

снизить вероятность ошибок при принятии управленческих решений, повысить экономическую эффективность осуществляемых мелиоративных мероприятий.

Список использованных источников

1 Введение в геоинформационные системы. Запросы и выборки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gis-lab.info/docs/giscourse/16-query.html>, 2019.

2 Курлович, Д. М. Геоинформационные методы анализа и прогнозирования погоды: учеб.-метод. пособие / Д. М. Курлович. – Минск: БГУ, 2013. – 191 с.

3 Рыжаков, А. Н. Разработка геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» / А. Н. Рыжаков, А. А. Кузьмичёв, Д. В. Мартынов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 4(76). – С. 110–118.

УДК 626/627

А. И. Тищенко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ДАМБ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ И ПРОДЛЕНИЮ СРОКА ИХ СЛУЖБЫ

Цель исследований – выработка рекомендаций по повышению надежности работы дамб мелиоративных каналов и продлению срока их службы. Материалом явились результаты выполненных автором натурных исследований современного состояния дамб каналов на примере Большого левобережного канала в Ставропольском крае. Методы исследований – правила выполнения геодезических и гидротехнических работ на мелиоративных каналах. Анализ материала показал крайне неблагоприятную картину состояния как в пределах подводящего русла, в пределах самого сооружения, так и на участке отводящего русла. Сформировавшиеся условия эксплуатации приводят к прогрессирующему размыву дамб канала и разрушению составляющих элементов самого сооружения. Отсутствие высокоэффективных гасителей, недостаточная глубина потока в нижнем бьефе определяют причины прогрессирующих размывов. Результатами исследований явились краткие рекомендации по повышению надежности работы дамб мелиоративных каналов и продлению срока их службы.

Ключевые слова: мелиоративные каналы; состояние дамб; местные деформации; назначение створов; нижний бьеф; длина участка канала; ширина между дамбами.

A. I. Tishchenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING RELIABILITY OF RECLAMATION CANALS DAMS AND THEIR SERVICE LIFE EXTENSION

The purpose of the research is to develop recommendations for improving the performance reliability of reclamation canals dams and extending their service life. The material was the results of field studies of the current state of canal dams using the example of the Great Left-Bank Canal in Stavropol Territory performed by the author. Research methods are the rules for performing geodetic and hydrometric works on reclamation canals. Analysis of the material showed an extremely unfavorable picture of the state both within the approach channel, within the structure itself and in the area of the discharge channel. The formed operating conditions lead to a progressive erosion of the channel dams and the destruction of

the constituent elements of the structure itself. The absence of highly effective bafflers and the insufficient depth of flow in the downstream determine the causes of progressive erosion. The results of the studies were brief recommendations on improving the reliability of reclamation canal dams and extending their service life.

Key words: reclamation canals; dam state; local deformations; discharge section function; downstream; canal section length; width between dams.

Введение. Еще в начале прошлого столетия эксплуатационные работники на оросительных каналах заметили, что за многими гидротехническими сооружениями образуются местные деформации в отводящем русле, приводящие к авариям гидротехнических сооружений. Детальные исследования причин возникновения местных деформаций были начаты с 40–50 гг. XX в.

Значительный вклад в решение ряда вопросов внесли И. И. Леви [1], М. М. Гришин [2], М. С. Вызго [3], Ц. Е. Мирцхулава [4], М. А. Михалев [5], В. Н. Щедрин [6, 7], С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко [8] и другие исследователи [9–16].

Большое признание получила формула М. С. Вызго [3] для определения глубины воронки местного размыва падающей струей:

$$t = AK\sqrt{\sigma q\sqrt{P_0}}, \quad (1)$$

где t – глубина воронки местной деформации земляного русла канала, м;

A – коэффициент аэрации, вычисляемый по формуле:

$$A = (0,55)q / Z_0;$$

q – удельный расход жидкости, м²/с;

Z_0 – перепад уровней воды между верхним и нижним бьефами сооружения, м;

K – коэффициент, учитывающий в основном свойства грунта оснований;

σ – коэффициент сбойности течения;

P_0 – скоростной напор потока в верхнем бьефе (с учетом скорости подхода v_0), м.

Формула (1) предназначена для определения глубины размыва в несвязных грунтах. Последующие его ученики проводили исследования с уточнением существующих и добавлением других коэффициентов в формулу (1).

Первым, кто вплотную занялся изучением размыва связных грунтов, стал акад. Ц. Е. Мирцхулава. При нахождении глубины воронки размыва в связных грунтах им были решены две задачи: 1) определение придонных скоростей и их пульсационных характеристик; 2) установление значений неразмывающих скоростей на дне воронки.

Решение первой задачи связано с разработками М. А. Михалева [5], который предложил скорость по оси струи определять по формуле:

$$v_{\max} = \frac{v_{\text{вх}}}{0,9} + \frac{0,09x}{B_0},$$

где v_{\max} – максимальная осредненная скорость течения в воронке размыва, м/с;

$v_{\text{вх}}$ – средняя скорость струи при входе ее под уровень нижнего бьефа, м/с;

x – длина начального участка струи, м;

B_0 – полная ширина струи в месте ее затопления, м.

Вторую задачу Ц. Е. Мирцхулава решил составлением уравнения устойчивости грунта на дне стабилизировавшейся воронки, получив на этом основании формулу:

$$t_0 = 11,1B_0 \left(\frac{v_{\text{вх}}}{v_{\Delta\text{доп.вх}}} - 0,9 \right) \frac{\sin \beta_{\text{вх}}}{1 - 0,175 \text{ctg} \beta_{\text{вх}}},$$

где $v_{\Delta\text{доп.вх}}$ – допускаемая неразмывающая скорость грунта во входном сечении струи, м/с;

$\beta_{\text{вх}}$ – угол наклона струи при ее входе под уровень воды нижнего бьефа, град.

На основании приведенных зависимостей можно отметить, что глубина воронки

размыва падающей струей зависит от удельного расхода q , гидравлического перепада Z_0 , скоростного напора P_0 , аэрации потока и ряда других факторов, объединенных коэффициентом K (свойства грунта, угол наклона струи к горизонту и др.).

Материалы и методы. Материалами явились результаты натурных исследований, проведенных на сооружениях Большого левобережного канала в Ставропольском крае.

По запросу работников Управления Курской обводнительно-оросительной системы (УКООС) необходимо было выявить: причины возникновения местных деформаций за горизонтальным креплением, влияние сооружения на распределение скоростей потока в нижнем бьефе, связь между средней скоростью потока в живом сечении и придонной осевой скоростью (определяющей размывающую способность потока).

Приведенные пожелания, объем и очередность работы выполнялись по установленному плану. При выполнении поставленных задач достаточное внимание было уделено и общему анализу русловых процессов и закономерностей, определяющих развитие местных деформаций.

Результаты и обсуждения. По трассе канала расположено 16 сетевых сооружений. В состав исследований всех сооружений входили: визуальные наблюдения, замеры осредненных гидравлических характеристик, измерения геометрических параметров подводящего русла, участка верхнего бьефа, нижнего бьефа и участка отводящего канала, критическая оценка состояния геометрических сечений и стыковых соединений железобетонных элементов. Все это проиллюстрируем на примере одного сооружения.

Быстроток на ПК 39 канала представляет собой лоток трапецеидального поперечного сечения с геодезическим перепадом дна лотка 1,72 м.

Для гашения потока устроен водобойный колодец глубиной 0,35 м. В конце колодца установлены три направляющие стенки длиной 1 м, толщиной 20 см, возвышающиеся над дном бетонной части крепления на 0,32 м. Высота передней грани стенки 0,68 м.

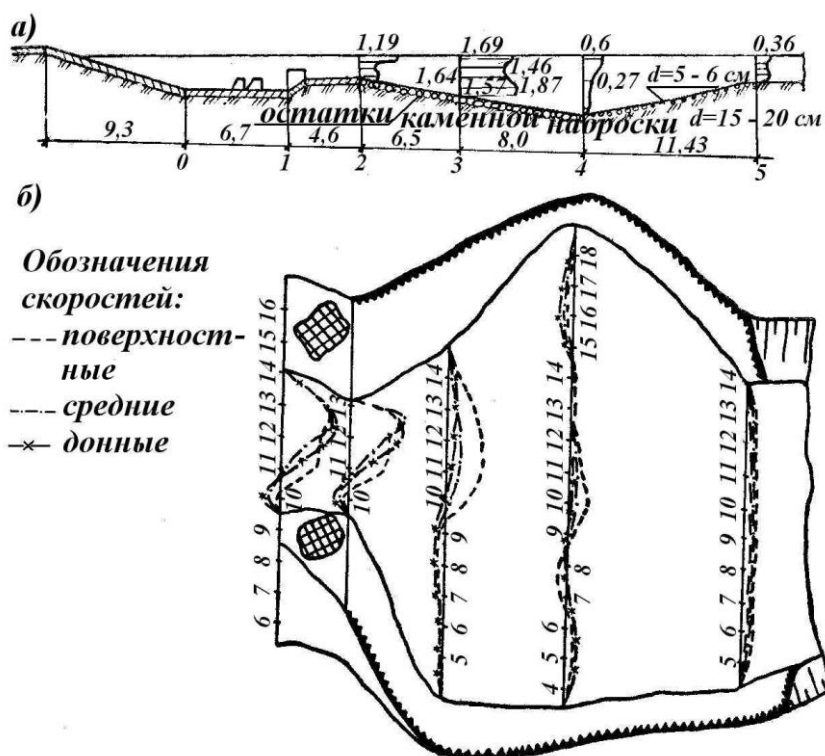
На дне водобойного колодца (рисунок 1) установлены в шахматном порядке семь шашек в виде пирсов высотой 0,4 м, толщиной 0,27 м. Расстояние между пирсами в свету 0,5 м, между направляющими стенками 1,0 м. Оси пирсов и гасителей ориентированы относительно проектной оси водобойного колодца и отводящего канала. Несмотря на такое оснащение нижнего бьефа сооружения гасящими устройствами, крепление из камней наброски разрушено полностью. В 15 м от конца бетонного крепления глубина размыва достигла 1,15 м (рисунок 1). Дно участка размыва на протяжении 26 м покрыто камнем и галькой различных по фракционному составу размеров. За пределами размыва участка наблюдается небольшое заиливание дна.

В водобойном колодце перед порогом между направляющими стенками скопились донные наносы из камней и булыжников размером 10–15 см. В результате этого получился уположенный откос порога водобойного колодца, который, в сущности, прекратил выполнять свои функции. Поток в пределах колодца не гасится в нужной мере и не распределяется по ширине отводящего русла. В пределах колодца образуется свал потока к левому откосу, а в конце бетонного крепления поток отклоняется к правому берегу.

Помимо разрушения крепления из каменной наброски и занесения водобойного колодца, за сооружением зафиксированы недопустимые деформации откосов. Правый откос в 4 м от конца бетонной части крепления обрушился. Ширина обрушения составила 7 м (рисунок 1). Длина размыва участка правого откоса достигла 56 м.

В 15 м от бетонного крепления левый откос размыв на ширину 5,5 м на протяжении 19,5 м. Размыв левого откоса продолжается. И правый, и левый откосы обрывистые. Обнаружены границы (появление трещин) дальнейших разрушений откосов. В результате обследований отмечено, что левый откос имеет большее уплотнение грун-

та, чем правый. За пределами участка размыва на левом откосе произрастает растительность, которая не допускает разрушения откоса.



а – продольный разрез и эпюры скоростей по оси потока;
 б – план воронки размыва в нижнем бьефе и эпюры скоростей в створах

Рисунок 1 – Быстроток на ПК 39 Большого левобережного канала

Участок подводящего канала в момент натурных исследований представлял собой деформированное русло, утратившее первоначальные геометрические формы. Как показали геодезические исследования, дно канала имеет отдельные вымоины. Откосы подвержены значительным размывам и оползневым явлениям. Деформированная поверхность откосов заросла травой. Вследствие такого состояния динамическая ось потока искривлена.

В намеченном для замеров створе 1 распределение скоростей отличается от классической формы (проектной). Максимальные скорости 0,8–0,9 м/с сосредоточились как в придонном слое, так и в поверхностном. Максимальные осредненные скорости показывают, что основной поток идет вдоль оси канала.

В верхнем бьефе в период исследований отмечалась раскочка уровня воды с амплитудой в пределах 5–10 см по высоте, что указывает на наличие существенных нагрузок, приводящих к нарушению целостности стыковых соединений и повреждению плит крепления.

Вследствие значительного перепада уровней воды верхнего и нижнего бьефов в водобойной части (снабженной гасителями кинетической энергии потока) образовался бурный режим течения. Значения скоростей достигают 1,8–2,4 м/с с направлением вдоль продольной оси закрепленного участка отводящего канала.

При выходе из водобойной части поток на участке между створами 1 и 2 практически подвержен «внезапному расширению». Гашение кинетической энергии происходит явно замедленно на значительной длине. В конце закрепленной части нижнего бьефа отмечается появление водоворотных зон и обратных водотоков. Динамическая ось в плане искривляется зигзагообразно.

Осредненные гидравлические характеристики в створе 3 показали крайне неудо-

влетворительное состояние гашения избыточной кинетической энергии. Сопоставительный анализ скоростей в створах 3 и 4 указывает на прогрессирующие размывы участка, расположенного за креплением. С одной стороны, это вызвано значительными размывами, с другой стороны – отсутствием стабилизации удельных расходов и малыми бытовыми глубинами. Максимальные осредненные скорости на вертикалях по абсолютной величине достигают 0,7–1,2 м/с, значит, размывающая способность потока велика. Основной причиной такой картины является интенсивная раскочка потока. Колебания уровней воды находятся в пределах 7–15 см. Период колебаний составляет 3–5 с. Наличие этих динамических нагрузок на незакрепленных участках канала приводит к продолжающимся размывам и деформациям отводящего русла.

В створе 5 русло настолько деформировано, что не может быть и речи о стабилизации формы динамической оси потока. Поток, сохраняя свою размывающую способность, продолжает деформировать поперечное сечение. Заросшие откосы не спасают их от деформирования.

Вывод. Анализ вышеизложенного показывает крайне неблагоприятную картину состояния сооружения как в пределах подводящего русла, в пределах самого сооружения, так и на участке отводящего русла. Сформировавшиеся условия эксплуатации приводят к прогрессирующему размыву дамб канала и разрушению составляющих элементов самого сооружения. Отсутствие высокоэффективных гасителей, недостаточная глубина потока в нижнем бьефе определяют причины прогрессирующих размывов.

Рекомендации. На Большом левобережном канале по результатам полевых исследований необходимо выполнить следующее.

1 По сооружению на ПК 89 + 70.

Для устранения устойчивого сбойного течения, которое возникает в отводящем потоке вследствие смещения трубы, необходимо за жестким креплением плитами установить V-образные гасители кинетической энергии потока, что позволит добиться более равномерного распределения удельного расхода в отводящем русле. Кроме того, поле осредненных скоростей по глубине потока и в плане приблизится к характеру, свойственному равномерно установившемуся движению потока в канале на прямолинейном участке.

За V-образными гасителями потока необходимо выровнять дно и откосы с помощью каменной наброски с размерами камней 5–10 см, выполнив более качественно, с утрамбовкой камня.

2 По сооружению на ПК 83 + 00.

Для повышения устойчивости дамб и откосов канала и надежной работы сооружения необходимо добиться уменьшения турбулентности потока, снизить пульсационные составляющие актуальных скоростей, получить эпюры осредненных скоростей потока, соответствующие равномерно движению воды в каналах.

Реализовать это возможно путем установки V-образного гасителя кинетической энергии за бетонным креплением отводящего русла канала. Работа V-образных гасителей исследована в лаборатории ОНИЛ и в натуральных условиях.

3 Сопрягающее сооружение на ПК 43 + 00.

Крепление наброской из камня выполнено недоброкачественно. Отдельные камни достигают размера 50–60 см. В связи с этим значительно повысилась кинетическая энергия потока и неравномерность распределения поля скоростей, недостаточное гашение кинетической энергии потока, выходящего из нижнего оголовка водопроводящей трубы, наличие деформаций русла в плане привело к сложному сопряжению и неустойчивому гидравлическому режиму в нижнем бьефе сопрягающего сооружения. Для устранения перечисленных негативных явлений необходимо убрать крупные камни каменной наброски, особенно расположенные на дне и на откосах ниже уреза воды.

4 Сооружение на ПК 27 + 60.

Строителями допущено необоснованное поднятие выходного оголовка трубы, и по существу в гидравлическом отношении сооружение представляет собой трубчатый быстроток. Сопряжение поверхностное, удлинено по сравнению с сооружениями, рассмотренными ранее, на которых происходит выравнивание поля скоростей. В отношении деформации русла это сооружение является наиболее неблагоприятным. Чтобы устранить нежелательные явления, необходимо установить на расстоянии 4 м от нижнего оголовка трубы водобойную стенку, от этой стенки на расстоянии 4–5 м установить вторую водобойную стенку таким образом, чтобы высота ее достигала оси трубы, вторая стенка должна быть на 20–30 см ниже первой.

За водобойными стенками необходимо установить V-образные гасители, назначение которых – перераспределение удельных расходов, выравнивание актуальных скоростей, преобразование кинетической энергии потока путем диссипации вихревых образований в тепловую энергию и снижение турбулентности.

5 Сооружение на ПК 20 + 20.

Поток, выходящий из нижнего оголовка трубы, обладает значительной кинетичностью и турбулентностью, что особенно заметно при анализе эпюр скоростей в створах 1, 2 и 3. Такой поток при взаимодействии с руслом отводящего канала, естественно, вызывает местные размывы и деформации дна и откосов.

Для ликвидации образования негативных явлений необходимо выровнять дно отводящего канала от конца бетонного крепления до створа 5, применив для этой цели щебень с размерами, не превышающими 5–10 см, с выполнением его уплотнения.

Список использованных источников

1 Леви, И. И. О местном размыве за сооружениями / И. И. Леви // Гидротехническое строительство. – 1956. – № 1. – С. 42–56.

2 Гришин, М. М. Гидротехнические сооружения / М. М. Гришин. – М.: Госстройиздат, 1962. – 763 с.

3 Вызго, М. С. Эксплуатационные мероприятия, прогнозы и способы уменьшения местных размывов за гидротехническими сооружениями / М. С. Вызго. – Ташкент, 1966. – 292 с.

4 Мирцхулава, Ц. Е. Современные исследования в области местных размывов русел за гидротехническими сооружениями / Ц. Е. Мирцхулава, А. М. Мухаммедов // Гидротехническое строительство. – 1968. – № 12. – С. 22–35.

5 Михалев, М. А. Местный размыв за сооружениями при сопряжении бьефов по типу отброшенной струи / М. А. Михалев // Научные доклады высшей школы. – 1958. – № 3. – С. 25–37.

6 Щедрин, В. Н. О проблемах безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного назначения / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко // Гидротехническое строительство. – 2011. – № 5. – С. 33–38.

7 Щедрин, В. Н. Вопросы обеспечения безопасности гидротехнических сооружений для целей мелиорации / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – № 4. – С. 97–102.

8 Эффективное техническое обслуживание сопрягающих сооружений магистральных каналов: науч. обзор / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, Ю. Ф. Снопич, П. В. Калинин, Н. А. Антонова, М. С. Ляшков; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 45 с. – Деп. в ВИНТИ 01.09.14, № 242-В2014.

9 Астраханцев, В. И. Разрушение рисбермы и отводящего канала при эксплуатации Иркутской ГЭС / В. И. Астраханцев, В. П. Каленов // Гидротехническое строительство. – 1959. – № 8. – С. 133–157.

10 Дмитриев, А. Ф. Определение глубины воронки размыва в нижнем бьефе лесосплавных плотин / А. Ф. Дмитриев // Первоначальный сплав древесины. Труды ВНИИ лесосплава. – М.: Леспромиздат, 1972. – С. 134–140.

11 Овчаренко, И. Х. Исследование причин, вызывающих размывы в нижнем бьефе действующих сооружений на Большом Ставропольском канале / И. Х. Овчаренко, Б. П. Автономов, А. И. Тищенко // Научные исследования по гидротехнике в 1971 г. – Л., 1973. – Ч. 2. – С. 106–107.

12 Leschenko, S. V. Vertical hydrodynamic loads on the elements of hydrotechnical constructions / S. V. Leschenko, K. N. Makarov // European Researcher. – 2013. – № 5-1(48). – P. 1189–1193.

13 Panov, S. I. Scientific aspects of hydraulic engineering in the Extreme North / S. I. Panov, N. F. Krivonogova // Power Technology and Engineering. – 2012. – Vol. 45. – P. 417–421. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s10749-012-0287-z>.

14 Россинский, К. И. Местный размыв dna в нижних бьефах крупных гидротехнических сооружений / К. И. Россинский // Проблемы регулирования речного стока. – М.: АН СССР, 1956. – Вып. 6. – С. 94–187.

15 Натурные наблюдения и исследования сооружений Красноярского гидроузла в периоды строительства и эксплуатации / В. В. Блинков, А. П. Епифанов, В. А. Кореньков, В. Е. Ляпин, М. Ф. Складнев, А. Г. Соловьева, Э. К. Александровская, Л. М. Гаркун, Ю. А. Григоров, Н. А. Елисеев // Гидротехническое строительство. – 1972. – № 9. – С. 10–15.

16 Гончаров, В. Н. Динамика русловых потоков / В. Н. Гончаров. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 373 с.

УДК 626.861.5:681.3.06:626.3

А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Целью исследований являлась разработка программы для расчета параметров поперечных сечений осушительных каналов трапецеидальной, параболической, полигональной, комбинированной формы, а также параболической формы с донной вставкой. На основе алгоритмов в среде Microsoft Excel разработана программа для ЭВМ в виде «Калькулятора», которая позволяет выполнять один из видов работ при проектировании осушительных каналов, заключающийся в расчете элементов живых сечений осушительных каналов полигональной, комбинированной, параболической, трапецеидальной и параболической формы с донной вставкой.

Ключевые слова: калькулятор; алгоритм; поперечное сечение; осушительный канал; проектирование.

A. L. Kozhanov, O. V. Voevodin

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

PROGRAM FOR CALCULATING PARAMETERS OF DRAINAGE CHANNELS CROSS SECTIONS

The aim of the research was to develop a program for calculating the cross-section parameters of the drainage channels of a trapezoidal, parabolic, polygonal, combined shape, as well as a parabolic shape with a bed insert. Based on the algorithms in the Microsoft Excel environment, a computer program was developed in the form of a “Calculator”, which allows