

УДК 001.891.55:627.8

Г. И. Касперов, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ);
В. Е. Левкевич, кандидат технических наук, доцент (КИИ МЧС Республики Беларусь);
С. М. Пастухов, кандидат технических наук, доцент (КИИ МЧС Республики Беларусь);
А. В. Бузук, адъюнкт (КИИ МЧС Республики Беларусь)

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ КАК ИСТОЧНИКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

Представлены методика и результаты натурных обследований искусственных водных объектов Республики Беларусь. По результатам выполненных обследований осуществлена оценка возможности возникновения гидродинамических аварий путем расчета коэффициентов потенциальной опасности. Анализ полученных данных по обобщенному классу потенциальной опасности позволил классифицировать водные объекты Республики Беларусь как источники чрезвычайных ситуаций природного характера.

Methodology and results of Belarus artificial water bodies' field surveys were presented. Based on these results potential risk coefficient for hydrodynamic accidents possibility estimation was counted. Belarus water bodies were classified as potential sources of natural emergencies.

Введение. Обследование искусственных водных объектов Республики Беларусь и оценка технического состояния сооружений напорного фронта проведены коллективом авторов в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Разработка методик, алгоритмов и программных средств для оценки ущербов от чрезвычайных ситуаций на водных объектах Республики Беларусь различного типа» ГПНИ «Научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций».

В настоящее время в Республике Беларусь в эксплуатации находятся свыше 150 искусственных водных объектов (водохранилищ). Срок эксплуатации многих из них превышает 30–40 лет. По мнению ряда исследователей, именно на таких объектах вероятность гидротехнических аварий (ГА) имеет тенденцию к росту [1].

Основная часть. С сентября 2005 года по ноябрь 2010 года авторами были проведены натурные исследования на 35 водохранилищах Республики Беларусь. Натурными обследованиями были охвачены все геоморфологические области и бассейны главных рек, на которых расположены водохранилища. Исследования выполнялись с целью выявления повреждений и деформаций гидротехнических сооружений напорного фронта и причин, их вызвавших, а также оценки технического состояния и включали в себя:

– обследования берегоукрепительных сооружений и напорных верховых откосов земляных плотин и дамб, мест их примыкания к коренным берегам водохранилищ в верхнем бьефе;

– наблюдения за состоянием водосбросных сооружений (отсутствие либо неисправность механизмов подъема затворов и их направ-

ляющих, наличие повреждений железобетонных и металлических конструкций);

– визуальные наблюдения за фильтрационными деформациями в нижнем бьефе гидроузлов (наличие суффозионного выноса грунта основания и тела плотины).

Регистрируемые параметры, по которым производилась оценка технического состояния сооружений, выбирались в соответствии с «Правилами технической эксплуатации прудов и малых водохранилищ» [2].

По результатам проведенных обследований осуществлялась оценка возможности возникновения ГА посредством расчета коэффициентов потенциальной опасности (КПО), характеризующих состояние берегоукрепительных и водосбросных сооружений, а также напорных верховых откосов и мест их примыкания к коренным берегам и водосбросным сооружениям.

В основу оценки потенциальной опасности был положен метод ранжирования, предложенный А. Н. Разиньковым в работе [3], а также сотрудниками Воронежского государственного университета для разделения территории Воронежской области по классам опасности [4].

КПО, характеризующий состояние напорных верховых откосов и мест их примыкания к коренным берегам и водосбросным сооружениям, определялся по следующей формуле:

$$K_1 = L_{\text{п}} / L_{\text{общ}}, \quad (1)$$

где $L_{\text{п}}$ – длина поврежденного участка напорного верхового откоса, м; $L_{\text{общ}}$ – общая длина плотины, м.

КПО, характеризующий состояние берегоукрепительных сооружений, определялся по следующей формуле:

$$K_2 = S_{\text{п}} / S_{\text{общ}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{п}}$ – площадь разрушенных плит крепления, либо плит, имеющих сквозные трещины, м^2 ; $S_{\text{общ}}$ – общая площадь плит крепления, м^2 .

КПО, характеризующий состояние водосбросных сооружений, определялся по следующей формуле:

$$K_3 = N_{\text{п}} / N_{\text{общ}}, \quad (3)$$

где $N_{\text{п}}$ – количество поврежденных водосброса; $N_{\text{общ}}$ – общее количество возможных поврежденных водосброса.

По полученным значениям коэффициентов K_1 , K_2 и K_3 , исходя из условия (4) определялся обобщенный класс потенциальной опасности, характеризующий возможность возникновения ГА на водохранилище с учетом технического состояния сооружений напорного фронта:

$$K = \max (K_1, K_2, K_3). \quad (4)$$

Полученные значения КПО разбивались на n интервалов, количество которых определялось по формуле

$$n = 5 \lg N, \quad (5)$$

где N – число обследованных водохранилищ.

Величина интервалов определялась по следующей формуле:

$$A = (K_{\text{max}} - K_{\text{min}}) / n, \quad (6)$$

где $K_{\text{max}(\text{min})}$ – максимальное (минимальное) значение КПО.

Затем рассчитывалась опытная вероятность по следующей формуле:

$$P_{\text{оп}} = m_i / N, \quad (7)$$

где m_i – количество значений в каждом интервале.

По полученному ряду коэффициентов осуществлялось построение кривых накопленных вероятностей согласно методике Ю. Н. Артемьева [5].

На разработанных кривых накопленных вероятностей были выделены три квантиля 25, 50 и 75%, что позволило разделить выборку на четыре равновероятных класса. Характеристика и границы указанных классов для каждого коэффициента приведены в табл. 1.

Анализ полученных данных по обобщенному классу потенциальной опасности позволил установить, что из всех обследованных водохранилищ 22,9% относятся к безопасному классу; 31,4% – умеренно опасному классу; 40% – опасному и 5,7% – чрезвычайно-опасному классам (табл. 2).

Приведенные в табл. 2 данные свидетельствуют о том, что наибольшую опасность представляют водосбросные сооружения, техническое состояние которых не позволит своевременно пропустить паводки высокой обеспеченности и может привести к переливу воды через гребень плотины. Именно по коэффициенту K_3 такие водохранилища, как Млынокское и Чигиринское, были отнесены к четвертому – чрезвычайно опасному классу.

Таблица 1

Граничные значения КПО

Граничные значения			Характеристика класса
K_1	K_2	K_3	
0–0,270	0–0,310	0–0,250	I – безопасный
0,270–0,540	0,310–0,620	0,250–0,500	II – умеренно опасный
0,540–0,810	0,620–0,930	0,500–0,750	III – опасный
0,810 и более	0,930 и более	0,750 и более	IV – чрезвычайно опасный

Таблица 2

Распределение обследованных водохранилищ по КПО

Распределение водохранилищ в зависимости от КПО, (шт/%)			
K_1	K_2	K_3	K
31/85,7	26/74,2	10/28,5	8/22,9
0/0	7/20	9/25,7	11/31,4
4/11,4	1/2,9	15/42,9	14/40
1/2,9	1/2,9	1/2,9	2/5,7

Примечание. В числителе приведено количество водохранилищ, отнесенных к различным классам, в знаменателе их процентное составляющее от общего количества обследованных водохранилищ.



а



б

Последствия ГА на Млынокском водохранилище (обследование 29.04.2010):
а – вид левобережной части плотины; б – вид водосброса со стороны верхнего бьефа

На рис. приведены материалы натуральных обследований, характеризующие последствия ГА на Млынокском водохранилище в результате разрушения водосброса в месте примыкания правобережной и левобережной частей плотины.

Заключение. Таким образом, в результате проведенных натуральных обследований водохранилищ Республики Беларусь предложены КПО, характеризующие техническое состояние сооружений напорного фронта, а также возможность возникновения ГА. По этим коэффициентам построены кривые накопленных вероятностей, на основании которых были выделены четыре класса потенциальной опасности водохранилищ. Получены результаты расчета КПО по 35 водохранилищам и осуществлено их распределение по классам потенциальной опасности.

Разработанные коэффициенты были использованы в качестве событий, инициирующих возникновения ГА, и включены в разработанные деревья отказов для расчета вероятности возникновения аварий на гидротехнических сооружениях.

Литература

1. Малик, Л. К. Факторы риска повреждения гидротехнических сооружений. Проблемы безопасности / Л. К. Малик. – М.: Наука, 2005. – 354 с.
2. Правила технической эксплуатации прудов и малых водохранилищ: утв. М-вом мелиорации и водного хозяйства БССР 13.02.1987: текст по сост. на 01 февр. 2009 г. – Минск: Белгипроводхоз, 1987. – 31 с.
3. Разиньков, Н. Д. Геоэкологические риски возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях Воронежской области: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / Н. Д. Разиньков. Воронеж. гос. ун-т. – Воронеж, 2006. – 191 с.
4. Курдов, А. Г. Водные ресурсы Воронежской области: формирование, антропогенное воздействие, охрана и расчеты / А. Г. Курдов. Воронеж. гос. ун-т, – Воронеж, 1995. – 224 с.
5. Артемьев, Ю. Н. Качество ремонта и надежность машин в сельском хозяйстве / Ю. Н. Артемьев. – М.: Колос, 1981. – 206 с.

Поступила 14.03.2012