

УДК: 626/816; 626.43; 627.82

МЕТОДИКА ПРОГНОЗНЫХ РАСЧЕТОВ ВОЛНЫ ПРОРЫВА ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ АВАРИЯХ ВОДОХРАНИЛИЩНЫХ ПЛОТИН

*А.Т. Базарбаев - к.т.н., профессор, М.К. Байкенова - к.т.н., профессор
Е.Д. Жапаркулова - к.с.х.н., профессор, М.С. Набиоллина - к.с.х.н., профессор
А. Аманбаев - инженер-гидротехник, Б.А. Зулпыхаров - PhD доктор.
Казахский национальный аграрный университет*

Аннотация

В статье приведена методика расчета водохранилищных плотин при гидротехнических авариях. По результатам натурных нивелирных съемок выполнены прогнозные расчеты прорыва водохранилищных плотин Бартогайского, Капчагайского и Куртинского гидроузлов. Предложены графики зависимости расходов воды при прорыве плотины от дальности от створа плотины.

Ключевые слова: Водоохранилища, земляная плотина, гидродинамическая авария, прорыв плотины, расход прорывной волны

METHODOLOGY FOR FORECASTING CALCULATIONS OF THE BREAKTHROUGH WAVE FOR HYDRODYNAMIC WATER-DAMPER WAVE ACCIDENTS

*A.T. Bazarbaev, M.K. Baikenova, E.D. Zhaparkulova
M.S. Nabiolina, A. Amanbaev, B.A. Zulpikharov*

Abstract

In the article the method of calculating reservoir dams during hydro technical accidents is given. Based on the results of full-scale leveling surveys, predicted calculations of the breakthrough of the reservoir dams of Bartogai, Kapchagai and Kurtinsky hydrounits, it have been made. The graphs of the dependence of water discharge during the breakthrough of the dam from the distance from the dam section they are attached.

Key words: Reservoirs, earth dam, hydrodynamic accident, breakthrough of the dam, breakthrough wave consumption.

СУВ ОМБОРЛИ ТЎҒОНЛАРДАГИ ГИДРОДИНАМИК ҲАЛОКАТЛАР ДАВРИДА ЁРИБ ЎТГАН ТЎЛҚИННИ БАШОРАТЛИ ҲИСОБЛАШ УСЛУБИ

*А.Т. Базарбаев, М.К. Байкенова, Е.Д. Жапаркулова
М.С. Набиоллина, А. Аманбаев, Б.А. Зулпыхаров*

Аннотация

Мақолада гидротехник иншоот ҳалокати даврида сув омборли тўғонларни ҳисоблаш услуги келтирилган. Табиий шароитдаги нивелир ўлчашлар натижаларига асосланиб Бартогай, Капчагай ва Куртин гидроузеллар таркибидаги тўғонларни тўлқин ёриб ўтишини башоратли ҳисоблари амалга оширилган. Тўлқин ёриб ўтишидаги сув сарфларининг тўғон створидан бўлган масофага боғлиқлик графиклари берилган.

Таянч сўзлар: сув омборлари, тупроқли тўғон, гидродинамик ҳалокат, тўғонни тўлқин ёриб ўтиши, тўғонни ёриб ўтган тўлқиндаги сув сарфи.

Методические рекомендации разработанные в лаборатории мостовой гидравлики и гидрологии отделения изысканий и проектирования железных дорог ЦНИИС включают определение расходов в створе плотины при ее разрушении, а также в створах переходов,

расположенных в верхнем и нижнем бьефах водохранилища, с учетом трансформации волны прорыва или попуска в транзитном русле [7, 8].

Согласно методики расчет трансформации прорывного расхода производят для следующих случаев:

а) водохранилище практически не имеет бассейна, питается за счет грунтовых вод и осадков, выпадающих на его площадь или паводочный сток зарегулирован на участке выше водохранилища;

б) водохранилище имеет собственный бассейн; прорыв плотины происходит при прохождении паводка, вероятностью превышения расчетной для проектируемого перехода, при водохранилище, заполненном до прохода паводка;

с) условия те же, что и в подпункте б; прорываются поочередно ряд плотин, расположенных в каскаде прудов: первой прорывается верхняя плотина, последней - нижняя.

При минимальном количестве исходных данных моделирование волны прорыва производится по упрощенным формулам, на основании проведенных измерений и исследований (рис. 1, 2) при этом ошибка расчетов, в сравнении с ресурсозатратными методами незначительна.

Поперечные и продольные профили р.Шелек ниже Бартогайского водохранилища по створам. Получены на основании имеющихся карт и расшифровки доступных космических снимков.

Расход в створе плотины при ее прорыве Q_n , м³/с равен

$$Q_n = B_n H_n^{\frac{3}{2}} K_{np} \quad (1)$$

где B_n - длина плотины по урезу воды в верхнем бьефе при предельном наполнении водохранилища, H_n - напор (разность отметок уровней воды в верхнем и нижнем бьефах до прорыва плотины), м; K_{np} - коэффициент, учитывающий отношение возможной ширины прорыва к длине плотины B_n и условия истечения воды при прорыве.

Расчетное значение коэффициента K_{np} в зависимости от длины плотины B_n приведено в табл.1 [1,2].

Таблица 1

Бартогайское водохранилище

Створы	Расстояние между створами, м	Длина участка от начала L_p , м	Уклон участка, ‰	Коэффициент τ , с/м	Расход волны Q_{nm} , м ³ /с
0-0	0	0	1	1.2	47109.1
1-1	1010	1010	1	1.2	41323.5
2-2	1680	2690	2.38	1.0672	35378.9
3-3	1790	4480	7.82	0.9018	32122.6
4-4	2050	6530	6.83	0.9134	27898.2
5-5	2380	8910	14.3	0.8356	25335.6
6-6	1330	10240	11.3	0.8596	23369.0
7-7	2000	12240	14	0.838	21574.3
8-8	640	12880	28.1	0.7495	22284.2
9-9	1220	14100	16.4	0.8188	20201.3
10-10	1340	15440	9.7	0.873	18439.8
11-11	2330	17770	10.7	0.8644	16998.7
12-12	2200	19970	9.09	0.8791	15578.7
13-13	3070	23040	10.7	0.8644	14295.5
14-14	5300	28340	13	0.846	12522.6
15-15	7900	36240	12.9	0.8468	10394.2
16-16	10800	47040	7.31	0.9069	7980.3
17-17	14600	61640	2.4	1.066	5522.2

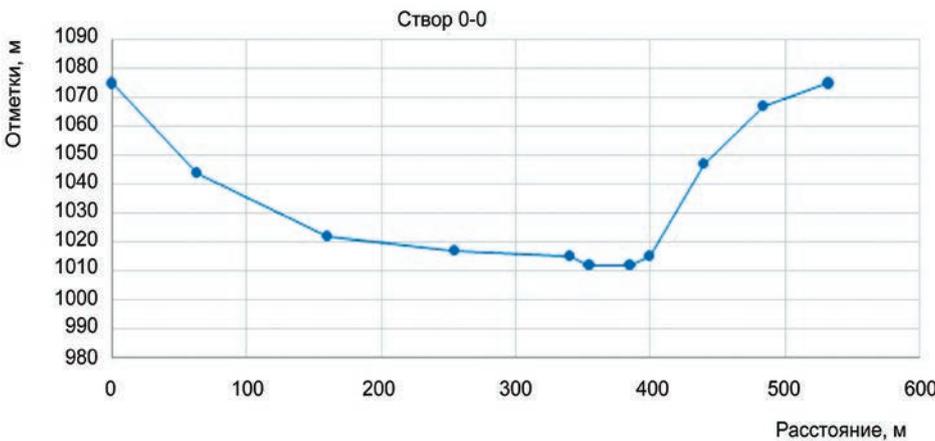


Рис.1. Поперечный профиль створа 0-0

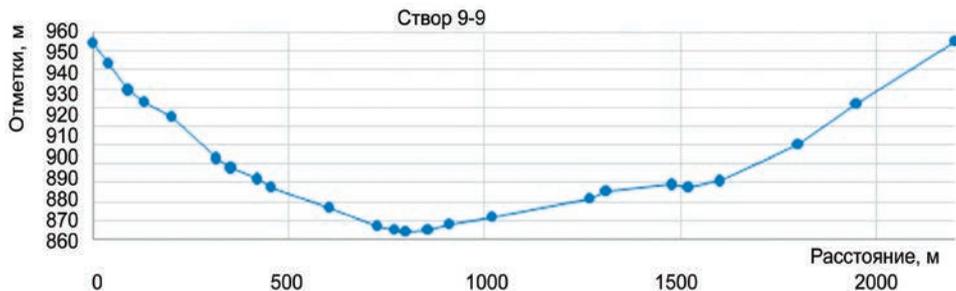


Рис.2. Поперечный профиль створа 9-9

В статье использованы рекомендации и ГОСТы, правила эксплуатации водохранилищных гидроузлов и другие методические документы, посвященные безопасности плотин и гидротехнических сооружений [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

При распространении волны прорыва расчет максимального прорывного расхода волны в створе перехода Q_{nm} , м³/с, определяют по формуле:

$$Q_{nm} = \frac{W_0 Q_n}{W_0 + Q_n L_p \tau} + Q_M \quad (2)$$

где Q_n - расход в створе плотины при ее прорыве, определяемый по формуле (1), м³/с; L_p - расстояние от плотины до перехода, м; τ - коэффициент, характеризующий условия прохождения волны прорыва по транзитному руслу, с/м; W_0 - объем водохранилища при наивысшем уровне верхнего бьефа, м³; Q_M - возможный бытовой расход водотока или расход сброса с водослива плотины в створе перехода на момент прохождения волны прорыва, м³/с.

В случае рваных переломов продольного профиля водотока на длине L_p , расчет по формуле (2) проводится последовательно по участкам с однообразным уклоном. Для упрощения расчетов в табл. 2, 3 [7] приведены значения τ для различных значений уклона i транзитного русла.

Расчеты максимального прорывного расхода волны в створах перехода сведены в таблицы (табл.1 Бартогайское, табл.2-Капшагайское, табл. 3-Куртинское водохранилище) и построены графики зависимости расхода от расстояния до плотины (рис.3 по Бартогайскому, рис.4 по Капчагайскому, рис.5 по Куртинскому водохранилищам).

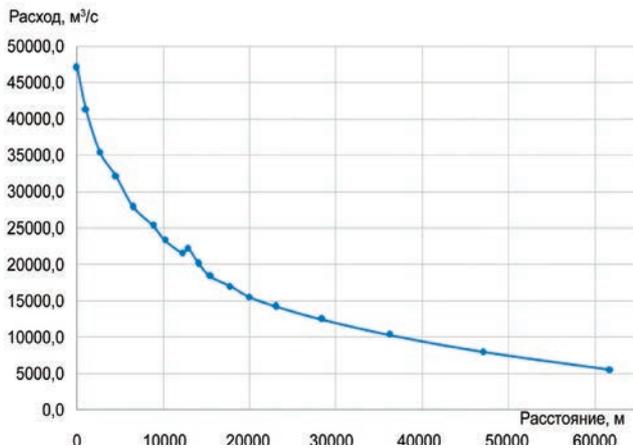


Рис.3. График зависимости расхода от расстояния до плотины - Бартогайское водохранилище

Таблица 2

Капшагайское водохранилище

Створы	Расстояние между створами, м	Длина участка от начала L_p , м	Уклон участка, ‰	Коэффициент τ , с/м	Расход волны $Q_{нм}$, м³/с
0-0	0	600	0.833	1.233	23812
1-1	20200	20800	0.470	1.332	23444
2-2	28650	49450	0.384	1.370	22920
3-3	51550	101000	0.272	1.443	21968
4-4	49000	150000	0.367	1.380	21280
5-5	49000	199000	0.306	1.416	20499
6-6	51000	250000	0.216	1.487	19642
7-7	43000	293000	0.256	1.455	19159
8-8	57000	350000	0.175	1.539	18245
9-9	13000	363000	0.1538	1.574	17998

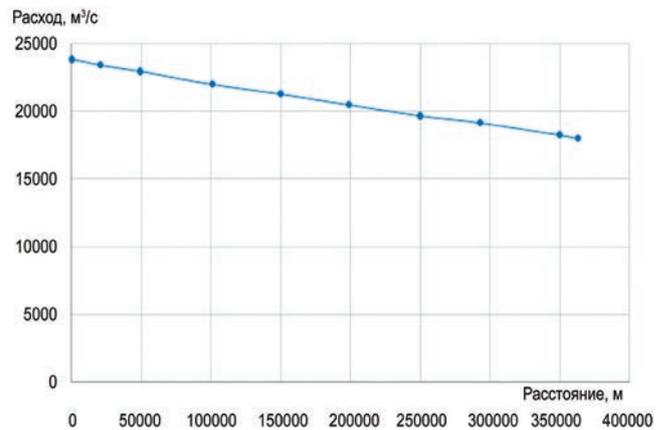


Рис.4. График зависимости расхода от расстояния до плотины-Капчагайское водохранилище

Таблица 3

Куртинское водохранилище

Створы	Расстояние между створами, м	Длина участка от начала L_p , м	Уклон участка, ‰	Коэффициент τ , с/м	Расход волны $Q_{нм}$, м³/с
0-0	0	500	1.500	1.140	17325
1-1	550	1050	2.727	1.046	16451
2-2	4030	5080	1.613	1.129	11635
3-3	5120	10200	0.781	1.244	8424
4-4	10700	20900	1.495	1.141	6186
5-5	9350	30250	1.176	1.179	5057
6-6	9700	39950	1.443	1.147	4482
7-7	10300	50250	1.262	1.169	4003
8-8	10230	60480	1.466	1.144	3732
9-9	7210	67690	1.4563	1.145	3564

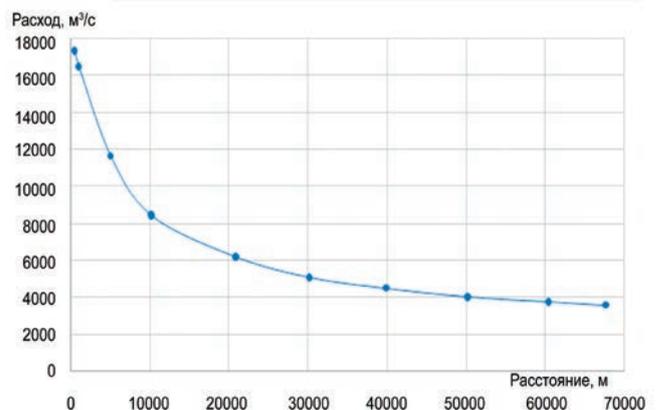


Рис.5. График зависимости расхода от расстояния до плотины - Куртинское водохранилище

Выводы.

1. Для выполнения прогнозных расчетов прорыва водохранилищных плотин в нижнем бьефе гидроузла выполнены нивелирно-теодолитная съемка на расстоянии 7-8 км от створа плотины

2. Остальные поперечники сняты из космоснимков с применением ГИС технологий

3. Выполнен гидравлический расчет прорыва плотины предложенной в «Методических рекомендациях по определению расходов воды при проектировании переходов через водотоки в зоне некапитальных плотин»

4. Прогнозными расчетами определены расход волны

прорыва в зависимости от удаленности от створа плотины.

5. По прогнозным расчетам построены графики зависимости $Q=f(L)$ для Бартогайского, Капшагайского и Куртинского водохранилищных гидроузлов.

Гидравлическими расчетами определены параметры волны прорыва при разрушении плотины Капшагайского, Бартогайского и Куртинского водохранилищ: высота гребня волны прорыва; скорости волны прорыва, а также отметки уровней воды, скорости течения волны прорыва и время прохождения волны через намеченные створы с установлением возможных зон затопления при гидродинамической аварии.

Данная работа была доложена на Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений» проведенная 22-23 мая 2018 года в г.Ташкенте и рекомендована к публикации в журнале "Irrigatsiya va melioratsiya".

№	References	Литература
1	Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu raskhodov vody pri proektirovanii perekhodov cherez vodotoki v zone vozdeystviya nekapitel'nykh plotin [Methodological recommendations for determining water flow during the design of transitions through watercourses in the zone of impact of non-capital dams] Moscow, VNII transportnogo stroitel'stva, 1981.	Методические рекомендации по определению расходов воды при проектировании переходов через водотоки в зоне воздействия некапитальных плотин. М.: ВНИИ транспортного строительства, 1981.
2	Stepanov K.A. Metodika modelirovaniya volny proryva dlya predotvrasheniya vozmozhnogo ushcherba, vyzvannogo zatopleniem zemel' v rezul'tate obrusheniya plotin [A technique for modeling a breakthrough wave to prevent possible damage caused by flooding of land as a result of the collapse of dams]. Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki. 2014. no.2. pp.165-172.	Степанов К.А. Методика моделирования волны прорыва для предотвращения возможного ущерба, вызванного затоплением земель в результате обрушения плотин. Научное обозрение. Технические науки. -2014. №2. – С.165-172.
3	Razrabotka i sozdaniya kompleksa meropriyatiy po obespechniyu bezopasnosti GTS [Development and creation of a set of measures to ensure the safety of the HTC]. Metodicheskoe posobie. EYuK OON MFSA. Almaty, 2014.	Разработка и создание комплекса мероприятий по обеспечению безопасности ГТС: Методическое пособие. ЕЭК ООН МФСА. Алматы, 2014.
4	PP RK №171 ot 30.01.2012. Pravila ekspluatatsii vodokhozyaystvennykh sooruzheniy, raspolozhennykh neposredstvennogo na vodnykh ob'ektakh [PD RK №171 from 30.01.2012. "Rules of operation of water management facilities located directly on water bodies"].	ПП РК №171 от 30.01.2012 г. «Правила эксплуатации водохозяйственных сооружений, расположенных непосредственно на водных объектах».
5	PP RK №29 ot 12.01.2012. Kriterii bezopasnosti vodokhozyaystvennykh sistem i sooruzheniy [PD RK No. 29 of 12.01.2012 "Safety Criteria for Water Management Systems and Structures"].	ПП РК №29 от 12.01.2012 г. «Критерии безопасности водохозяйственных систем и сооружений».
6	PP RK №1449 ot 31.12.2014. Ob utverzhdenii trebovaniy pred'yavlyаемых k organizatsiyam, attestuemym na parvo provedeniya rabot v oblasti bezopasnosti plotin [PD RK №1449 from 12/31/2014 "About the statement of the requirements shown to the organizations, certificated on the right of carrying out of works in the field of safety of dams"].	ПП РК №1449 от 31.12.2014 г. «Об утверждении требований предъявляемых к организациям, аттестуемым на право проведения работ в области безопасности плотин».
7	PPRK №115 ot 10.03.2015. Pravila, opredelyayushchie kriterii otneseniya plotin k deklariruемым i Pravila razrabotki deklaratsii bezopasnosti plotiny [PD RK №115 from 10.03.2015. "The rules defining criteria of a rating of dams to declared and Rules of development of the declaration of safety of a dam"].	ПП РК №115 от 10.03.2015 г. «Правила, определяющие критерии отнесения плотин к декларируемым и Правила разработки декларации безопасности плотины».

8	GOST R22.1.11-2202 Monitoring sostoyaniya vodopodpornykh GTS (plotin) i prognozirovanie vozmozhnykh posledstviy gidrodinamicheskikh avariya na nikh. Obshchie trebovaniya [SS P22.1.11-2202 Monitoring of the state of water-retaining HTC (dams) and forecasting of possible consequences of hydrodynamic accidents on them. General requirements].	ГОСТ P22.1.11-2202 Мониторинг состояния водоподпорных ГТС (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них. Общие требования.
9	Karpenchuk I.V., Striganova M.Yu. Metodika opredele-niya raschetnykh parametrov i postroeniya grafika dvizheniya volny proryva po vodotoku [Method for determining the design parameters and plotting the wave breakthrough motion of the waterway]. ChS: preduprezhdenie i likvidatsiya. 2007. no.2(22). pp.76-84.	Карпенчук И.В., Стриганова М.Ю. Методика определения расчетных параметров и построения графика движения волны прорыва по водотоку // ЧС: предупреждение и ликвидация. – 2007. –№ 2(22). – С.76-84.
10	Tekhnicheskij pasport gidrotekhnicheskogo sooruzheniya №2 Kurtinskogo vodokhranilishcha [Technical passport of the hydraulic engineering structure №. 2 of the Kurtinsk reservoir]. RGP UE BV i BAK im.D.Kunaeva.	Технический паспорт гидротехнического сооружения №2 Куртинского водохранилища. РГП «УЭ БВ и БАК им.Д.Кунаева».
11	Pravila ekspluatatsii Kurtinskogo vodokhranilishcha [Rules of expluatation of the Kurtinsk reservoir]. RGP UE BV i BAK im.D.Kunaeva. s.Bayterek, 2010.	Правила эксплуатации Куртинского водохранилища. РГП «УЭ БВ и БАК им.Кунаева», с.Байтерек, 2010.