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{m^2 b^2 \cdot 2 \cdot g}} = \sqrt[3]{\frac{1.5^2}{0.45^2 \cdot 1^2 \cdot 2 \cdot 9.8}} = 0.828$

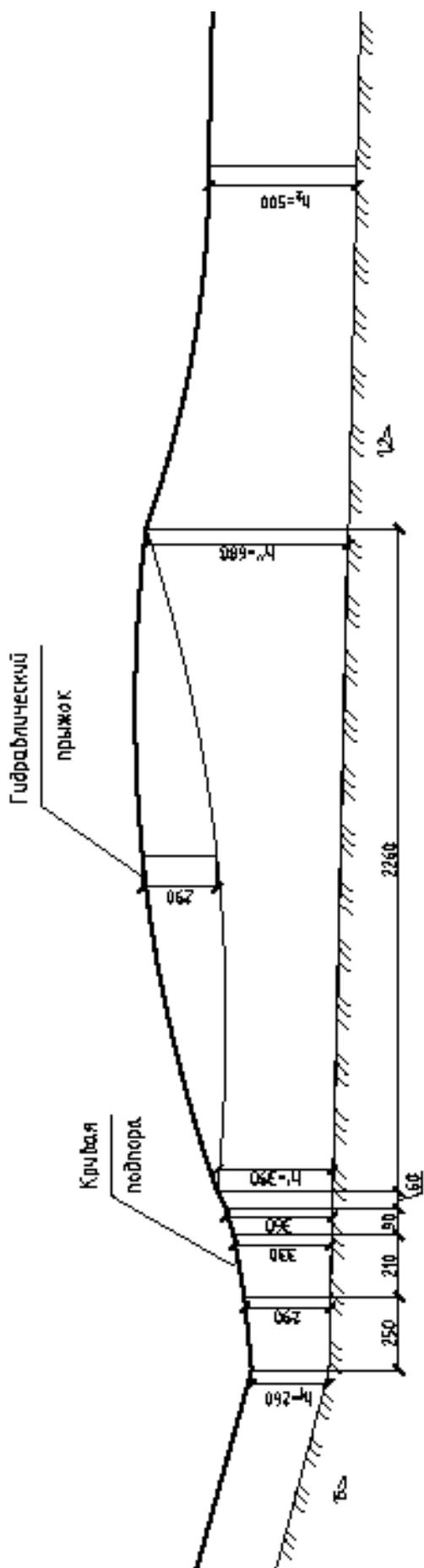
3) $0,67 < \frac{\delta}{H} < 2$

$\delta = H \cdot 2 = 0.828 \cdot 2 = 1.656$

$\delta = H \cdot 0.67 = 0.828 \cdot 0.67 = 0.555$

Вывод: значит $0,555 < \delta < 1,656$

Рис.8. Гидравлический прыжок.



					КР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11