

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ НА ПРИМЕРЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСРЕДНЕННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА КРЕПЛЕНИЕ ДНА ЗА ВОДОСБРОСНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

В.М. Иванов

Введение

Преподавание предметов «Гидротехническое строительство» и «Гидроэнергетические установки» являются обязательным на старших курсах для студентов специальности «Водоснабжение и Водоотведение» и всех энергетических специальностей. В связи с тем, что студенты выше перечисленных специальностей к этому моменту изучили такие предметы как «Черчение», «Математика», «Физика», «Гидравлика» и «Информатика» появляется возможность преподавания дисциплин «Гидротехническое строительство» и «Гидроэнергетические установки» на более высоком уровне с использованием электронно-вычислительных машин, которые находятся в специализированной компьютерной аудитории кафедры «Теплотехники, Гидравлики, Водоснабжения и Водоотведения» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Для этого разработана следующая схема обучения студентов:

1. Каждому студенту в группе выдается персональное задание по реальным объектам ГТС строительство которых планируются «Алтайэнерго» и «Алтайэнергопроектом» на территории Алтайского края на реках Ануи, Чарыш и Песчаная.

2. Полученное задание вводится студентом в компьютерную базу данных в виде растровых и текстовых файлов.

3. Компонировка и проработка всех сооружений: гидроузел, земляная и водосливная плотина, водосбросное сооружение, здания ГЭС с подводными водоводами и отводящим каналом - осуществляется в «AutoCAD 2002» или «Zulu 5.2» поверх исходного раstra.

4. Студентом составляется расчетная математическая модель и схема различных вариантов водосбросных сооружений с водобоем, водобойной плитой, водобойным колдцем и водобойной стенкой.

5. Один из вариантов расчета, в качестве примера для сравнения, производится

«вручную», т.е. без применения вычислительной техники.

6. В зависимости от сложности математической модели и степени подготовки студента, ими производится написание программы на одном из языков программирования (Паскаль, Си, Ассемблер), в MathCAD или с использованием табличного процессора Microsoft Excel.

7. Результаты расчета на ПК ЭВМ сравниваются с ручным счетом и корректируются, после чего просчитываются дополнительные варианты и из них выбираются оптимальные по экономическим и конструктивным соображениям;

8. Результаты расчета оформляется в виде курсовой работы (курсового проекта) с приложением чертежей в «AutoCAD 2002» или «Zulu 5.2» и пояснительной записки оформленной в Microsoft Word, содержащей выводы и рекомендации для практического использования и внедрения.

Защита курсовой работы (курсового проекта) производится перед комиссией, состоящей из членов кафедры, проектировщиков и производственников. Лучшие работы рекомендуются для дальнейшей проработки на дипломном проектировании и участия в различных конкурсах. Так, например, дипломные проекты кафедры «Теплотехники, Гидравлики, Водоснабжения и Водоотведения» на региональном конкурсе НГАСУ в г. Новосибирске, стабильно занимают на протяжении четырех лет вторые и третьи места.

Приведем пример обучения студентов по методике преподавания курса «Гидротехническое строительство» и «Гидроэнергетические установки» с использованием ПК ЭВМ на примере Красногородского гидроузла на реке Песчаная (рис.1). Данная работа осуществлялась группой студентов специальности «Водоснабжение и Водоотведение» под руководством заведующего кафедрой «Теплотехники, Гидравлики, Водоснабжения и Водоотведения» В.М. Иванова.

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ НА ПРИМЕРЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСРЕДНЕННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА КРЕПЛЕНИЕ ДНА ЗА ВОДОСБРОСНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

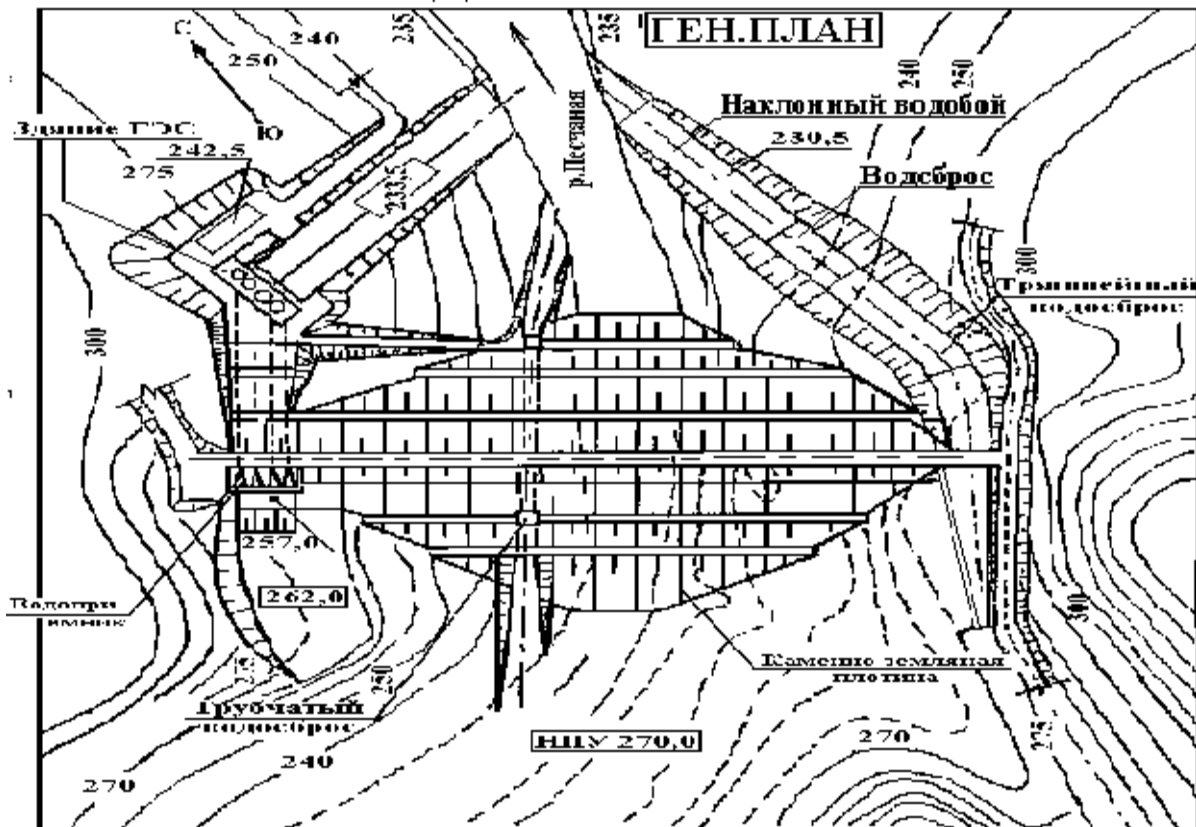


Рис.1. Генплан Красногородской ГЭС на реке Песчаная

Перед студентами была поставлена задача разработки новой конструкции наклонного водобоя и программного обеспечения для него с целью использования их для гашения энергии потока в нижнем бьефе за водосбросными сооружениями. Водобой с обратным уклоном может быть перспективным по сравнению с другими типами гасителей, так как в этом случае его реактивное воздействие на поток распределено по всей поверхности водобоя.

В существующей литературе этот вопрос решен недостаточно полно, поэтому студенты были ознакомлены с некоторыми теоретическими выкладками, необходимыми для определения основных параметров водобоя указанной конструкции.

Теоретическое обоснование расчета

Расчетная схема представлена студентом на рис.2. На ней видно, что поток после водосброса достигает начала наклонного водобоя полностью растекшийся на ширину быков водобоя.

Для решения поставленной задачи надо записать уравнение изменения количества

движения в проекциях на горизонтальную плоскость для отсека жидкости находящейся между сечениями 1-1 и 2-2. Сечение 1-1 совпадает с началом водобоя, а сечение 2-2 расположено в конце. Студентами было принято, что скорости u_1 в сечении 1-1 и u_2 в сечении 2-2 распределены равномерно, а давление в этих сечениях распределяется по гидростатическому закону. Они обозначили глубину потока в первом сечении h_1 , во втором - h_2 , разность отметок между началом и концом водобоя - высотой подъема d .

Корректив количества движения был принят $\alpha_1 \approx 1,0$, а в сечении 2-2 $\alpha \approx \alpha_2^b \cdot \alpha_2^r$, где для подобных схем $\alpha_2^b \approx 1,56$ - корректив количества движения, учитывающий неравномерное распределение скорости по глубине потока, α_2^r - по ширине потока.

Для ориентировочных расчетов студенты взяли $\alpha_2^b = \alpha_2^r = 1,56$, тогда $\alpha_2 \approx 2,43$.

Для учета расширения наклонного водобоя ввели коэффициент относительного расширения $\beta_2 = V_2/V_1$. Это привело к тому, что в сравнении с условиями плоской задачи во втором сечении скорость уменьшится в β_2

раз, результирующая гидростатического давления в сечении 2-2 на отсек жидкости между сечениями 1-1 и 2-2 возрастет в β_2 раз, а также появится реакция дополнительного участка расширяющейся части водобоя и реакция,

ограничивающая его сопрягающего устоя. С учетом вышеизложенного и в соответствии с введенными обозначениями, а также схемой на рис. 2 записали уравнение количества движения

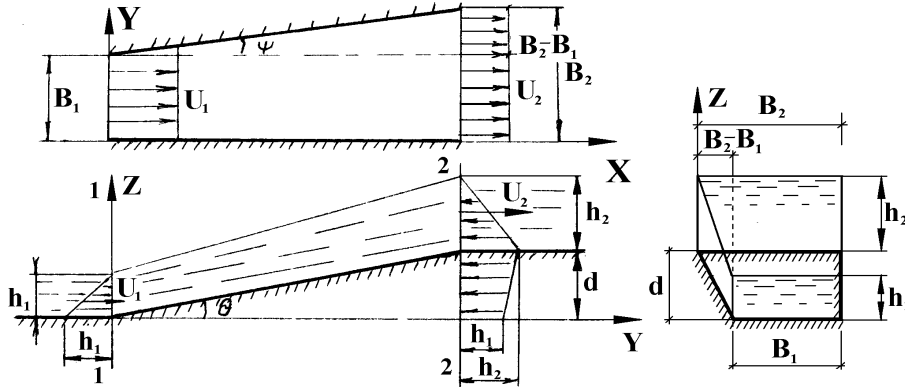


Рис. 2. Расчетная схема переменного по ширине наклонного водобоя

$$\frac{v_1^2 h_1}{g} + \frac{h_1^2}{2} = \frac{\alpha_2 \cdot h_2 \cdot v_2^2}{g \cdot \beta_2} + \beta_2 \cdot \frac{h_2^2}{2} + d \cdot \left(\frac{h_2 + h_1}{2} \right) + d \cdot \left(\frac{h_2 + h_1}{2} \right); \quad (1)$$

$$\left(\frac{\beta_2 - 1}{2} \right) - \left(\frac{h_2^2 + h_1^2}{2} \right) \cdot \left(\frac{\beta_2 - 1}{2} \right);$$

Из уравнения неразрывности следует, что

$$v_2^2 = \frac{v_1^2 h_1^2}{\beta_2^2 h_2^2}; \quad (2)$$

Подставили выражение (2) в уравнение (1) и разделили его на h_1^2

$$\frac{v_1^2 h_1}{g h_1^2} + \frac{h_1^2}{2 h_1^2} = \alpha_2 \cdot \frac{v_1^2 \cdot h_1^2 \cdot h_2 \cdot \beta_2 \cdot h_1}{h_1^2 \cdot \beta_2^2 \cdot h_2^2 \cdot h_1 \cdot g} + \beta_2 \cdot \frac{h_2^2}{2 h_1^2} + \frac{d}{h_1} \cdot \left(\left(\frac{h_2 + h_1}{2 \cdot h_1} \right) \cdot \left(1 + \frac{\beta_2 - 1}{2} \right) \right) - \left(\frac{h_2^2 + h_1^2}{4 \cdot h_1^2} \right) \cdot \left(\frac{\beta_2 - 1}{2} \right); \quad (3)$$

Ввели обозначение:

$$\eta_2 = \frac{h_2}{h_1}; \quad \eta_d = \frac{d}{h_1}; \quad Fr_1 = \frac{v_1^2}{g h_1}, \text{ получили}$$

$$Fr_1 + \frac{1}{2} = \alpha_2 \cdot \frac{Fr_1}{\beta_2^4 \cdot \eta_2} + \frac{\beta_2}{2} \cdot \eta_2^2 + \frac{1}{4} \cdot \eta_d \cdot (\eta_2 + 1) \cdot (1 + \beta_2) - \frac{1}{8} (\eta_2^2 + 1) \cdot (\beta_2 - 1);$$

Умножили полученное уравнение на $8 \cdot \beta_2^4 \cdot \eta_2$

$$- 8 \beta_2^4 \cdot Fr_1 \cdot \eta_2 - 4 \beta_2^4 \cdot \eta_2 + 8 \cdot \alpha_2 \cdot Fr_1 + 4 \beta_2^5 \eta_2^3 + 2 \beta_2^4 \cdot \eta_d \cdot \eta_2 \cdot (\eta_2 + 1) \cdot (1 + \beta_2) - \beta_2^4 \cdot \eta_2 (1 + \eta_2^2) \cdot (\beta_2 - 1) = 0;$$

Раскрыли скобки и сгруппировали члены уравнения при различных степенях η_2 , в итоге получили кубическое уравнение вида:

$$\eta_2^3 \cdot (3 \beta_2^5 - \beta_2^4) + \eta_2^2 (2 \beta_2^4 \cdot \eta_d + 2 \beta_2^4 \cdot \eta_d) + \eta_2 (-8 \beta_2^4 \cdot Fr_1 - 3 \beta_2^4 + 2 \beta_2^4 \cdot \eta_d + 2 \beta_2^5 \eta_d - \beta_2^5) + 6 \alpha_2 Fr_1 = 0; \quad (4)$$

Разделили все члены уравнения (4) на β_2^4 и привели его к каноническому виду разделив все на коэффициент при η_2^3 , равный $3(\beta_2 + 1)$, получили

$$\eta_2^3 + \eta_2^2 \cdot \frac{2 \eta_d \cdot (1 + \beta_2)}{3 \beta_2 + 1} + \eta_2 \cdot \frac{-8 Fr_1 - 3 + 2 \eta_d (1 + \beta_2) - \beta_2}{3 \beta_2 + 1} + \frac{8 \alpha_2 \cdot Fr_1}{\beta_2^4 (3 \beta_2 + 1)} = 0. \quad (5)$$

Полученное уравнение (5) относительно неизвестного η_2 решили как кубическое известными способами.

Тем самым нашли вторую сопряженную глубину и сравнили с имеющейся по кривой связи глубиной нижнего бьефа и определили достаточность затопления гидравлического прыжка.

Исходные данные

**МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ НА ПРИМЕРЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСРЕДНЕННЫХ
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА КРЕПЛЕНИЕ ДНА ЗА ВОДОСБРОСНЫМИ
СООРУЖЕНИЯМИ**

Исходные данные взяли из отчета "Красноярскгидропроекта" для Красногородского гидроузла на реке Песчаная притоке р. Оби. Известно, что суммарный, расход проходящий через сооружения равен $Q_{0,1\%} = 747 \text{ м}^3/\text{с}$. При этом, расход траншейного водосброса $Q_{\text{тр.в}}$ приблизительно равен $506 \text{ м}^3/\text{с}$. Ширина водобоя $b = 20 \text{ м}$, форсированно подпертый уровень верхнего бьефа ФПУ = $272,0 \text{ м}$, уровень нижнего бьефа равняется $239,0 \text{ м}$. Отметка конца быстротока равна отметке начала дна водобойного колодца ДВК = $227,0 \text{ м}$. Горизонтальная длина водобойного колодца 40 м , отметка дна нижнего бьефа ДНБ = $233,5 \text{ м}$ (см. рис.3 - 4).

1. Определили удельный расход на водобое

$$q = \frac{Q_{\text{мп.в.}}}{b} = \frac{506}{20} = 25,3 \text{ м}^3/\text{с};$$

2. Определили критическую глубину

$$h_{\text{кр.}} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{(25,3)^2}{9,81}} = 5,0 \text{ м};$$

3. Нашли величины, входящие в уравнение (5).

Определили сжатую глубину для начала наклонной части водобоя. Полная энергия относительно начала наклонной части водобоя равна:

$$T_0 = \text{ФПУ} - \text{ДВК} = 2720 - 2270 = 450 \text{ м};$$

$$\frac{T_0}{h_{\text{кр}}} = \frac{45,0}{4,0} = 11,25.$$

Студенты приняли коэффициент скорости равный $0,8$.

Нашли по рис.4 $\frac{h_c}{h_{\text{кр}}} = 0,28$, откуда

$$h_c = 0,28 \cdot h_{\text{кр}};$$

$$h_c = 0,28 \cdot 4,0 = 1,12 \text{ м}.$$

Решение уравнения гидравлического прыжка на наклонном водобое

Определили u_2 тем самым мы сможем определить h_2 и сравним с располагаемой глубиной нижнего бьефа по кривой связи.

Произвели оценку достаточности степени затопления донного гидравлического прыжка.

Для решения уравнения (5) с учетом результатов п.2 приняли:

$$h_1 = 1,12 \text{ м}; \quad d_1 = 6,5 \text{ м};$$

$$u_1 = \frac{q}{h_c} = \frac{25,3}{1,12} = 22,59 \text{ м/с};$$

$$Fr_1 = \frac{u_1^2}{g \cdot h_1} = \frac{(22,59)^2}{9,81 \cdot 1,12} = 46,44;$$

$$h_c = h_1; \quad \eta_d = \frac{d}{h_1} = \frac{6,5}{1,12} = 5,8;$$

$$\beta_2 = \frac{B_2}{B_1} = \frac{28}{20} = 1,4; \quad \alpha_2 = 2,43;$$

$$i = \frac{d}{l} = \frac{6,5}{40} = 0,16.$$

Для решения уравнения (5) ввели обозначения в соответствии с п.2.

$$r = \frac{2\eta_d \cdot (1 + \beta_2)}{3\beta_2 + 1};$$

$$S = \frac{-8Fr_1 - 3 + 2\eta_d(1 + \beta_2) - \beta_2}{3\beta_2 + 1};$$

$$t = \frac{8\alpha_2 \cdot Fr_1}{\beta_2^4(3\beta_2 + 1)};$$

$$\text{уравнение } \eta_2^3 + r\eta_2^2 + \eta_2 S + t = 0;$$

Вычислили значения r , S и t :

$$r = \frac{2 \cdot 5,8(1 + 1,4)}{3 \cdot 1,4 + 1} = 5,35;$$

$$S = \frac{-8 \cdot 46,44 - 3 + 2 \cdot 5,8 \cdot (1 + 1,4) - 1,4}{3 \cdot 1,4 + 1} = -77,27;$$

$$t = \frac{8 \cdot 2,43 \cdot 46,44}{(1,4)^4 \cdot (3 \cdot 1,4 + 1)} = 45,19;$$

Сделав в уравнении (5) замену неизвестного, $y = \eta_2 + \frac{r}{3}; \left(\eta_2 = y - \frac{r}{3} \right)$

получили так называемое приведенное уравнение

$$y^3 + py + q = 0,$$

$$\text{где } p = \frac{3S - r^2}{3}, q = \frac{r^3}{27} - \frac{r \cdot S}{3} + t.$$

Разрез по оси траншейного водосбора

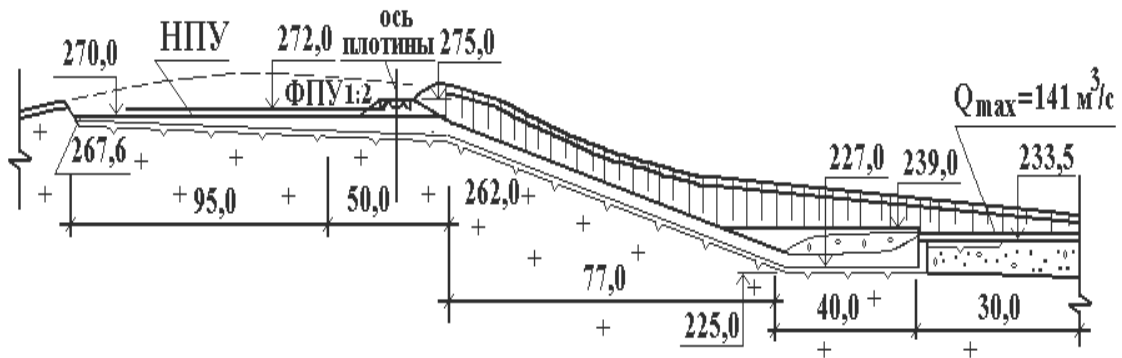


Рис.3.Красногородский гидроузел на реке Песчаная, приток Оби (старый вариант)

ФПУ = 272,0 $T_0 = 45,0$ $t = d + h_{НБ}$
 НПУ = 270,0 $Z = 33,0$ $i = 6,5/40 = 0,16$
 $h_{кр} = 4,0$ $t = 12,0$ $h_2 = 4,5$

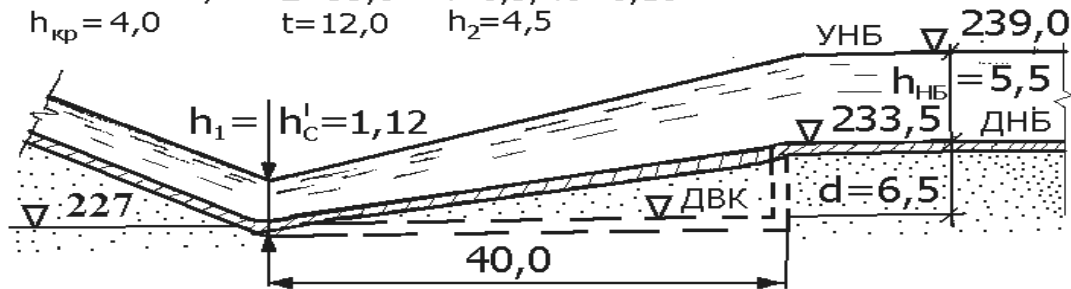


Рис.4. Красногородский гидроузел на реке Песчаная (водобойный колодец, новый вариант)

Вычислили значения p и q :

$$p = \frac{3 \cdot (-77,27) - 5,35^2}{3} = -86,81$$

$$q = \frac{5,35^3}{27} - \frac{5,35 \cdot (-77,27)}{3} + 45,19 = 188,65$$

Число действительных решений кубического уравнения зависит от знака дискриминанта

$$D = \left(\frac{p}{3}\right)^3 - \left(\frac{q}{2}\right)^2 = \left(\frac{-86,81}{3}\right)^3 + \left(\frac{188,65}{2}\right)^2 = -1532,$$

таким образом $D < 0$, это означает, что уравнение имеет три действительных корня.

Вычислили значение R по формуле

$$R = \pm \sqrt{\frac{|p|}{3}}, \text{ причем знак } R \text{ должен совпадать}$$

со знаком q ;

$$\cos \varphi = \frac{q}{2R^3}$$

Тогда решениями приведенного уравнения $y^3 + py + q = 0$ будут:

$$y_1 = -2 \cdot R \cdot \cos \left(\frac{\varphi}{3} \right)$$

$$y_2 = -2 \cdot R \cdot \cos \left(\frac{\varphi}{3} + \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$y_3 = -2 \cdot R \cdot \cos \left(\frac{\varphi}{3} + \frac{4\pi}{3} \right)$$

от которых заменой $\eta_2 = y_k - \left(\frac{r}{3}\right)$ снова перешли к решениям заданного кубического уравнения:

$$\eta_2^3 + \eta_2^2 r + \eta_2 S + t = 0$$

$$R = 5,37$$

$$\cos \varphi = \frac{188,65}{2 \cdot (5,37)^3} = 0,609$$

$$\varphi = \arccos(0,609) = 52$$

$$y_1 = -2 \cdot 5,37 \cdot \cos \left(\frac{52}{3} \right) = -10,2$$

$$y_2 = 2 \cdot 5,37 \cdot \cos \left(\frac{52}{3} + 120 \right) = 5,9$$

$$y_3 = 2 \cdot 5,37 \cdot \cos \left(\frac{52}{3} + 240 \right) = 6,65$$

$$(\eta_2)_1 = y_1 - \frac{r}{3} = -10,2 - \frac{5,85}{3} = -11,98$$

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ НА ПРИМЕРЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСРЕДНЕННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА КРЕПЛЕНИЕ ДНА ЗА ВОДОСБРОСНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

$$(\eta_2)_2 = y_2 - \frac{r}{3} = 5,9 - \frac{5,85}{3} = 4,12$$

$$(\eta_2)_3 = y_3 - \frac{r}{3} = 6,65 - \frac{5,85}{3} = 4,87$$

Определили глубину h_2 :

$$(h_2)_1 = (\eta_2)_1 \cdot h_1 = 1,12 \cdot (-11,98) = -13,41 \text{ м}$$

$$(h_2)_2 = (\eta_2)_2 \cdot h_1 = 1,12 \cdot 4,12 = 4,61 \text{ м}$$

$$(h_2)_3 = (\eta_2)_3 \cdot h_1 = 1,12 \cdot 4,87 = 5,45 \text{ м}$$

Корень $(h_2)_1$ не имеет физического смысла, так как глубина не может быть отрицательной.

$$(h_2)_3 = 5,45 \text{ м} < h_{кр} = 5,0 \text{ м}.$$

Это указывает на то, что глубина $(h_2)_3$ соответствует бурному режиму течения жид-

кости при отогнанном гидравлическом прыжке.

Глубина нижнего бьефа равна:

$$\text{УНБ}-\text{ДНБ} = 239,0 - 235,5 = 5,5 \text{ м} > (h_2)_2 = 4,61 \text{ м}.$$

Студенты сделали заключение, что будет наблюдаться устойчивый донный гидравлический прыжок в критической форме. Дно нижнего бьефа может быть значительно выше, если в расчетах учесть перепад восстановления в конце наклонного водобоя. Размывы дна за водобоем в нижнем бьефе будут значительно меньше, так как он в 1,4 раза в конце шире, а, следовательно, средние скорости будут меньше, и струя при сходе с него отклоняется от дна.

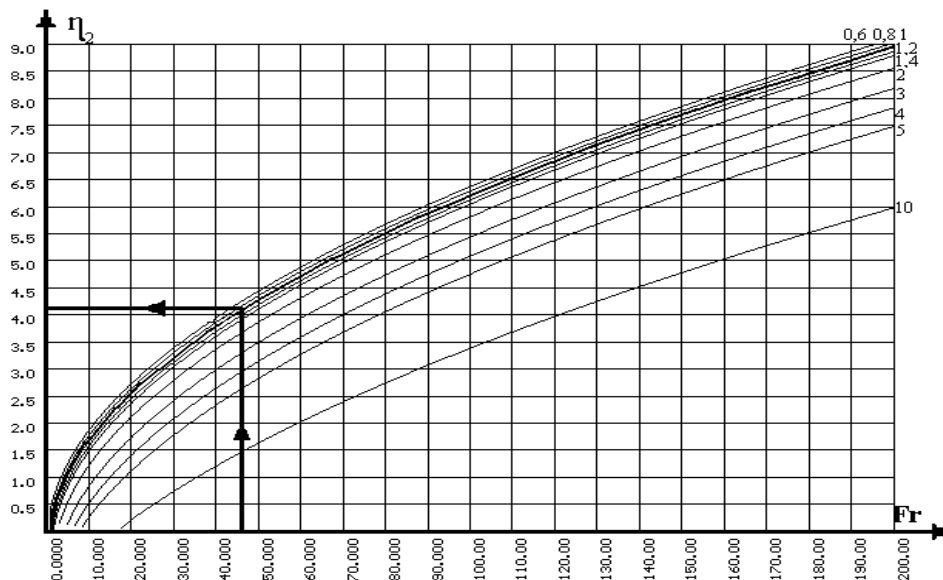


Рис. 5. График зависимости относительной второй сопряженной глубины гидравлического прыжка от числа Фруда в сжатом сечении и относительного расширения горизонтального водобоя в прямоугольном русле при дне с обратным уклоном ($d=5,8$ м)

1. Студентами создана математическая модель наклонного расширяющегося водобоя;

2. Достоверность математической модели была ими подтверждена сравнением полученных результатов с результатами других авторов (рис.9), которое показало минимальное расхождение в пределах точности расчета;

3. Сравнение вариантов показало, что минимальная относительная вторая сопряженная глубина получена 3,87, при числе Фруда равном 46, относительном расширении 1,4 и при относительной высоте наклонного водобоя 5,8 (вариант 1)(рис.5);

4. При горизонтальном дне (рис.8) относительная вторая сопряженная глубина даже

при относительном расширении 1,4 равна 8,7 и является самой большой (вариант 2);

5. При наклонном водобое (рис 6,7) без расширения при его относительной высоте равной 5(глубина водобойного колодца взята из старого варианта) относительная вторая сопряженная глубина равна 6,4 (вариант 3);

6. Из выше приведенных вариантов был выбран вариант 1, так как в этом случае вторая относительная сопряженная глубина минимальна и обеспечивает наименьшую толщину бетонного крепления наклонного водобоя;

7. Студентами была так же разработана программа на языке С++ «Наклонный водобой» по расчету большого количества параметров наклонного водобоя.

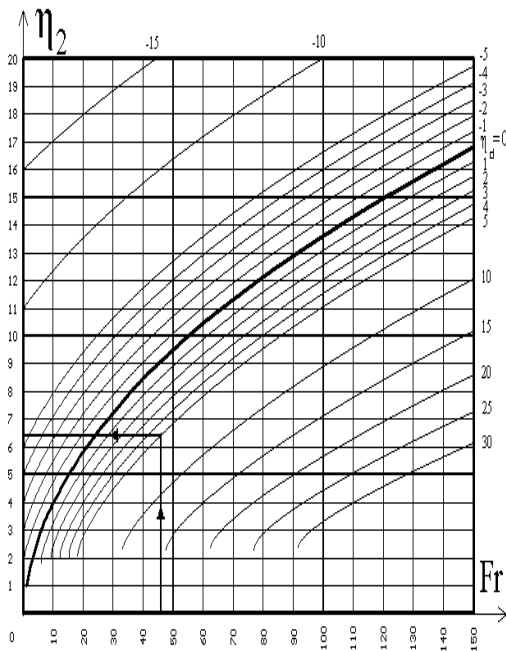


Рис. 6. График зависимости относительной второй сопряженной глубины гидравлического прыжка от числа Фруда в сжатом сечении и относительной высоты наклонного водобоя в прямоугольном русле постоянной ширины ($\beta=0$)

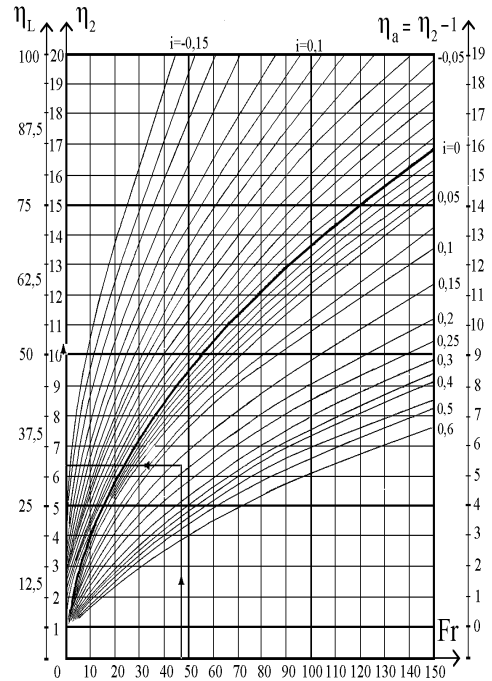


Рис. 7. График зависимости относительной второй сопряженной глубины гидравлического прыжка от числа Фруда в сжатом сечении и прямого и обратного наклона водобоя в прямоугольном русле постоянной ширины ($\beta=0$)

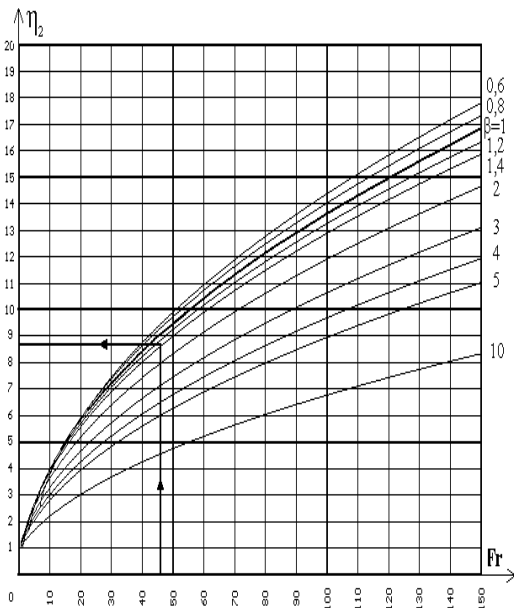


Рис. 8. График зависимости относительной второй сопряженной глубины гидравлического прыжка от числа Фруда в сжатом сечении и относительного расширения горизонтального водобоя в прямоугольном русле при горизонтальном дне ($d=0$)

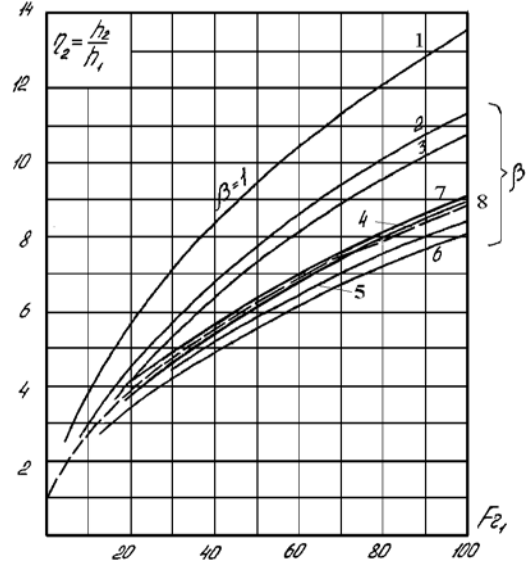


Рис. 9. Графики зависимости относительной второй сопряженной глубины гидравлического прыжка от числа Фруда в сжатом сечении и относительного расширения горизонтального водобоя в прямоугольном русле ($d=0$). Сопоставление данных различных авторов: 1) Условия плоской задачи; 2) Д.И.Кумин; 3) И.И.Лев; 4) М.З.Абрамов, М.Д.Чертоусов; 5) Ф.Г.Гуныко; 6) М.А.Михалев; 7) С.А.Кузьмин; 8) по методике автора

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ НА ПРИМЕРЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСРЕДНЕННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА КРЕПЛЕНИЕ ДНА ЗА ВОДОСБРОСНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Заключение

Выше приведенные результаты были получены с помощью программного обеспечения «AutoCAD 2002», «Zulu 5.2», а также персональных программ разработанных студентами в специализированной компьютерной аудитории кафедры «Теплотехники, Гидравлики, Водоснабжения и Водоотведения» («Водобой», «Наклонный водобой», «Расширяющейся наклонный водобой»).

С помощью разработанного программного комплекса удалось полностью реализовать педагогическую формулу обучения студентов «знание, умение, навыки». На первом этапе обучения студенты получили «знания» на лекциях по работе с математическими моделями, выше приведенными программным обеспечением и т.д. Затем, на втором этапе, проводились практические занятия, на которых теоретические знания применялись на практике в следующей последовательности:

- Заносились растровые файлы в базу данных компьютера, затем производилась создание векторного слоя в «Zulu 5.2» поверх растрового объекта.

- Создавалась математическая модель и схемы различных вариантов водосбросных сооружений с водобоем, водобойной плитой, водобойным колодцем и водобойной стенкой, созданных в «AutoCAD 2002».

- Производился расчет параметров наклонного водобоя при различных условиях в специализированных программах кафедры «ТГиВВ» «Водобой» и «Наклонный водобой», «Расширяющейся наклонный водобой».

- После того, как были получены основные параметры наклонного водобоя, происходила их обработка в табличном процессоре Microsoft Excel и сравнение их с результатами, полученными «вручную», т.е. без применения вычислительной техники.

- При расхождении результатов, полученных с помощью программного обеспечения ЭВМ и «вручную», происходила их корректировка, чтобы свести эту разницу к минимуму.

На третьем этапе обучения студенты производили многократно повторяющиеся расчеты в той же последовательности, но при различных параметрах математической мо-

дели, с целью оптимальной конструкции наклонного водобоя.

В итоге студентами была предложена оптимальная конструкция наклонного водобоя, выгодная по экономическим показателям, а также крепкие и надежные знания по изучаемым курсам «Гидротехническое строительство» и «Гидроэнергетические установки».

Большую помощь в работе студентов в специализированном компьютерном классе кафедры «ТГиВВ» оказывал учебный мастер кафедры, ответственный за компьютерный класс студент 4 курса гр. ТМ-02 Блинов А.А.

В результате проделанной работы группой студентов под руководством В.М. Иванова были проработаны и представлены материалы по наклонному водобоя при различных параметрах на студенческую научную конференцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидравлические исследования водосливной плотины Нижне-Бурейского гидроузла. Отчет о НИР. Л.: - 1990 г.
2. Гидравлические исследования водосливной плотины Нижне-Бурейского гидроузла. Отчет о НИР. Л.: - 1991 г.
3. Гидравлические исследования в нижнем бьефе Нижне-Бурейского гидроузла. Отчет о НИР. Л.: - 1992 г. Гидравлические лабораторные исследования Нижне-Бурейского гидроузла. Отчет о НИР /ВНИИГ. - Л.: - 1981 г.
5. Исследования пропускных расходов через сооружения Нижне-Бурейской ГЭС. Отчет о НИР /ВНИИГ - Л.: - 1983 г.
6. Леви И.И., Моделирование гидравлических явлений. Л., Энергия, 1967.- 235 С.
7. Беляшевский Н.Н., Пивоваров И. Г., Калантыренко И.И. Расчеты нижнего бьефа за водосливными сооружениями на нескальных основаниях. - Киев: Наукова думка, 1973. - 192 С.
8. Справочник по гидравлическим расчетам. /Под ред. П.Г. Киселев. М.: Энергия. -1974 г.
9. Справочник по математике для научных работников и инженеров Т. Корн., Т. Корн., М.: Наука, 1984 г.- 832 с.
10. Р.Р. Чугаев. Гидравлика. Л.: Энергоиздат 1982 г., 673 с.
11. Михалев М.А. Гидравлический расчет потоков с водоворотом. Л.: Энергоиздат. -1971 г., 184 с.