

Таблица 3. Безразмерные координаты сопрягающего участка

при повороте на угол  $\alpha = 180^\circ$

|                 |       |       |       |       |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\frac{y}{l_1}$ | 0     | 0,05  | 0,10  | 0,15  | 0,20  |
| $\frac{x}{l_1}$ | 0     | 0,120 | 0,173 | 0,212 | 0,242 |
| 0,50            | 0,55  | 0,60  | 0,65  | 0,70  | 0,75  |
| 0,319           | 0,314 | 0,308 | 0,300 | 0,285 | 0,265 |

|       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,25  | 0,30  | 0,35  | 0,40  | 0,45  |
| 0,265 | 0,285 | 0,300 | 0,308 | 0,314 |
| 0,80  | 0,85  | 0,90  | 0,95  | 1,00  |
| 0,242 | 0,212 | 0,173 | 0,120 | 0     |

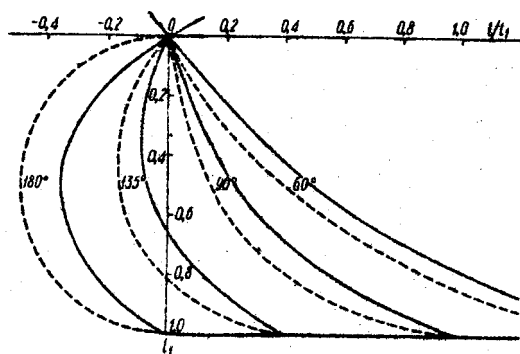


Рис. 2. Сопрягающие кривые при повороте потока на угол  $\alpha = 180^\circ, 135^\circ, 90^\circ, 60^\circ$  (сплошные линии — гидравлически оптимальное сопряжение, штриховые — сопряжение по дуге окружности).

связь необходимо установить экспериментальным путем), с помощью безразмерных координат (табл.1--3) строим очертание грани на участке поворота потока. Из рис.2 видно, что гидравлически оптимальное очертание существенно отличается от дуги окружности, например при  $\alpha = 180^\circ$  разница достигает 0,36 радиуса закругления.

### Л и т е р а т у р а

1. Орлов В.Т. Движение жидкости на быстротоке, состоящем из двух участков разного уклона. — "Изв. вузов. Энергетика", 1968, № 12.
2. Гуревич М.И. Теория струй идеальной жидкости. М., 1961.

**Г.Г. Богданов**

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ УРОВНЕЙ ВОДЫ В БЪЕФАХ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРОДОЛЬНО-ПОЙМЕННЫХ НАСЫПЕЙ

Важнейшей задачей развития водного хозяйства СССР является комплексное решение любой водохозяйственной проблемы. При решении этих проблем часто возникает необходимость проектирования плотин. Такого рода задачи практически возникали перед проектировщиками в связи с расчетами ГЭС Сибири и Дальнего Востока, а также в Белоруссии в связи с освоением пойменных земель для жилищного строительства, например в Гомеле [1].

Все это связано с пересечением поймы реки не только поперек ее, но и вдоль — продольно-пойменной дамбой или продольно-пойменной насыпью при вынужденном трассировании линии дороги долинным ходом в горных условиях.

Если такая дамба будет отсекать незначительную часть поймы с небольшим стоком с полевой стороны, то ее можно вы-

полнить в виде глухой продольной дамбы или фильтрующей насыпи. При наличии же постоянно действующего притока или большого периодически действующего лога приходится ставить в насыпи водопропускное сооружение — мост или трубу. В определенные периоды сооружение можно открывать или закрывать.

Автором даны расчеты горизонтов воды в бьефах и отверстий водопропускных сооружений для таких случаев и для случая глухой плотины [2].

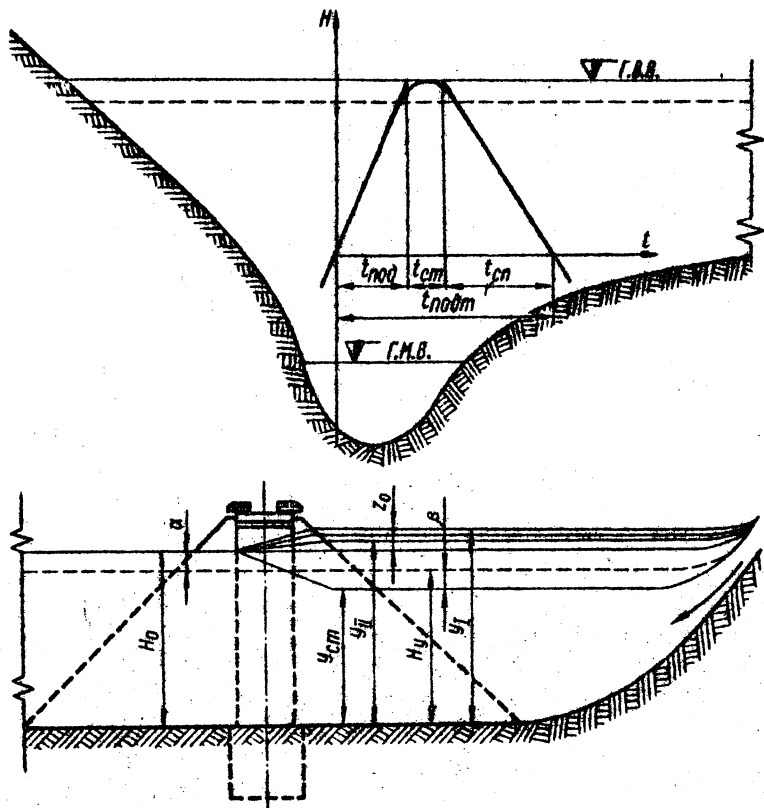


Рис. 1. Расчетная схема уровней воды.

Работа дамбы или продольно-пойменной насыпи значительно осложняется, если приток мощный и нет условий или невыгодно строить регулирующее водохранилище.

Сама дамба превращается в глухую плотину, отделяющую бассейн притока от поймы главной реки. Поэтому как для рас-

чета отметки бровки дамбы и устойчивости ее в условиях мок-рых откосов и меняющихся горизонтов в бьефах, так и для расчета отверстия водопропускного сооружения надо знать наивысшее положение горизонтов воды с обеих сторон насыпи (рис.1). В подобных случаях часто принимают за наивысший уровень горизонты высоких вод либо в главной реке или в водохранилище, пренебрегая взаимным влиянием уровней воды в главной реке и в бассейне-водохранилище между дамбой и отсеченным берегом главной реки. Такие предложения могут привести к просчетам при проектировании и к разрушениям дамбы и водопропускных сооружений после их возведения. Для установления максимальной отметки горизонта воды в обоих бьефах надо произвести анализ работы постоянно действующего моста за все время подтопления продольно-пойменной насыпи главной рекой, т.е. за время подъема горизонта воды, стояния и спада (рис.1).

Во время подъема горизонта воды в подпиральной реке, а следовательно, и в притоке, увеличение объема бассейна водохранилища между насыпью и притоком за время  $\Delta t$  равно объему воды, притекающей через отверстие моста за  $\Delta t$ , плюс объем стока за тот же бесконечно малый промежуток времени  $\Delta t$ , т.е.

$$\Delta W = Q_{\text{ст}} \Delta t + Q \Delta t, \quad (1)$$

где  $Q$  -- расход, пропускаемый мостом при работе в обратную сторону для отверстия без подпора;  $Q_{\text{ст}}$  -- расход притока (по гидрографу притока во время прохождения паводка в главной реке).

По кривой  $H = f(t)$  по главной реке и гидрографу притока, а также кривой зависимости объема водохранилища от глубины

$$W = f(y)$$

можно определить взаимное положение горизонтов в бьефах за время подъема  $t$  паводка в главной реке. Глубину и уровень в водохранилище находим по формуле

$$W = \sum Q \Delta t + \sum_{\text{подъема}} Q_{\text{ст}} \Delta t,$$

где  $\sum Q \Delta t$  -- объем притекающей воды за  $t$  через сооружение (при наличии графиков  $Q = F(y, H)$ );  $\sum_{\text{подъема}} Q_{\text{ст}}^*$

$\Delta t$  -- объем стока за  $t_{\text{под}}$  (площадь гидрографа притока за  $t_{\text{под}}$ , причем для периодических водотоков следует принимать  $Q_{\text{min}} t_{\text{под}}$ ).

Величина  $t_{\text{под}}$  определяется по выражению  $H = f(t)$ .

При совместном рассмотрении положения горизонтов в бьефах могут быть три случая.

Первый случай. Горизонт воды в водохранилище выше горизонта воды в главной реке к моменту стояния на величину  $z_0$

(рис.1).

За наивысший уровень воды в главной реке следует принимать уровень г.в.в. (с учетом деформации живого сечения русла главной реки от стеснения поймы дамбой), а со стороны водохранилища -- уровень, соответствующий глубине  $y_I$  при объеме

$$W_I = W + \sum_{\text{стоян}} Q_{\text{ст}} \Delta t,$$

где  $\sum_{\text{стоян}} Q_{\text{ст}} \Delta t$  -- объем стока -- площадь гидрографа притока за время стояния г.в.в. в главной реке  $t_{\text{ст}}$  (при  $t_{\text{ст}} = 0$ ,  $y_I = H_0 + z_0$ ).

Это будет означать, что отверстие моста следует рассчитывать из условий спада воды в главной реке, исходя из начального уровня, соответствующего глубине  $y_I$ .

Второй случай. Отметки горизонта воды в бьефах одинаковы к моменту стояния г.в.в. в главной реке.

За наивысший уровень в главной реке следует принимать уровень г.в.в., а в водохранилище -- уровень, соответствующий (по графику  $W = f(y)$ ) глубине  $y_{II}$  при объеме стока

$$W_{II} = W + \sum_{\text{стоян}} Q_{\text{ст}} \Delta t.$$

Отверстие моста надо определять из условий спада горизонта воды в главной реке, исходя из начального уровня, соответствующего глубине  $y_{II}$ .

Третий случай. Горизонт высокой воды в главной реке к моменту его стояния выше горизонта в водохранилище к тому же времени, т.е.  $H_0 > y_{\text{ст}}$ . Это будет означать, что отверстие мос-

та следует определять из условий подъема горизонта высокой воды в главной реке и из условий спада.

По окончании стояния г.в.в. происходит спад воды в главной реке. При спаде произойдет сначала выравнивание уровней воды в бьефах, а затем общее понижение, на основании характера которого и определяется отверстие моста.

За какой-то промежуток времени  $\Delta t$  при выравнивании уровень в главной реке опустится от положения г.в.в. на  $\Delta H_0 = \alpha$  (рис.1), а уровень в водохранилище за тот же промежуток времени  $\Delta t$  поднимается на величину  $(H_y - y_{ст}) = \beta$ . За время  $\Delta t$  в водохранилище объем воды увеличится:

$$\Omega \beta = Q_{ст} \Delta t + Q_{ср} \Delta t,$$

где  $\Omega$  -- площадь зеркала водохранилища за время выравнивания; берется по кривой  $\Omega = f(y)$ , построенной для водохранилища заранее по плану в горизонталях при  $y = \frac{H_0 + y_{ст}}{2}$  или при  $y = H_0$ , что идет в запас при определении максимального горизонта в водохранилище;  $Q_{ст}$  принимается по гидрографу притока для момента окончания стояния г.в.в. на главной реке или по гидрографу притока как минимальное значение;  $Q_{ср}$  -- расход воды, протекшей через сооружение из главной реки за  $\Delta t$ . Принимается как средняя величина между значением  $Q$ , соответствующим  $y_{ст}$ , и  $Q$ , соответствующим  $H_y$  (глубине уравнивания горизонтов) и равным при  $H_y$  нулю, так как во время уравнивания разность горизонтов  $z = 0$ , т.е. равны нулю скорость

$$v = \varphi \sqrt{2gz}$$

и расход  $Q$ : Поэтому

$$Q_{ср} = \frac{Q + 0}{2} = \frac{Q}{2},$$

где  $Q$  -- расход через сооружение при  $y_{ст}$ .

Для скорости спада  $s$ , величину которой определяем по графику  $H = f(t)$ , за время  $\Delta t$  имеем

$$\alpha = -c \Delta t.$$

С другой стороны (рис. 1), величина

$$\alpha = H_0 - H_y.$$

Из равенства

$$\Omega \beta = Q_{ст} \Delta t + Q_{ср} \Delta t \quad \text{величина} \quad \Delta t = \frac{\Omega \beta}{Q_{ст} + Q_{ср}},$$

из выражения  $\alpha = -c \Delta t \quad \Delta t = -\frac{\alpha}{c}$ , тогда

$$\frac{\alpha}{c} = \frac{\Omega \beta}{Q_{ст} + Q_{ср}}.$$

Так как

$$\beta = H_y - y_{ст} = H_0 - \alpha - y_{ст},$$

то

$$\frac{\alpha}{c} = \frac{\Omega (H_0 - y_{ст})}{Q_{ст} + Q_{ср}} - \frac{\Omega \alpha}{Q_{ст} + Q_{ср}},$$

откуда

$$\alpha = \frac{c \Omega (H_0 - y_{ст})}{c \Omega - (Q_{ст} + Q_{ср})}.$$

Учитывая, что  $H_y = H_0 - \alpha$  получаем

$$H_y = \frac{c \Omega y_{ст} - H_0 (Q_{ст} + Q_{ср})}{c \Omega - (Q_{ст} + Q_{ср})}.$$

Эта формула справедлива как для постоянных, так и для периодических водотоков, причем для периодических можно принимать (в запас величины  $H_y$ ) значение  $Q_{ст} = 0$ . Наивысший уровень со стороны главной реки определится по г.в.в., а

со стороны водохранилища — по глубине  $H_y$ . Отверстие моста следует рассчитывать для случая спада, исходя из найденной глубины  $H_y$ .

Такова методика и формулы расчета наивысшего горизонта воды с обеих сторон дамбы или продольно-пойменной насыпи.

### Л и т е р а т у р а

1. Карамышев А.С., Богданов Г.Г. О применении результатов исследований продольно-пойменных насыпей к гидравлическим расчетам гидротехнических сооружений в пойме р. Сож на территории Гомеля. — "Труды БелИИЖТ", 1974, вып. 133.
2. Богданов Г.Г. Расчет отверстий периодически закрываемых труб. — "Труды Бежицкого института транспортного машиностроения", 1952, вып. 12.

В. Н. Заяц, П. К. Черник, А. П. Рубан

### НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СЛАБОГО ОСНОВАНИЯ ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ

Для обеспечения водоснабжением Солигорского калийного комбината потребовалось строительство водохранилища в пойме реки Случь. Было установлено, что пойма сложена слабыми сильно водонасыщенными грунтами с прослоями торфа и озерных отложений. Первоначально предусматривалась посадка земляной плотины на прочное основание. Требовалось удаление разжиженных (в результате нарушения структуры землеройными механизмами) грунтов на глубину от 2 до 5 м.

Более экономичный вариант возведения земляной плотины, т.е. строительства на слабом основании, предложен и выполнен Белорусским научно-исследовательским институтом мелиорации и водного хозяйства. В процессе исследований понадобились дополнительные изыскания и обследования в намеченном створе плотины. Кроме проб грунтов, отобранных из дополнительных скважин, набраны в шурфах монолиты с различной глубины. Выполнены тщательные лабораторные анализы, проведены компрессионные, сдвиговые и штамповые испытания образцов. Получены все физико-механические харак-