

УДК 626.80

НАТУРНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕГОСЯ ПРАВОЕГОРЛЫКСКОГО КАНАЛА В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Васильев Дмитрий Александрович

Магистрант по направлению 080401-СРЗа-о21 Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова (Ростовская область, г.

Новочеркасск, ул. Просвещения 132)

e-mail: vasiljevii@mail.ru

Волосухин Виктор Алексеевич

Профессор д.т.н., заслуженный деятель науки РФ, эксперт РАН, директор Института безопасности гидротехнических сооружений, профессор кафедры «Строительная механика» «Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова» (Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская 111)

e-mail: director@ibgts.ru

Моргунов Владимир Николаевич

Доцент, к.т.н., доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение», ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения 132)

e-mail: vn_morgunov@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты натурного обследования Правоегорлыкского канала, введённого в эксплуатацию в 1957 году. Осуществлен анализ причин ухудшения эксплуатационных показателей в связи с климатическими изменениями Ставропольского края.

Ключевые слова: натурное обследование, анализ причин, климатические изменения

FULL-SCALE SURVEY OF THE LONG-OPERATED PRAVOYEGORLYK CANAL IN THE CONDITIONS OF CLIMATIC CHANGES IN THE STAVROPOL TERRITORY

Vasiliev Dmitry Alexandrovich

Master's student in the field 080401-SRZa-o21 Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) (Rostov Region, Novocherkassk, st. Prosveshcheniya 132)

e-mail: vasiljevii@mail.ru

Volosukhin Victor Alekseevich

Professor, Doctor of Technical Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, expert of the Russian Academy of Sciences, director of the Institute for the Safety of Hydraulic Structures, professor of the Department of Construction Mechanics "Kortunov Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute" (Rostov Region, Novocherkassk, st. Pushkinskaya 111)

e-mail: director@ibgts.ru

Morgunov Vladimir Nikolaevich

Associate Professor, Ph.D., Associate Professor of the Department of Industrial, Civil Engineering, Geotechnics and Foundation Engineering, "Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)" (Rostov Region, Novocherkassk, st. Prosveshcheniya 132)

e-mail: vn_morgunov@mail.ru

Abstract. The article provides the results of a full-scale survey of the Pravoeorlyk Canal, commissioned in 1957. The reasons for the deterioration of operational indicators due to climatic changes in the Stavropol Territory were analyzed.

Keywords: full-scale examination, analysis of causes, climatic changes

Правоегорлыкский канал (ПЕК) получает воду из Новотроицкого водохранилища ($W_{НТТ} = 77,87$ млн. m^3 , $F_{НТТ} = 11,15$ km^2 , длина водохранилища 11,0 км, наибольшая ширина 8,0 км, $H_{max} = 18,0$ м, $H_{cp} = 7,0$ м) и расположен в землях Красногвардейского, Ипатовского и Апанасенковского районов Ставропольского края.

Основные параметры магистрального канала ПЕК: общая длина 126,30 км; расход в головной части магистрального канала 45 m^3/s ; уклон канала $i = 0,00006$; поперечное сечение канала трапецеидальное с заложением откосов $m = 1:1,5$ с шириной по дну от 15,00 м до 22,00 м. На магистральном Правоегорлыкском канале (ПЕК) расположен акведук через руч. Солёный и два дюкера – Ташлинский и Кугультинский. По длине магистрального канала ПЕК 15 мостов и 18 ливнепропускных труб. Более подробно исследования технического состояния мостовых переездов на мелиоративных каналах Ставропольского края приведены в монографии [1].

Магистральный канал левой ветви Право-Егорлыкского канала (ПЕК) имеет длину 270,00 км, расход воды канала 26,0 m^3/s , уклоны от 0,00008 до 0,00020. На ней расположены 36 мостов и 16 ливнепропускных труб.

Исследования гидротехнических сооружений внутрихозяйственной мелиоративной сети Ставропольского края приведены в монографии [2].

Практически всю длину канал расположен в земляном русле, однако, вблизи шлюзов-регуляторов, мостов, при пересечении балок с ливнеотводящими трубами и др. канал проходит в сборной железобетонной облицовке.

Правоегорлыкский канал проходит в регионе с резко континентальным и очень засушливым климатом. На берегу Новотроицкого водохранилища построена в 1975 г. самая крупная в СКФО Ставропольская ГРЭС, вырабатывающая в отдельные годы более 10 млрд. кВт час/год (2010 – 10,757

млр. кВт·ч, 2011 – 11,379 млрд. кВт·ч, 2017 – 10,334 млрд. кВт·ч). Из-за работы ГРЭС температура воды в Новотроицком водохранилище повысилась, что привело к зарастанию Правоегорлыкского канала.

Натурные исследования Правоегорлыкского канала, в том числе его левой ветви, проводили сотрудники Института безопасности гидротехнических сооружений в период с 2008 по 2022 год.

В 2021 г. в оценке технического состояния Правоегорлыкского канала комиссионно участвовали сотрудники «Ставропольмелиоводхоза», Института безопасности ГТС и ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова.

В задачи натурных исследований входили:

- оценка современного состояния канала;
- оценка изменений пропускной способности в процессе длительной эксплуатации (50 лет);
- оценка времени сброса воды из левой ветви ПЕК при возникновении аварийных ситуаций;
- уточнение пропускной способности канала;
- оценка значений шероховатости канала в условиях длительной эксплуатации;
- разработка на основании проведенных исследований рекомендаций по безопасной эксплуатации Правоегорлыкского канала.

Исследования были проведены в соответствии с федеральным законом №117-ФЗ от 21.07.1997 «О безопасности гидротехнических сооружений» и ГОСТ Р 58376-2019. «Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения. Эксплуатация. Общие требования. Национальный стандарт Российской Федерации».

Натурные исследования проходили в характерных створах по длине магистрального канала.



Рис. 1. Зарастание поперечного сечения канала на головном участке

Визуальные исследования показали, что сразу за выходным оголовком наблюдается сильное зарастание русла и изменение его проектного сечения (рис.1). Изменение заключается в том, что вместе впадения так и не построенной Правой ветви Правоегорлыкского канала наблюдается образование большой песчаной косы, что уменьшает площадь живого сечения канала (рис. 2).

Измерения проводились на гидрологическом посту, который представляет собой облицованное фиксированное русло, с заложением откосов $m = 1$, с гидрометрическим мостиком и водомерной рейкой.

Визуальные исследования показали, что русло магистрального канала на 139 км подвергается большим размывам, откосы почти вертикальные и обрывистые, также наблюдается сильное зарастание (рис. 3). Большая мутность воды свидетельствует о процессах размыва и заиления канала. Сильное зарастание, говорит о неспособности данного участка канала пропускать расчетный максимальный и тем более, форсированный расход.

Измерения проводились на гидрологическом посту, который представляет собой необлицованное русло, с почти вертикальными откосами, с гидрометрическим мостиком и установленной водомерной рейкой.



Рис. 2. Изменение формы сечения и сильное зарастание канала

Следующий участок для измерения и обследования был выбран на 153 км канала. Исследование данного участка показало, что сразу за облицовкой наблюдается сильное зарастание и размывы берегов (рис. 4). Сама облицовка в удовлетворительном состоянии, но швы находятся в плохом состоянии, здесь имеет место прорастание кустарников через облицовку.

Измерения проводились на гидрологическом посту, который представляет собой облицованное фиксированное русло, с заложением откосов $m = 1,5$ и шириной по дну 10 м, с гидрометрическим мостиком и наклонной водомерной рейкой нанесенной на откос.

Дальнейшие измерения натуральных параметров магистрального канала были проведены на 181 километре. За шлюзом - регулятором канал имеет сборную железобетонную облицовку длиной 400 м, находящуюся в удовлетворительном состоянии. Проведенное обследование данного участка показало, что шлюз-регулятор, облицованный участок и консольный сброс

находятся в удовлетворительном состоянии, чего нельзя сказать об участке канала за облицовкой. Несмотря на то, что облицованный участок за шлюзом-регулятором облицован на длине 400 м, и имеет обратный уклон и водобойный колодец, за облицовкой наблюдается резкий воронкообразный размыв канала и сильное зарастание, берега канала обрывистые. Эти явления наблюдаются вследствие недостаточного гашения энергии потока за сооружением.

Измерения проводились на шлюзе-регуляторе прямоугольного сечения, с гидрометрическим мостиком и водомерной рейкой.

Полученные значения расхода сравнивались со значениями, полученными по градуировочным кривым службы эксплуатации канала.



Рис. 3. Зарастание живого сечения канала на 139 кмлевой ветви ПЕК

Эпюры скоростей на 220 км имеют нормальное распределение, следовательно, на данном участке после шлюза регулятора происходит выравнивание эпюр скоростей и затухание пульсаций, однако при переходе на земляное русло также наблюдаются воронкообразные размывы русла и зарастание живого сечения, но в меньшей степени, чем на 189 км.

Измерения проводились на облицованном участке канала (фиксированном русле) с заложением откосов $m = 1,5$ и шириной по дну 4 м., с гидрометрическим мостиком и наклонной водомерной рейкой.



Рис. 4. Зарастание живого сечения на 153 кмлевой ветви ПЕК

Визуальные наблюдения на 256 км показали, что здесь имеет место сильный размыв с обвалом грунта в канал, поперечное сечение криволинейное с обрывистыми сильно заросшими берегами. Такое сечение не способно обеспечить пропуск максимального расхода, так как площадь живого сечения уменьшилась здесь примерно на 30% по сравнению с проектной, вследствие заиления, размывов и зарастания.

Определение скоростей проводилось с помощью гидрометрической штанги, на трех вертикалях двух или трех точечным способом в зависимости от глубины потока аттестованной гидрометрической вертушкой, входящей в комплект измерителя скоростей потока (ИСП). Расстояния до скоростных вертикалей измерялось мерной лентой.

Измерения проводились на гидрологическом посту, который представляет собой облицованное, но сильно заиленное русло. Этот участок

нельзя назвать фиксированным руслом. Наблюдения проводились с гидрометрического мостика. Расходы определялись методом «скорость-площадь», аналитическим способом.

Обобщенные данные исследований, в том числе натурные и табличные расходы, проектные натурные значения коэффициентов шероховатости, средние скорости приведены в итоговой таблице 1.

Таблица 1

Результаты инструментальных натурных исследованийлевой ветви
Правоегорлыкского канала

Участок канала	Русло канала	Расход Q , м ³ /с	Средняя скорость V , м/с	Уклон i	Коэффициент шероховатости n	Коэффициент гидравлического трения λ
1	2	3	4	5	6	7
1 километр	Облицовка ж/б плитами в пределах фиксированного русла 40 м, заросшая	12,03/ 13,75	0,55	0,0002	0,0318/0,017	0,0708
139 километр	Земляное заросшее с обрывистыми берегами	9,34/ 10,25	0,526	0,0002	0,036/0,0225	0,0917
153 километр	Облицовка ж/б плитами в пределах фиксированного русла 400 м	8,99/ 9,22	0,69	0,0002	0,0227/0,015	0,04
181 километр	Облицовка ж/б плитами за шлюзом регулятором 400 м	7,8/ 8,0	1,55	0,0002	0,0082/0,015	0,0058
220 километр	Облицовка ж/б плитами за шлюзом регулятором 350 м	6,23/ 6,48	0,99	0,0002	0,0134/0,015	0,015
256 километр	Облицовка длиной 20 м, полностью заиленная и заросшая	3,14/ 3,8	1,4	0,0002	0,0317/0,017	0,0805

По данным таблицы можно, сделать следующие выводы:

1. На всех участках расходы, определяемые по градуировочным таблицам имеют завышенные значения, следовательно, необходимо произвести градуировку гидрологических постов, для более точного водоучета.

2. Значения коэффициентов шероховатости, особенно на сильно заросших участках превышают проектные значения в 1,4 - 1,9 раза, за исключением участков на 181 и 220 км.

На 181 км измерения производились непосредственно на шлюзе-регуляторе, где наблюдаются большие скорости и бурное состояние потока, поэтому сравнивать значения шероховатости здесь нельзя.

На 220 км, облицовка находится в хорошем состоянии, скорости за шлюзом – регулятором имеют значения около 1 м/с, поэтому шероховатость на основании данных наблюдений имеет даже меньшее значение, чем проектные значения.

Основным фактором, оказывающим влияние на пропускную способность канала, является сильное зарастание участков в земляном русле, также большое влияние оказывают размыв и заиление. Эти явления изменяют площади живых сечений. В основном площади уменьшаются, что может привести к переливу воды через бровки канала, при пропуске максимальных и форсированных расходов на этих участках, и затоплению прилегающих земель и выводу их из сельскохозяйственного использования. Зарастание в земляном русле происходит из-за роста температуры воды в канале. Облицовочные железобетонные конструкции находятся в удовлетворительном состоянии и в реконструкции не нуждаются.

Литература

1. Белогай С.Г., Волосухин Я.В., Бандурин М.А. Мониторинг технического состояния и продление жизненного цикла мостовых переездов на каналах: Монография. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2015. – 271 с.
2. Белогай С.Г., Волосухин В.А., Тищенко А.И. Гидротехнические сооружения внутрихозяйственной мелиоративной сети: Монография. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2013. – 321 с.
3. Алтунин В.С. Мелиоративные каналы в земляных руслах– М.: Колос, 1979. – 255 с.
4. Рабкова Е.К. Проектирование и расчет оросительных каналов в земляном русле. – М.: Изд-во УДН, 1990. – 252 с.
5. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Приказ от 31 июля 2020 года № 438. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации.
6. Каналы систем водоснабжения и ирригации. Рекомендации по проектированию и эксплуатации каналов / А.М. Латышенков и др. – М.: Стройиздат, 1972. – 153 с.

7. Энциклопедия терминов по безопасности гидротехнических сооружений. Издание пятое, исп. и доп.; под общей редакцией проф. В.А. Волосухина – Новочеркасск. ЛИК, 2013. – 750 с.
8. Бедов А.И., Знаменский В.В., Габитов А.И. Оценка технического состояния, восстановление и усиление оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. В 2-х частях. Ч. I. Под ред. А.И. Бедова: Учеб. пособие – М: Изд-во АСВ, 2016. – 702 с.
9. Угинчус А.А. Гидравлические и технико-экономические расчеты каналов. – М.: Стройиздат, 1965. – 274 с.
10. Справочник по гидравлическим расчетам / П.Г. Киселев и др. – М.: ЭКОЛИТ, 2011. – 312 с.
11. Чоу В.Т. Гидравлика открытых каналов / Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1969. – 464 с.
12. Косиченко Ю.М. Обобщение данных по шероховатости русел каналов в земляном русле и облицовке // Экология и водное хозяйство. – 2020. – №2(5). – С. 155-168. DOI: 10.31744/2658-7890-2020-2-155-168.
13. Косиченко Ю.М., Баев О.А. Расчет коэффициентов шероховатости русел каналов с неоднородными участками // Природообустройство. – 2020. – №3. – С. 6-14. DOI: 10.26897/1997-6011-2020-3-6-14.
14. Колганов А.В., Баев О.А., Бакланова Д.В. Результаты натурных исследований магистрального канала в Республике Калмыкия // Природообустройство. – 2022. – №3. – С. 108-114. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-108-114.