

УДК 556.011

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭКСПРЕСС-МЕТОДИК ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИНАХ

Н.Д. Разиньков

Исходной информацией для определения размера вероятного вреда являются прогнозируемые сценарии аварий гидротехнических сооружений, в которых отражаются данные о возможной зоне воздействия аварии гидротехнического сооружения, значения величин негативных воздействий аварии гидротехнического сооружения [1].

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АВАРИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, ЗОНА ПОРАЖЕНИЯ.

С 1 января 2014 г. Правительством РФ нормативно-правовым актом [2] введена классификация гидротехнических сооружений (ГТС) по степени опасности, а также критерии по отнесению ГТС к соответствующему классу.

Как представляется, выход данного документа является своевременным, так как при организации региональной политики в области защиты населения и территорий от техногенных и природно-техногенных паводков наблюдался некий «вакуум» в данном вопросе, для подтверждения этого приводятся примеры по Воронежской области.

Воронежская область является «уникальной» в отношении ГТС, на территории области располагается около 2,5 тыс. земляных плотин, что создаёт серьёзные потенциальные риски гидродинамических аварий. С учётом значительного износа (основная масса ГТС построена в 1960 – 1990 гг.) гидротехнические сооружения имеют высокую аварийность: в последние годы с завидным постоянством фиксируются аварии на земляных плотинах либо на ограждающих дамбах накопителей жидких отходов, особенно они опасны на фоне паводков. Приведём примеры по Воронежской области:

1) летний паводок в бассейне р. Усманка, июнь 2012 г.: выпадение жидких осадков в виде продолжительного очень сильного дождя, как результат, срыв трёх напорных сооружений (плотин) в бассейне р. Хава (приток р. Усманка), образование природно-техногенного паводка; в зоне затопления оказались отдельные жилые дома, дачные постройки, повреждены четыре гидротехнических сооружения, несколько участков дорог областного значения;

2) аномальное половодье весной 2013 г.: в северо-западной части Воронежской области образовалось в результате выпадения осадков в виде снега в конце марта 2013 г. (слой снега до 20 см), на фоне оставшегося промерзания почвы (до 40 см) активное снеготаяние (1-2 апреля температура воздуха доходила до +14°C), а также срыв четырёх плотин привели к образованию природно-техногенного паводка на р. Ведуга. В результате чего в зоне затопления оказались отдельные жилые строения в 4-х населённых пунктах, при этом в с. Лосево Семилукского района 15 человек были временно эвакуированы из своих домов.

Под действие Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» [3] попадают гидротехнические сооружения, «повреждения которых могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций». Для упорядочения работы надзорных и контрольных органов является крайне важным то обстоятельство, что необходимо изначально идентифицировать гидротехническое сооружение как «опасное», а уже затем определять сценарии возможных чрезвычайных ситуаций. Критерии [2] позволяют это сделать, что является отправной точкой для дальнейшей работы по идентификации возможных опасностей.

Региональный опыт свидетельствует, что дальнейшая идентификация потенциальной опасности напорных сооружений осуществляется в следующих случаях:

- при работе региональных межведомственных комиссий по определению перечня потенциально опасных гидротехнических сооружений [4];
- при определении совместного перечня ГТС (региональных управлений Ростехнадзора и МЧС России), подлежащих декларированию безопасности в планируемый период;

- по выяснению причин затоплений населённых пунктов по бассейну одной из рек;
- по свидетельствованию страховых случаев;
- для выяснения причин происходящих негативных процессов на водных объектах и их берегах;
- для уточнения возможных затапливаемых зон для целей предполагаемого строительства;
- для формирования предложений по инженерной защите от затоплений;
- для оценки готовности к безаварийному пропуску паводковых вод
- при согласовании возможного максимального вреда, который может быть причинён жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения [5];
- для разрешения споров между хозяйствующими субъектами между собой (либо с населением) по вопросам водопользования и обеспечения безопасности при этом и др.

При оценке потенциальной опасности конкретного ГТС во время полевого (как правило, комиссионного) обследования ГТС, верхнего и нижнего бьефов (нижний бьеф обследуется, как правило, на удалении не менее 6 км от напорного сооружения) решается задача определения зоны возможных негативных последствий для объектов защиты (населения, жилых строений, дорог, газопроводов и т.п.) при прохождении волны прорыва и затоплении.

Основными поражающими факторами для объектов защиты являются глубина затопления и скорость потока воды. Поэтому при экспертной оценке необходимо владеть экспресс-методами определения поражающих факторов на известном удалении от напорного сооружения. Метод должен обеспечивать приемлемую точность оценки при решении прогнозной задачи гидродинамической аварии при ограниченном знании исходных данных – как правило отсутствует проект ГТС, поэтому исходные морфометрические данные по водному объекту и по балке являются результатом изучения имеющейся карты местности (как правило масштаб 1:25000) и полевого обследования при явном дефиците времени (обследование проводится «одним днём»).

При необходимости решения обозначенной задачи найдены соответствующие методические подходы: для оценки основных поражающих факторов имеется возможность применения уравнений Сен-Венана [6], а для оценки негативных последствий для объектов защиты – применение балльного метода ориентировочной оценки ущерба [7].

Применение уравнений Сен-Венана для расчёта параметров волны прорыва, представляющей резко нестационарное движение [6]. Основной задачей явилось определение максимальной скорости  $V_{в\ max}$  и глубины потока  $h_{в\ max}$  волны прорыва в заданном створе.

При этом приняты следующие основные два допущения: рассматривается случай мгновенного исчезновения препятствия (плотины) и естественное русло в нижнем бьефе принимается призматическим. Кроме того, поскольку уравнения Сен-Венана получены для медленно изменяющегося движения, их решение в рассматриваемом случае возможно только для тела волны прорыва, в котором изменимость параметров потока значительно меньше, чем во фронте волны, где уравнения Сен-Венана имеют разрыв.

Решение осуществляется путём численного интегрирования в относительных величинах. В качестве продольной координаты принят параметр:

$$x' = L_p i_0 / h_{в.б.},$$

где  $L_p$  – расстояние от плотины до искомого створа,  $i_0$  – уклон дна,  $h_{в.б.}$  – наполнение русла перед плотинной до её исчезновения.

Для определения значений относительных безразмерных максимальных скорости  $v'_{max}$  и глубины  $h'_{max}$  в выбранном створе предложены графики (рис. 1).

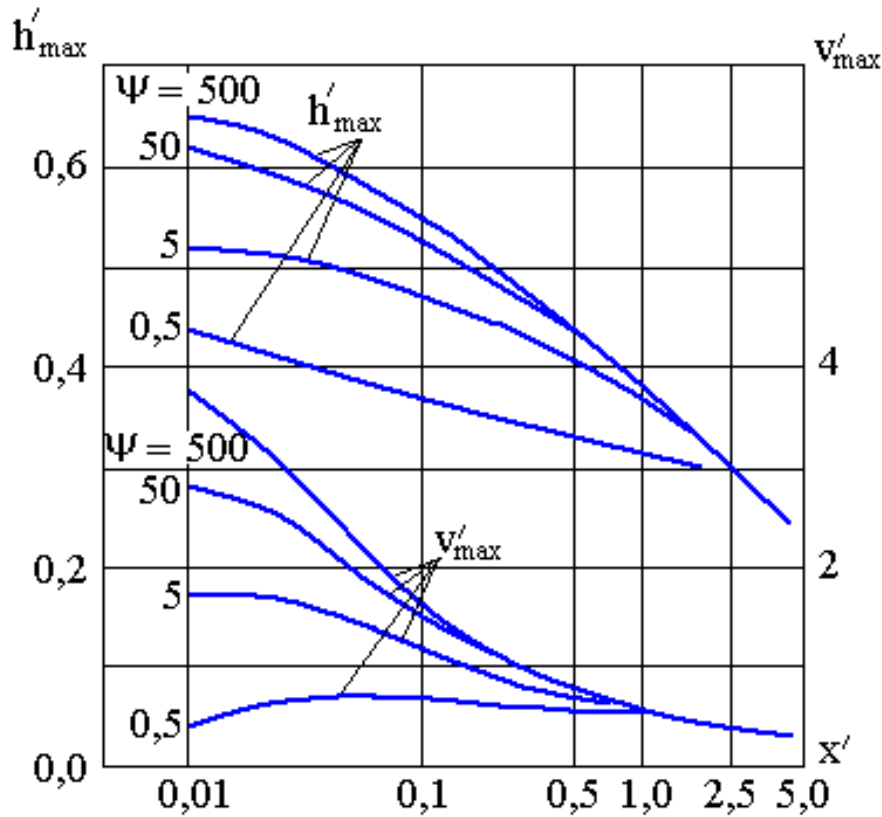


Рис. 1. Расчётный график для определения  $v'_{max}$  и  $h'_{max}$ .

Переход от безразмерных величин к искомым значениям параметров осуществляется по зависимостям:

$$V_{Bmax} = \sqrt{\frac{gh_{\text{в.б.}} v'_{max}}{\Psi}},$$

$$h_{max} = h_{\text{в.б.}} \cdot h'_{max},$$

где  $\Psi = \lambda \cdot \theta / (2 \cdot i_0)$  – параметр, характеризующий русло;  $\lambda = 2 \cdot g \cdot n^2 \cdot R^{-1/3}$  – коэффициент гидравлического трения при глубине  $h_{\text{в.б.}}$ ;  $R = h_{\text{в.б.}} / \theta$  – гидравлический радиус ( $\theta = 1$  для прямоугольного русла,  $\theta = 2$  для треугольного русла);  $n$  – коэффициент шероховатости.

Применение балльного метода ориентировочной оценки ущерба [7]. Метод предполагает перевод определённых выше показателей потока (глубина и скорость течения) в потенциальную энергию воды, и как следствие, в возможности разрушений объектов защиты по соответствующей шкале балльности разрушений. При этом используется формула логарифмического вида, связывающая величину баллов с удельной энергией потока:

$$B = 2 \cdot \lg(0,5 \rho h_{max} V_{Bmax}^2),$$

где  $B$  – степень возможных разрушений в баллах;  $(0,5 \rho h_{max} V_{Bmax}^2)$  – удельная энергия потока;  $\rho$  – плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Связь величины баллов с разрушениями определяется по шкале балльности разрушений (табл. 1). В таблице приведены оценки повреждений для объектов защиты, характерных для рассматриваемого региона (Воронежская область).

Таблица 1

Шкала балльности разрушений в нижнем бьефе при прорывах земляных плотин

Баллы	Разрушения
≤ 4	Не приводит к каким-либо разрушениям
≤ 14	Возможен размыв пашни, сложенной легкими грунтами
≤ 40	Размыв пашни, сложенной легкими грунтами
≤ 130	Незначительные разрушения особо плохо построенных и ветхих зданий. Размыв пашни, сложенной средними грунтами
400	Перемещение слабо закрепленных предметов, разрушение легких объектов большой парусности (копен сена, палаток, разрушения плохо построенных и ветхих зданий и т.п.). Размыв пашни на значительную глубину. Подмыв корневой системы кустарников со слабой корневой системой
1300	Разрушение сплошных деревянных изгородей, ветхих деревянных зданий. Подмыв корневой системы кустарников
4000	Достигаются критические параметры потока, влекущие гибель незащищенных людей. Жители покидают дома или спасаются на верхних этажах. Разрушение лёгких деревянных строений, затопление и перемещение потоком легковых автомашин. В руслах разрушение деревянных мостов
13500	Полное разрушение деревянных домов, ветхих кирпичных и глинобитных строений, средние разрушения кирпичных и блочных домов малой этажности. Разрушение железобетонных и металлических мостов, автодорожных и железнодорожных насыпей, защитных дамб обвалования, подвижного железнодорожного состава
40000	Разрушаются кирпичные и панельные дома средней этажности, водокачки, линии электропередачи. Поток несёт вырванные с корнем деревья.
125000	Разрушаются промышленные здания с тяжелым металлическим и железобетонным каркасом, порталные краны. Поток сильной мутности несет много разных предметов. Массовая гибель не эвакуированных людей.
400000	Разрушаются бетонные и железобетонные здания антисейсмической и особо прочной конструкции. Почти полное разрушение всех строений. Поток несет строительные материалы, опрокидывает бетонные и каменные глыбы. Поголовная гибель не эвакуированных людей
1300000	Тотальные разрушения

Объединив два представленных методических подхода вполне реально можно делать обоснованные предварительные экспертные заключения по вопросу возможных последствий гидродинамических аварий на земляных плотинах во время полевых обследований, делая при этом несложные оценочные расчёты.

## **METHODICAL APPROACHES ON USE OF EXPRESS TECHNIQUES OF FORECASTING OF CONSEQUENCES OF ACCIDENTS ON EARTH DAMS**

N.D. Razinkov

Initial information for determining the size of possible harm are forecasted scenarios of accidents at hydraulic engineering constructions in which reflect the information about a possible impact zone of accident of the hydraulic engineering construction, values of a quantity of the negative impacts of accident of the hydraulic engineering construction [1].

**KEYWORDS:** DETERMINING THE SIZE OF POSSIBLE HARM, IMPACT ZONE.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. РД 03-521-02 «Порядок определения размера вреда, который может быть причинён жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения».
2. Постановление Правительства РФ от 02.11.2013 №986 «О классификации гидротехнических сооружений».
3. Федеральный закон от 23.06.1997 №117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» (в последней редакции от 28.12.2013).
4. Приказ МЧС России от 28.02.2003 №105 «Об утверждении требований по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения» (зарег. в Минюсте РФ 20.03.2003 №4291).
5. Постановление Правительства РФ от 18.12.2001 №876 «Об утверждении правил определения величины финансового обеспечения гражданской ответственности за вред, причинённый в результате аварии гидротехнического сооружения».
6. Гидравлика, гидрология, гидрометрия: Учеб. для вузов: в 2 частях. Ч. II. Специальные вопросы/ Константинов Н.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И.; под ред. Н.М. Константинова. – М.: Высш. шк., 1987. – 431 с.
7. Ляпичев Ю.П. Гидрологическая и техническая безопасность гидросооружений: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 222 с.