

УДК 532.628:614.843

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЛНЫ ПРОРЫВА И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗАТОПЛЕНИЯ

Карпенчук И.В., к.т.н., доцент, Стриганова М.Ю.

*Destruction of hydro engineering installation of forcing front with formation of break wave stimulates catastrophical flood of locality, causing considerable material damage and founding hazard for population lives. For the purpose of portraying the scheme of break passing, estimation of possible consequences and preparing of bench mark for planning of measure for population protection, it is appropriate to construct a graph of break wave movement.*

(Поступила в редакцию 30 марта 2008 г.)

Одним из основных факторов управления ликвидацией чрезвычайных ситуаций при разрушении напорных гидротехнических сооружений является заблаговременное прогнозирование. Основными поражающими факторами катастрофического затопления, возникающего в результате аварии, являются волна прорыва и длительность затопления. Для определения инженерной обстановки необходимо определить параметры волны прорыва: высоту, глубину потока, скорость движения и время добега различных характерных точек волны (фронта, гребня, хвоста) до расчетных створов, а также длительность прохождения волны через указанные створы. В результате проведенных теоретических и лабораторных исследований получены интегральные зависимости для призматического русла на основе уравнений Сен-Венана, позволяющие определять параметры волны прорыва.

Высота волны прорыва в каждом расчетном створе определяется по формуле [1]:

$$h_{\max} = \frac{2H^2}{L \cdot i + 3,3H}, \quad (1)$$

где  $L$  – расстояние от створа разрушенной плотины до расчетного створа;  
 $H$  – максимальный напор (разность отметок верхнего и нижнего бьефов) на сооружении;  
 $i$  – уклон дна водотока (средний по расчетным участкам).

Максимальная глубина потока в расчетном створе

$$H_i = h_{bi} + h_6, \quad (2)$$

где  $h_{bi}$  – высота волны прорыва в расчетном створе;  
 $h_6$  – глубина водотока ниже плотины (бытовая глубина).

Максимальная скорость тела волны (гребня) в каждом расчетном створе [1]:

$$V = \frac{0,6\sqrt{H^{1,33} \cdot i}}{n \left( \frac{L \cdot i}{H} \right)^{0,37}}, \quad (3)$$

где  $n$  – коэффициент шероховатости русла (принимается средний для всего сечения и расчетных участков без учета глубины наполнения долины реки).

Скорость течения в расчетном створе:

$$V_i = V_0 + V, \quad (4)$$

где  $V_0$  – скорость течения до прихода волны.

При построении графика движения волны прорыва для расчета времени добегания волны для расчетного створа среднюю скорость движения волны на участке предлагается определять по формуле:

$$V_{\text{ср}i}^{\text{пр}} = \frac{0,6\sqrt{H^{1,33} \cdot i}}{n\left(\frac{L \cdot i}{2H}\right)^{0,37}}. \quad (5)$$

Скорость фронта волны в каждом расчетном створе можно определить по формуле И.В. Егиазарова [2]:

$$C_i^{\text{фр}} = V_0 + \sqrt{gh_6} \left(1 + \frac{3}{4} \cdot \frac{h_{\text{в}i}}{h_6}\right). \quad (6)$$

Скорость хвоста волны прорыва в каждом расчетном створе будет связана со временем прохождения волны через данный створ:

$$V_i^{\text{хв}} = \frac{L_i - L_{i-1}}{t_i + T_i} = \frac{\Delta L_i}{t_i + T_i}, \quad (7)$$

где  $L_i$  – расстояние до расчетного створа от нулевого (створа гидроузла);

$t_i$  – время добегания волны до расчетного створа;

$T_i$  – время прохождения волны через расчетный створ.

Время прохождения волны через створ разрушенного гидроузла предлагается определить по формуле [3]:

$$T_0 = \frac{4,5 \Omega_{\text{зерк}}}{B\sqrt{2gH}}, \quad (8)$$

где  $\Omega_{\text{зерк}}$  – площадь зеркала водохранилища;

$B$  – ширина водохранилища перед плотиной.

Время прохождения волны прорыва через расчетный створ можно определить по зависимости:

$$T_i = t_i^{\text{пр}} + 1,024T_0, \quad (9)$$

Время добегания фронта волны:

$$t_i^{\text{фр}} = \frac{L_i}{C_i^{\text{фр}}}. \quad (10)$$

Время добегания гребня до расчетного створа:

$$t_i^{\text{гп}} = \frac{L_i}{V_{\text{ср}}^{\text{гп}} + V_0}. \quad (11)$$

Время добегания хвоста волны:

$$t_i^{\text{хв}} = t_i^{\text{фр}} + t_i^{\text{гп}} + T_i. \quad (12)$$

Степень разрушения зданий и сооружений под воздействием гидропотока волны прорыва определяется величиной удельной гидродинамической нагрузки. Здания и сооружения в зависимости от величины удельной гидродинамической нагрузки подвергаются слабому, среднему, сильному и полному разрушению. Зная максимальные параметры движения тела волны (скорость и высоту), определяется степень разрушения (таблица) [4].

Таблица – Степени разрушений зданий и сооружений в зависимости от динамического напора волны прорыва

Характеристика зданий и сооружений	Разрушения					
	полные и сильные		средние		слабые	
	$V$	$h$	$V$	$h$	$V$	$h$
Сборные деревянные жилые дома	3	2	2,5	1,5	1	1
Деревянные дома (1–2-го этажа)	3,5	2	2,5	1,5	1	1
Кирпичные малоэтажные здания (1–3-го этажа)	4	2,4	3	2	2	1
Промышленные здания с легким металлическим каркасом и здания бескаркасной постройки	5	2,5	3,5	2	2	1,5
Кирпичные дома средней этажности (4-го этажа)	6	3	4	2,5	2,5	1,5
Промышленные здания с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом (стены из керамзитовых панелей)	7,5	4	6	3	3	1,5
Бетонные и железобетонные здания, здания антисейсмической конструкции	12	4	9	3	4	1,5
Стенки, набережные и пирсы на деревянных сваях	4	6	2	4	1	1
Стенки, набережные и пирсы напряженной конструкции с заполнением камнем	5	6	3	4	1	1

Окончание таблицы

Стенки, набережные и пирсы на железобетонных и металлических сваях	6	6	3	4	1	2
Стенки, набережные, молы, волноломы из кладки массивов	7	6	4	4	2	2
Оборудование портов и промышленных предприятий						
Станочное оборудование	3	2	2	2	1	1
Оборудование химических и электротехнических цехов и лабораторий	4	1,5	3	1,5	1	1
Стапели и стапельные места судостроительных и судоремонтных заводов	4	4	3	3	2	1
Трансформаторно-понижительные подстанции	5	2	4	2	2	1
Крановое оборудование: порталный кран грузоподъемностью:						
5 т	6	4	6	2	2	1,5
10 т	8	5	6	2	2	2
16 т	8	6	6	3	2	2
мостовой перегружатель 16 т	10	9	6	4	2	2
Мосты, дороги и транспортные средства						
Деревянные мосты (поток выше проезжей части)	1	2	1	21,5		0,5
Железобетонные мосты	2	3	1	2	0	0,5
Металлические мосты и путепроводы с пролетом 30–100 м	2	3	1	2	0	0,5
То же с пролетом более 100 м	2	2,5	1	2	0	0,5
Железнодорожные пути	2	2	1	1	0,5	0,5
Дороги с гравийным (щебеночным) покрытием	2,5	2	1	1,5	0,5	0,5
Шоссейные дороги с асфальтовым и бетонным покрытием	4	3	2	1,5	1	1
Автомобили	2	2	1,5	1,5	1	1
Подвижной железнодорожный состав	3,5	3	3	1,5	1,5	1
Плавающие средства						
Мелкие речные суда, катера с осадкой не менее 2 м	5	2	4	1,5	2	1,5
Вспомогательные суда (плавкраны, землечерпательные снаряды и т. д.)	7	2	4	1,5	2	1,5
Крупные речные пассажирские и грузовые суда (с осадкой более 2,5 м)	9	2	5	1,5	3	1,5
Плавдоки	8	2	5	1,5	3	1,5
Плавающие причалы	9	2	6	2	3	2

Результаты, полученные по данной методике расчета, могут быть использованы при составлении оперативно-тактических планов по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций при авариях на напорных гидротехнических сооружениях Республики Беларусь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Карпенчук, И.В.* Расчет параметров волны прорыва для гидротехнических сооружений применительно к конкретному случаю / И.В. Карпенчук, М.Ю. Стриганова // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2005. – № 7 (17). – С. 131–136.
2. *Караушев, А.В.* Речная гидравлика / А.В. Караушев. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 416 с.
3. *Карпенчук, И.В.* Определение времени прохождения волны прорыва через створ плотины при ее разрушении / И.В. Карпенчук, М.Ю. Стриганова // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2006. – № 1 (19). – С. 11–18.
4. *Шойгу, С.К.* Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций / С.К. Шойгу. – М.: Папирус, 1998. – 404 с.