

УДК 631.6

UDC 631.6

ЗАЩИТА НИЖНЕЙ КУБАНИ ОТ ПАВОДКОВ ГИБКИМИ НАЛИВНЫМИ ДАМБАМИ

PROTECTION OF THE KUBAN RIVER AGAINST FLOODS BY MEANS OF WORKED-BU-WATER FLEXIBLE DAMS

Малышев Борис Николаевич
к.т.н.

Malyshevich Boris Nikolaevich
Cand.Tech.Sci

ФГУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз», Краснодар, Россия

"Kubanmeliiovodkhoz "Department", Krasnodar, Russia

В статье представлены конструкции быстровозводимых дамб из высокопрочных полимерных материалов и технологии их изготовления и возведения в местах прорывов, размывов русел рек. А также технологическая схема производства работ по ликвидации последствий прорыва дамб, их геометрические параметры и расчетная стоимость. Представлены параметры и критерии устойчивости гибкой дамбы на сдвиг и опрокидывание

The article deals with constructions of fast-erected dams from high-strength polymeric materials as well as with their production engineering and erection at a point of the dam failures and washouts of riverbeds. And the flowchart of work production on elimination of consequences by dam failures, their geometrical parameters and estimated cost also. Parameters and criteria of flexible dam's stability for shift and overturning are presented

Ключевые слова: ПАВОДОК, НАВОДНЕНИЕ, ПЛОЩАДЬ ЗАТОПЛЕНИЯ, ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ГИБКИЕ ДАМБЫ

Keywords: FLOOD, FLOODING, FLOODED AREA, AREA PROTECTION, FLEXIBLE DAMS

Обострение проблемы наводнений в России непосредственно связано с прогрессирующим старением основных фондов водного хозяйства вследствие постоянного уменьшения объемов капиталовложений в водную отрасль в течение последних лет. Дополнительными факторами риска антропогенного характера является изменение стока на хозяйственно освоенных подвергнутых трансформациям водосборных территориях; хозяйственное освоение паводкоопасных территорий в нижних бьефах гидроузлов и размещение там хозяйственных объектов и жилья; стеснение живого сечения потока рек. Все это приводит к наводнениям с тяжелыми и катастрофическими последствиями, нанесению значительного ущерба объектам экономики, здоровью людей и к человеческим жертвам.

Существующая система защитных мер и основные фонды водного хозяйства в силу их старения, снижения капиталовложений, ухудшения технического состояния регулирующих и защитных сооружений все больше и больше подвергается риску и подверженности катастрофическим паводкам.

В этих чрезвычайных ситуациях производство работ по борьбе с паводками должно базироваться на оперативности работ, мобильности используемой строительной техники, использовании новых материалов и технологий, позволяющих в максимально короткие сроки предотвратить катастрофу и нормализовать работу противопаводковой системы. Таким условиям и требованиям отвечают новые конструкции быстровозводимых дамб из высокопрочных полимерных материалов и технологии их изготовления и возведения в местах прорывов, размывов и смещения русел рек и затопления наиболее низких мест.

Большой опыт использования таких конструкций и технологий накоплен в настоящее время по борьбе с паводками в низовьях Кубани, на реках Кубань и Протока [5]. С учетом этого опыта рассмотрим целесообразность и эффективность подобных методов производства работ по борьбе с паводковыми явлениями по бассейну низовой реки Кубань.

Паводки 1931, 1932, 1954, 1963, 1966, 1980, 1987, 1997, 2002 годов вызывали катастрофические последствия [3] и определяли необходимость совершенствования системы защитных сооружений, которая окончательно была сформирована в последние десятилетия. Особенно ощутимые последствия были нанесены паводками 1993 и 2002 г, когда только в зимнем паводке было 14 прорывов дамб обвалования, а в летнем 29 прорывов в десяти районах Краснодарского края.

Одна из причин столь активного прорыва дамб – их неудовлетворительное состояние для пропуска паводков даже 10% обеспеченности, в то время как указанные паводки были 1,0% обеспеченности и ниже.

Окончательно созданная более 50 лет назад противопаводковая система обвалования рек Кубань и Протока позволяет пропускать паводковые расходы до 1000 м³/сек, реже 1200 м³/сек в то время как летний паводок 2002 г. имел расход 1600...1800 м³/сек. В созданной системе обвалования нижней Кубани 144,6 км дамб находятся в критическом состоянии.

Величины кодов степени опасности и степени уязвимости определяется на основании экспертной оценки.

По полученным интегральным кодам показателей опасности и уязвимости в соответствии с формализованной ранжированной оценкой, определяются коэффициенты опасности λ , и уязвимости ν , а затем и величина риска аварии R_a .

Оценка риска аварии проводится на основании экспертного анализа показателей опасности аварии и степени уязвимости элементов системы по принципу пересечения этих событий в виде коэффициента риска аварии R_a по формуле

$$R_a = \lambda \cdot \nu$$

Физический смысл коэффициента риска R_a состоит в том, что он по существу представляет собой долю риска, который может иметь место на сооружении при наиболее неблагоприятных сочетаниях показателей опасности и уязвимости.

Степень риска аварий на земляных дамбах обвалования рек Кубань и Протока характеризуется как большая [4]:

$$R_a = \lambda \cdot \gamma_y = 0,706 \cdot 0,600 = 0,423$$

$\lambda = 0,706$ – коэффициент опасности аварии;

$\gamma_y = 0,600$ – коэффициент уязвимости аварии сооружений.

Уровень безопасности – неудовлетворительный.

Прочность и устойчивость всех сооружений системы рассчитана из условия сейсмостойкости в 6 баллов. По сегодняшним представлениям, она должна оцениваться и рассчитываться на сейсмичность в 9 баллов. Низкая несущая способность дамб, вызвана качеством грунтов отсыпаемых в их тело, заниженными геометрическими параметрами, а также несовершенными технологиями их возведения.

Используются различные способы ликвидации аварийных чрезвычай-

чайных ситуаций, включающие применение и использование технологических комплексов машин и механизмов, обеспечивающих оперативную и надежную заделку проранов и защиту территорий.

Производство работ в этом случае ведется пионерным способом с отсыпкой бетонных блоков, тетраэдров, крупного бутового камня и скалы в прораны и надвижкой этого и последующего материала мощными бульдозерами в проран. Скорости в проранах достигают 2,0 м/с и более, а расходы до 20...30 м³/с,.

Прорыв существующей дамбы происходит локально, сначала за счет перелива слоя воды через верх дамбы, образования в наиболее низком и слабом месте дамбы небольшой прорези в верховой ее части на гребне дамбы. В дальнейшем по мере входа и движения потока в прорези и большого перепада отметок воды с верховой и низовой стороны дамбы, проран стремительно разрастается в ширину и глубину.

В короткий промежуток времени образуется не только проран, но и воронка размыва за ним с углублением 0,5...1,0 м. В этом случае можно без существенных ошибок установить необходимую расчетную высоту гибкой дамбы, ее длину и поперечные размеры.

Технологическая схема производства работ по ликвидации последствий прорыва дамбы включает несколько последовательных ступеней (рисунок 1) и может происходить как по традиционным технологиям с восстановлением стационарных сооружений, так и по технологии применения гибких дамб в местах прорана.

Эксплуатационным организациям необходимы технические средства, позволяющие оперативно ликвидировать прорывы в противопаводковой системе обвалования на реках Кубань и Протока. Решение проблемы возможно с помощью многооборотных гибких быстровозводимых дамб из высокопрочных композитных материалов.

Мировой опыт применения гибких противопаводковых дамб накоп-

ленный в Голландии, Италии, Дании, России свидетельствует в их пользу, однако для применения таких конструкций необходимо иметь не только параметры прорана, но и характерные типовые конструкции гибких дамб с наиболее часто востребованными сечениями и размерами.

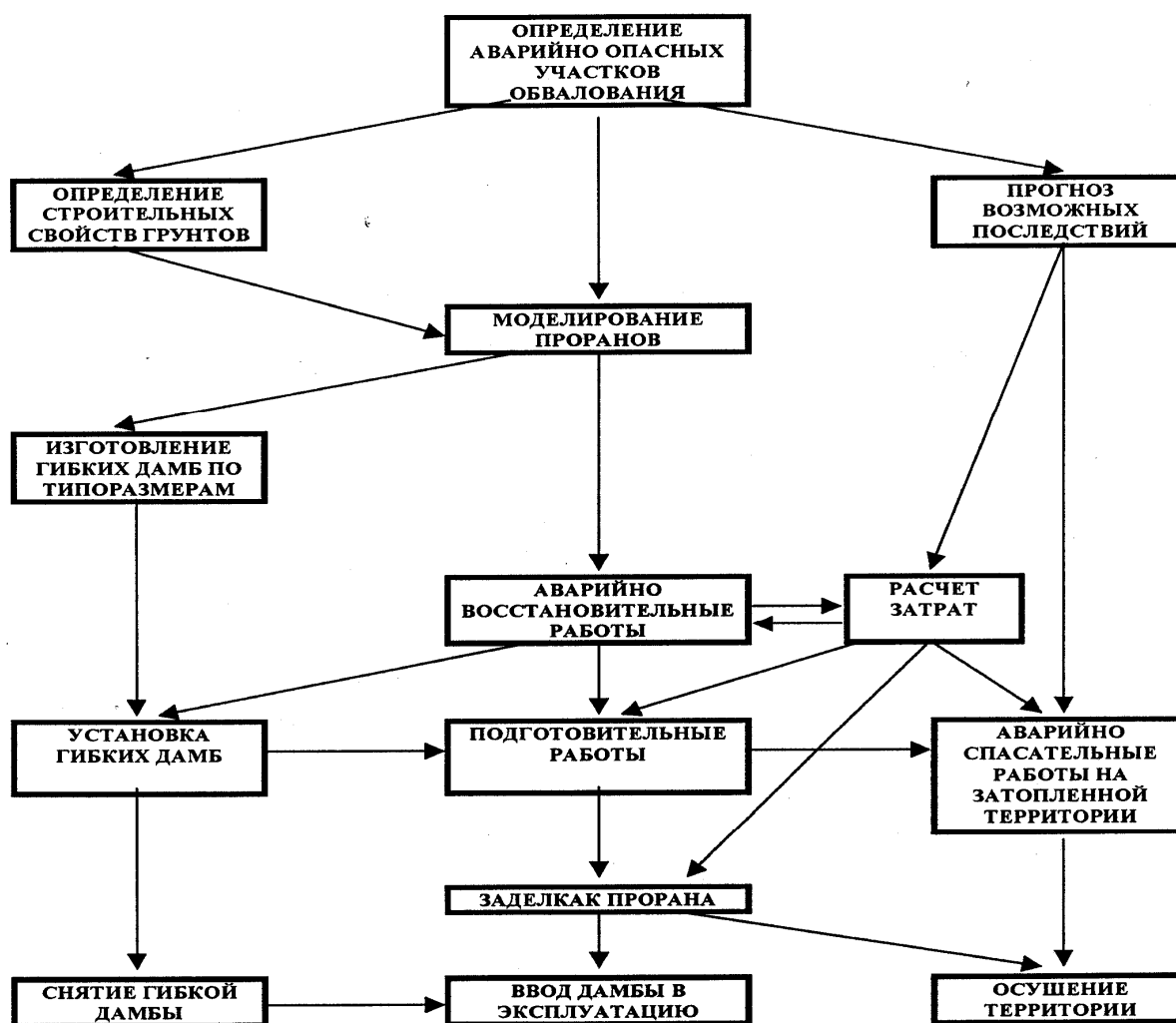


Рисунок 1 – Технологическая схема производства работ по ликвидации прорыва дамб

В водохозяйственном строительстве Российской Федерации используются водонепроницаемые капроновые ткани с резиновым и полимерным покрытием, выпускаемые Уфимским, Курским, Ярославским, Ивановским и другими заводами полимерных изделий и конструкций. Масса 1 м² одно- и двухслойных тканей с покрытием составляет от 1,2 до

3,5 кг, при толщине ткани от 0,9 до 3,0 мм. По технологическим показателям на отечественных заводах РТИ предпочтение отдается изготовлению однослойных тканей. Сооружения, изготавливаемые из них, относятся, в основном, к сезонным или временным.

Для облегчения практического использования гибких дамб с целью их возможного оперативного применения разработаны типовые конструкции (таблица 1) с параметрами раскройного периметра, потребности материала для их изготовления, а также стоимости их изготовления по действующим технологиям (таблица 2).

Таблица 1 - Параметры гибких дамб

Шифры гибких дамб	Раскройный периметр гибких дамб из ТК-80, м	Потребность материала при длине дамбы, м ²		
		10	20	30
ГД 2-10 ГД 2-20 ГД 2-30	7,0	80	170	240
ГД 2,5-10 ГД 2,5-20 ГД 2,5-30	11,0	130	260	390
ГД3-10 ГД3-20 ГД3-30	15,0	170	340	510

Таблица 2 - Расчетная стоимость гибких дамб

Шифры гибких дамб	Расчетная стоимость тыс. руб., в зависимости от длины дамбы, в м.			
	10	20	30	40
ГД2-10; ГД 2-20; ГД 2-30	24	48	72	-
ГД 2,5-10; ГД 2,5-20; ГД 2,5-30	39	74	110	-
ГД 3-10; ГД 3-20; ГД 3-30	51	98	150	-
ГД 4-10; ГД 4-20; ГД 4-30; ГД 4-40	130	260	390	510

Для изготовления гибких дамб используется тканевый материал с

основой из капрона ТК-80, ТК-100, ТК-120,....ТК-400. Номинальная прочность на разрыв одного слоя текстильной основы из капрона ТК-80 для основы составляет 127,2 кН/м, по утку – 81,6 кН/м. Относительное удлинение по основе при нагрузке, равной 10 % номинальной прочности, составляет 2 %. Стойкость к многократному изгибу – более 300 тыс. раз.

Длина таких дамб в зависимости от ширины прорана чаще всего изменяется от 10 до 40 м. Крепление дамбы осуществляется с помощью специальных монтажных тросов зацепленных за анкерными устройствами. После закрепления дамба заполняется водой. В силу своей мягкости и гибкости она «обволакивает» все неровности прорана, плотно к нему примыкает, герметизирует его и не позволяет потоку проходить через проран и размывать его дальше.

Технологическая последовательность работ в этом случае представлена четырьмя блоками работ:

- определение аварийно-опасных участков с установлением строительных свойств грунтов в месте возможного или существующего прорана, и прогноза возможных последствий;
- проектирование гибких дамб, или их подбор по типоразмерам (таблица 5.8) и стоимости (таблица 5.9), из числа нормативно-номенклатурного перечня изготавливаемого заводами-поставщиками.
- установка гибкой дамбы в месте прорана.
- снятие гибкой дамбы и осушение территории.

В условиях Нижней Кубани накоплен определенный опыт установки и эксплуатации подобных дамб. Так при прорыве ограждающей дамбы на Федоровской оросительной системе была установлена гибкая дамба длиной 16 м и высотой 1,8 м, которая достаточно эффективно себя показала в 2002-2003 гг.

Для того чтобы были гарантии работы гибкой дамбы, не только с точки зрения перекрытия сечения прорана, но и ее устойчивости на сдвиг и

опрокидывание должны выполняться определенные требования к ее ширине. Исходя из опыта зарубежной практики, условие устойчивости гибких дамб принимается с большим запасом $B \geq 0,82H$.

Следовательно, ширина дамбы (В) в этом случае должна быть больше глубины воды перед ней на величину не менее $0,82H$. Это условие вытекает из рассмотрения и анализа опрокидывающих и удерживающих моментов сил:

$$M_{y\partial} = gB \cdot H \frac{1}{4} B \quad (1)$$

$$M_{onp} = g \frac{H^2}{2} \cdot \frac{H}{3} \quad (2)$$

$$\frac{gB^2 H}{4} \geq \frac{gH^3}{6} \quad (3)$$

$$\text{откуда } B^2 \geq \frac{2}{3} H^2 \quad (4)$$

$$B \geq 0,816H \quad (5)$$

Параметры устойчивости гибких дамб, выполненных при различных раскройных периметрах и изготовленных из материала на основе ТК-80 имеют следующие показатели:

для дамбы с раскройным периметром $L_{об} = 15 \text{ м}$:

- расчетное усилие в дамбе $T_p = 30 \text{ кН/м}$;

- условный диаметр гибкой дамбы $L_0 = \frac{L}{\Pi} = 4,77 \text{ м}$;

- $H = 2,84 \text{ м}$; $B = 6,01 \text{ м}$; $H_0 = 3,80 \text{ м}$;

- объем воды в дамбе $W = 289 \text{ м}^3$;

$$\frac{B}{H} = \frac{6,01}{2,87} = 2,09 \geq 0,82$$

$$M_{y\partial} = 303,4 \text{ кН/м}; M_{onp} = 39,4 \text{ кН/м}; M_{y\partial} \geq M_{onp}$$

$$F_{c\partial} = 41,2 \text{ кН}; F_{y\partial} = 61,4 \text{ кН} \quad F_{y\partial} \geq F_{c\partial}$$

условие устойчивости такой дамбы соблюдается с коэффициентом запаса более 2,0.

При раскройном периметре гибкой дамбы $L_{об} = 10 м$:

$$L_o = 3,18 м ; W = 152,7 м^3 ; H = 2,44 м ; B = 3,69 м ; H_0 = 3,99 м ;$$

$$\frac{B}{H} = \frac{3,69}{2,44} = 1,51 \text{ } \mathbf{f} \text{ } 0,89$$

Удерживающие и опрокидывающие моменты для такой дамбы устанавливаются из уравнения:

$$M_{y\partial} = gwa \cdot 1 = 75,5 \text{ кН/м};$$

$$M_{opr} = \frac{1 \cdot g \cdot H^3}{6} = 24,2 \text{ кН/м};$$

то есть $M_{y\partial} \text{ } \mathbf{f} \text{ } M_{opr} ; 75,5 \text{ } \mathbf{f} \text{ } 24,2$

Усилие на сдвиг устанавливаем по формулам:

$$F_{cd} = 0,5gH^2 = 29,8 \text{ кН.}$$

Удерживающее усилие на сдвиг:

$$F_{y\partial} = gW \cdot tgj = 29,8 \text{ кН.}$$

$$F_{y\partial} \text{ } \mathbf{f} \text{ } F_{cd} \quad 32,4 \text{ } \mathbf{f} \text{ } 29,8$$

Для оперативности расчетов в качестве критериев устойчивости гибкой дамбы на сдвиг и опрокидывание предложено использовать коэффициенты на сдвиг (K_{cd}) и опрокидывание (K_{opr}):

$$K_{cd} = \frac{2W \cdot tgj}{H^2} \text{ } \mathbf{f} \text{ } 1; \tag{6}$$

$$K_{opr} = \frac{6W \cdot a}{H^3} \text{ } \mathbf{f} \text{ } 1; \tag{7}$$

Анализ паводковых явлений на протяжении последних 3-5 лет по основным бассейнам рек Кубань, Терек, Сулак свидетельствует о том, что в силу старения противопаводковых систем на этих реках на всех из них имеют место прорывы дамб обвалования, затопление территорий, обруше-

ние берегов и вовлечение в зону обвалов населенных мест и территорий.

Статистический анализ таких ситуаций показывает, что средняя ширина проранов составляет от 10 до 30 м. Расход через такой проран - 15...20 м³/с, объем уходящей воды колеблется от 85 до 120 млн. м³, а скорости движения воды в них достигают 1,5...2,0 м/с. Ущерб от таких прорывов дамб обвалования исчисляется сотнями миллионов, а иногда десятками миллиардов рублей [1, 2]. Так по расчетам Кубаньводпроекта, паводок 10% обеспеченности на реке Кубань затрагивает четыре административных района с ущербом 10,8 млрд. руб. Паводки 1% и 0,5% обеспеченности затрагивают уже 8 районов с количеством населенных пунктов более 50 и ущербом соответственно 33,8 и 34,6 млрд. руб. В таких условиях оперативное решение противопаводковой защиты с использованием гибких дамб [6] позволит сократить сроки их возведения или предупредить вообще затопление территорий, а также снизить капитальные затраты в 3,0...3,5 раза, что в денежном выражении составляет около 50 млн. руб. сэкономленных средств на одном объекте.

В бассейне р. Кубань проводились большие работы по противопаводковой защите. Общая длина дамб обвалования составляет около 650 км, которые защищают 6700 км² территорий от затопления. Построено более 240 водохранилищ, наиболее крупные из них - комплексного назначения (Краснодарское, Шапсугское, Крюковское, Варнавинское, Октябрьское и др.). Второй необходимой составляющей эффективного решения проблемы наводнений должна служить отлаженная система прогнозирования паводкоопасных ситуаций. В Краснодарском крае и в целом по РФ система прогнозирования наводнений требует коренного совершенствования.

Разработка современных методов прогнозирования с использованием последних достижений компьютерных и ГИС технологий позволила бы повысить качество прогнозов наводнений, выбора предупредительных мер и снизить ущербы от них. В то же время следует отметить, что до настоя-

щего времени нет нормативной основы оценки ущербов от наводнений, нет нормативной базы, регламентирующей использование периодически затапливаемых земель, нет экономических рычагов по регулированию использования пойменных земель.

По причине крайне низкого финансирования основными мерами по снижению разрушительных воздействий наводнений в настоящее время является только регулирование стока водохранилищами и проведение в предпаводковый период предупредительных мероприятий.

Снижение ущербов народному хозяйству от катастрофических наводнений является крупной социально-географической и экологической проблемой, решение которой возможно только на основе бассейнового подхода. Несомненно, катастрофические наводнения – это стихийные бедствия, однако потери от них в значительной мере определяются предыдущей хозяйственной деятельностью. В связи с этим ежегодно наносимый ущерб следует рассматривать, в том числе, и как результат недостаточно продуманной хозяйственной политики в пределах речных бассейнов.

Список использованных источников

- 1 Галкин Г.А., Шеуджен А.Х., Галкина Р.В. Экологические последствия стихийных бедствий на Кубани в 2002 г. // Вест. Краснодарского отделения РГО. – 2004. – Вып. 3. – С. 256-279.
- 2 Иванов А.А., Михайлов В.Н., Магрицкий Д.В. Причины, хроника событий и последствия наводнения в низовье реки Кубани зимой 2001-2002 гг. - Безопасность энергетических сооружений // Научно-технический и производственный сборник. Вып. 11. – М., 2003. – С. 275-283.
- 3 Коровин В.И., Галкин Г.А. Генетическая структура наводнений и паводков на реках Северо-Западного Кавказа за 275-летний период // Изв. АН СССР. Сер. геогр. - 1979. - № 3. - С. 90-94.
- 4 Куранов Н.П. Методические рекомендации по оценке риска и ущерба при подтоплении территорий – М.: ДАР/ВОДГЕО, 2001. – 205с
- 5 Малышев Б.Н. Опыт использования ограждающих дамб в гидротехническом строительстве // Изв. Вузов Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. - 2006. - Прил. №13. - С. 141-143.
- 6 Руководство по применению гибкой наливной дамбы из композитных материалов в качестве ограждающих конструкций / Волосухин В.А., Ма-

лышевич Б.Н.: Утверждено НТС МСХ РФ 12.04.2007. – Новочеркасск: НГМА, 2007. – 22с.