

«ECOLOGICAL STUDIES, HAZARDS, SOLUTIONS». – М., 2015. – С. 23-27.

8. **Ozerova N.A.** The use of hydropower potential of the rivers of Moscow basin. ESHCIP-2019. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 350 (2019). Doi: 10.1088/1755-1315/350/1/012012.

9. О безопасности гидротехнических сооружений Рублевского гидроузла (Рублевской станции водоподготовки – РВС) / Кондратьев Л.И., Зимнюков В.А., Зборовская М.И. и др. // Природообустройство. – 2010. – № 3. – С. 29-38.

10. **Ковалев Ю.Г., Балакина А.Е.** Реновация гидротехнических сооружений // Вестник МГСУ. Спецвыпуск. – 2009. – № 1. – С. 39-41.

Критерии авторства

Грицан В.В. выполнил теоретические исследования, на основании которых провел обобщение и написал рукопись.

Грицан В.В. имеет на статью авторское право и несет ответственность за плагиат.

Статья поступила в редакцию 10.03.2021 г.

Одобрена после рецензирования 26.06.04.2021 г.

Принята к публикации 12.05.2021 г.

STUDIES, HAZARDS, SOLUTIONS». – М.: 2015. – С. 23-27.

8. **Ozerova N.A.** The use of hydropower potential of the rivers of Moscow basin. ESHCIP-2019. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 350 (2019). doi: 10.1088/1755-1315/350/1/012012

9. O bezopasnosti gidrotehnicheskikh sooruzhenij Rublevskogo gidrouzla (Rublevskoj stantsii vodopodgotovki – RVS) / Kondratjev L.I., Zimnyukov V.A., Zborovskaya M.I. i dr. // Prirodoobustrojstvo. – 2010. – № 3. – С. 29-38.

10. **Kovalev Yu.G., Balakina A.E.** Renovatsiya gidrotehnicheskikh sooruzhenij // Vestnik MGSU. Spetsvypusk. – 2009. – № 1. – С. 39-41.

Criteria of authorship

Gritsan V.V. carried out theoretical studies, on the basis of which he generalized and wrote the manuscript.

Gritsan V.V. has a copyright on the article and is responsible for plagiarism.

The article was submitted to the editorial office 10.03.2021

Approved after reviewing 26.06.04.2021


Accepted for publication 12.05.2021

Оригинальная статья

УДК 502/504:627.8

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-79-88

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ С ДЛИТЕЛЬНЫМ СРОКОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ЖЕЗМЕР ВАЛЕНТИН БОРИСОВИЧ , канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник
v1532133@yandex.ru

ЩЕРБАКОВ АЛЕКСЕЙ ОЛЕГОВИЧ, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник
asher5@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44, корп. 2. Россия

Рассмотрены вопросы обеспечения безопасности и эксплуатационной надежности функционирования гидромелиоративных систем с длительным сроком эксплуатации. Установлено, что срок эксплуатации гидромелиоративных систем юга России составляет порядка 40-50 лет, износ в среднем – 72%. В Краснодарском крае степень износа водохранилищ, прудов и каналов составляет порядка 80-100%, что свидетельствует о значительном заиливании и потере пропускной способности. Износ дамб и плотин составляет 35-40%. Основными повреждениями ГТС являются размывание верхового откоса, неисправность водобросного сооружения и заиленность чаши водохранилища (пруда), что ведет к усилению фильтрации через тело плотины, повышению уровня депрессионной кривой и усложнению пропуска паводковых вод. Изменение правил эксплуатации ГТС, в частности, снижение уровня НПУ, по сравнению с проектным не является редким

явлением. При этом эксплуатацию ГТС в условиях щадящего режима можно считать мерой временной, используемой до проведения ремонта или реконструкции. Эффективность работы гидротехнических сооружений с высокой степенью износа при уровне предельных нагрузок и воздействий ниже проектных значений заметно уменьшается. Снять остроту проблемы может применение постоянного мониторинга, а также прогноза надежности ГТС. Безопасная и эффективная работа гидротехнических сооружений с высокой степенью износа в течение периода, предшествующего ремонту или реконструкции, может быть обеспечена посредством внедрения системы автоматизированного ведения мониторинга ГТС в сочетании с системой поддержки принятия решений (СППР).

Ключевые слова: гидромелиоративные системы (ГМС), гидротехнические сооружения (ГТС), водоресурсное обеспечение, степень износа, экологическая безопасность

Формат цитирования: Жезмер В.Б., Щербakov А.О. Мероприятия по обеспечению безопасности и эксплуатационной надежности функционирования гидромелиоративных систем с длительным сроком эксплуатации // Природообустройство. – 2021. – № 3. – С. 79-88. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-79-88.

© Жезмер В.Б., Щербakov А.О., 2021

Original article

MEASURES TO ENSURE THE SAFETY AND OPERATIONAL RELIABILITY OF THE FUNCTIONING OF IRRIGATION AND DRAINAGE SYSTEMS WITH A LONG SERVICE LIFE

ZHEZMER VALENTIN BORISOVICH, Candidate of agricultural sciences, leading researcher
v1532133@yandex.ru

SHCHERBAKOV ALEXEY OLEGOVICH, candidate of technical sciences, leading researcher
asher5@mail.ru

All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44, bldg.2. Russia

The issues of ensuring the safety and operational reliability of the functioning of irrigation and drainage systems with a long service life are considered. It has been established that the service life of irrigation and drainage systems in the south of Russia is about 40-50 years, the average wear is 72%. In the Krasnodar territory the rate of wear of reservoirs, ponds and canals is about 80-100% which indicates to a significant siltation and loss of throughput capacity. Depreciation of dams and dikes is 35-40%. The main damages of the HTS are erosion of the upper slope, malfunction of the spillway and silting of the reservoir bowl (pond) which leads to increased filtration through the dam body, an increase in the level of the depression curve and complication of the passage of flood water. Changes in the rules for the operation of hydraulic structures, in particular, a decrease in the normal retaining level in comparison with the design level is not a rare occurrence. At the same time, the HTS operation in the sparing mode can be considered a temporary measure used until repair or reconstruction is carried out. The operational efficiency of hydraulic structures with a high degree of wear at the level of ultimate loads and impacts below the design values is noticeably getting reduced. The use of constant monitoring, as well as forecasting the reliability of hydraulic structures, can reduce the severity of the problem. Safe and efficient operation of hydraulic structures with a high degree of wear during the period preceding repair or reconstruction can be ensured by introducing a system for automated monitoring of hydraulic structures in combination with a decision support system (DSS).

Keywords: irrigation and drainage systems (HMS), hydraulic structures (HTS), water supply, wear rate, environmental safety

Format of citation: Zhezmer V.B., Shcherbakov A.O. Measures to ensure the safety and operational reliability of the functioning of irrigation and drainage systems with a long service life // Prirodobustroystvo. – 2021. – № 3. – S. 79-88. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-79-88.

Введение. Гидромелиоративная система представляет собой комплекс взаимодействующих сооружений и технических средств для гидромелиорации земель [1]. От технического состояния гидротехнических сооружений полностью зависит обеспеченность орошаемых площадей водными ресурсами. Большинство оросительных систем в южных областях Европейской части Российской Федерации построено 40-50 и более лет назад. Такой срок эксплуатации является предельным для гидротехнических сооружений III и IV классов [2], вследствие чего значения контролируемых показателей состояния ГТС указанных систем (критерии безопасности) не соответствуют современным требованиям, а значительная часть ГТС не в состоянии работать в проектом режиме. Следовательно, реальный режим эксплуатации большинства ГТС в настоящее время изменился и напрямую зависит от степени износа сооружений. При этом создается высокая вероятность чрезвычайных ситуаций, особенно при прохождении весенних половодий и паводков.

Материал и методы. Для определения комплекса мероприятий по обеспечению безопасности и эксплуатационной надежности функционирования гидромелиоративных систем с длительным сроком эксплуатации были проанализированы источники литературы и существующие методики по защите и безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса, в том числе с высокой степенью износа. Установлена возможность обеспечения надежной и безопасной работы, а также оценки уровня эффективности функционирования гидромелиоративных систем с высокой степенью износа конструкций. Концепция научно-методических основ базируется на работах отдела гидротехники и гидравлики ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова».

Результаты и обсуждение. Считается, что защита гидротехнических сооружений и их безопасная эксплуатация будут обеспечены, если нагрузки и воздействия на сооружения, а также параметры самого сооружения будут находиться в пределах, определенных проектом [3]. Проектные значения количественных и качественных характеристик нагрузок и воздействий, а также параметров сооружения являются критериями безопасности ГТС. Существует два уровня контролируемых показателей

технического состояния ГТС – К1 и К2. Если при обследовании будет установлено, что диагностические показатели ГТС не превышают своих критериальных значений К1, состояние сооружения считается исправным (работоспособным); при превышении хотя бы одного диагностического показателя К1 состояние сооружения считается неисправным (частично работоспособным); если К2, то состояние сооружения считается предаварийным (неработоспособным) [4].

Согласно отчету «О деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2019 году» [5] из 23 169 поднадзорных Ростехнадзору ГТС (комплексов ГТС) 21 828, или 94%, относятся к ГТС водохозяйственного комплекса. При этом ГТС (комплексов ГТС) I класса – 156 (0,7%), II класса – 349 (1,5%), III класса – 2 927 (12,6%), IV класса – 19 737 (85,2%).

Уровень безопасности поднадзорных Ростехнадзору ГТС оценивается следующим образом: нормальный уровень безопасности – 20%; пониженный – 37%; неудовлетворительный – 31%. Опасный уровень безопасности, характеризуемый потерей работоспособности и невозможностью дальнейшей эксплуатации, имеют 12% комплексов ГТС. В связи с тем, что за безопасностью сооружений I и II класса ведется тщательный надзор, обычно указанные комплексы ГТС имеют нормальный уровень безопасности, а наличие неудовлетворительного и опасного уровней характеризует сооружения III и IV классов.

Одной из причин высокой аварийности является то, что при эксплуатации ГТС руководствуются проектным уровнем критериев безопасности, не учитывая высокую степень изношенности объектов. В качестве примера технического состояния гидромелиоративных систем приведены системы Краснодарского края (табл. 1).

Как следует из таблицы 1, гидромелиоративные системы Краснодарского края введены в эксплуатацию преимущественно в 70-е гг. XX в., то есть в настоящее время срок эксплуатации указанных систем составляет порядка 40-50 лет. В результате износ ГТС Краснодарского края в среднем составляет 72%, отдельные системы изношены на 80-90%.

Изучением состояния гидроузлов Российской Федерации в течение долгих лет занимался старейший работник ВНИИГиМ

Г.В. Ляпин. Ниже (табл. 2) представлена выборка из таблицы по анализу причин аварийного

и предаварийного состояния ГТС (по результатам исследований Г.В. Ляпина).

Таблица 1

**Сводные итоги инвентаризации гидромелиоративных систем
Краснодарского края, 2014 г.**

Table 1

**Consolidated results of the inventory of irrigation and drainage systems
of the Krasnodar territory, 2014**

Гидромелиоративные системы <i>Irrigation and drainage systems</i>	Год ввода ГМС в эксплуатацию <i>The year of HMS commissioning</i>	ВСЕГО, тыс. руб. <i>TOTAL, ths. rbl.</i>			Федеральная собственность, тыс. руб. <i>Federal property, ths. Rbl.</i>		
		Полная стоимость <i>Full cost</i>	Остаточная стоимость <i>Residual value</i>	Износ, % <i>Depreciation, %</i>	Полная стоимость <i>Full cost</i>	Остаточная стоимость <i>Residual value</i>	Износ, % <i>Depreciation, %</i>
1	2	3	4	5	6	7	8
1 ор. Кубанская <i>1 or Kubanskaya</i>	1978	1996546,7	313555,7	84%	1996546,7	313555,7	84%
2 ор. Понуро-Калининская <i>2 or. Ponuro-Kalininskaya</i>	1979	1928774,4	271993,9	86%	1928774,4	271993,9	86%
3 ор. Анастасиевская 3 ор. Anastasievskaya	1959	1275703,8	443673,9	65%	1275703,8	443673,9	65%
4 ор. Темрюкская <i>4 or. Tenryukskaya</i>	1969	479161,3	65775,5	86%	479161,3	65775,5	86%
5 ор. Черноерковская <i>5 or. Chernoerkovskaya</i>	1970	1600356,7	384510,8	76%	1600356,7	384510,8	76%
6 ор. Фёдоровская <i>6 or. Fedorovskaya</i>	1977	1052166,9	275379,0	74%	1052166,9	275379,0	74%
7 ор. Крюковская <i>7 or. Kryukovskaya</i>	1973	699434,8	156006,3	78%	699434,8	156006,3	78%
8 ор. Варнавинская <i>8 or. Varnavinskaya</i>	1974	1449980,8	393335,3	73%	1449980,8	393335,3	73%
9 ор. Лабинская <i>9 or. Labinskaya</i>	1943	81424,8	4596,3	94%	81424,8	4596,3	94%
10 ор. Пригородная <i>10 or. Prigorodnaya</i>	1977	1267102,0	203150,8	84%	1267102,0	203150,8	84%
11 ор. Краснодарская <i>11 or. Krasnodarskaya</i>	1982-1985	1498112,1	239646,5	84%	1498112,1	239646,5	84%
Краснодарский край, всего <i>Krasnodar territory, total</i>		17103496,5	4779519,0	72%	17103496,5	477519,0	72%

Из таблицы 2 следует, что основными повреждениями плотин, возникающими в процессе длительной эксплуатации, являются размывание верхового откоса, неисправность водосбросного сооружения и заиленность чаши водохранилища (пруда). Первые две неисправности гарантированно ведут к усилению фильтрации через тело плотины и повышению уровня депрессионной кривой. Заиленность чаши водохранилища снижает его объем, что усложняет как пропуск паводковых вод, так и использование водохранилища в качестве резервуара для хранения оросительной воды.

Алгоритм формирования мероприятий по обеспечению безопасности и эксплуатационной надежности функционирования ГТС (в нашем случае – относящихся к гидромелиоративному комплексу) разработан в достаточной степени и осуществляется на основании целого ряда федеральных законов и сводов правил (СП) [6-9]. Однако мероприятия по обеспечению безопасности зачастую не могут быть выполнены в полном объеме по причине как нехватки на комплексе ГТС обслуживающего персонала, так и отсутствия финансирования. Следовательно, для нормальной эксплуатации указанных

сооружений необходимо определение такого режима работы ГТС, при котором будут соблюдаться меры безопасности и эксплуатационной надежности. Иными словами, допустимые

пределы, при превышении которых состояние сооружения признается в различной степени опасным, будут ниже проектных и напрямую будут зависеть от степени износа ГТС.

Таблица 2

Причины аварийного и предаварийного состояния гидротехнических сооружений вследствие длительной эксплуатации

Table 2

Causes of emergency and pre-emergency condition of hydraulic facilities due to long-term operation

№№ п/п	Субъект Федерации <i>Constituent of the Federation</i>	Количество ГТС <i>Quantity of HTS</i>	Размывание верхового откоса <i>Erosion of the upper slope</i>	Неисправность водосбросного сооружения <i>Malfunction of the spillway</i>	Заиленность чаши водохранилища (пруда) <i>Siltation of the reservoir bowl (pond)</i>	Просадка гребня плотины <i>Dam crest drawdown</i>
1	Республика Калмыкия <i>Republic of Kalmykia</i>	7	7	6	6	
2	Краснодарский край <i>Krasnodar territory</i>	34	32	34	28	8
3	Астраханская область <i>Astrahan territory</i>	17	17	17	Нет сведений <i>No information</i>	7
4	Волгоградская область <i>Volgograd territory</i>	65	65	65	51	11
5	Ростовская область <i>Rostov territory</i>	34	34	34	Нет сведений <i>No information</i>	9
	ИТОГО <i>TOTAL</i>	157	155	156	85 (51 нет сведений) <i>(no information of about 51)</i>	35

Изменение критериальных значений при эксплуатации ГТС не является исключением. Согласно СП «Плотины из грунтовых материалов» в процессе строительства и последующей эксплуатации плотин значения диагностических показателей подлежат корректировке с учетом данных натурных наблюдений [7]. Такая возможность детально проработана в документе «Гидроэлектростанции. Мониторинг и оценка технического состояния гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации. Нормы и требования» [4]. Проектные критериальные значения диагностических показателей не являются догмой и могут быть изменены в соответствии с выявленными дефектами, влияющими на прочность и устойчивость сооружений. Указанными принципами следует руководствоваться в процессе анализа ГТС мелиоративного комплекса.

Изменение правил эксплуатации ГТС, в частности, плотин (снижение уровня НПУ по сравнению с проектным), вследствие различных причин не является редкостью, о чем свидетельствуют приведенные ниже примеры.

Пример 1. Комплекс гидротехнических сооружений, расположенный в Курганской области. Обследование 2017 г. Проектирование

и строительство земляной плотины велось в соответствии с утвержденным проектом для отметки нормального подпорного уровня (НПУ) водохранилища – 112,0 м.

Ниже смоделирован расчет кривой депрессии в теле плотины при проектных (рис. 1) и фактических на 19.06.2017 г. (рис. 2) условиях функционирования, в зависимости от уровня воды в верхнем бьефе. При расчете была использована программа «Фильтрационные расчеты грунтовых плотин с применением электронных таблиц» (кафедра ГТС РГАУ-МСХА, автор – В.И. Волков). Из рисунка 1 следует, что даже при уровне воды в верхнем бьефе 112,00 (НПУ) кривая депрессии не выклинивается на откос плотины и своим нижним концом уходит в дренаж (дополнительно устроенный трубчатый дренаж вдоль откоса).

Из рисунка 2 следует, что в результате неудовлетворительной работы дренажной системы происходит выклинивание воды. При уровне воды в верхнем бьефе 110,3 м БС уровень в пьезометре на 0,2 м выше отметки земли (102,2 м) несмотря на то, что в 2014 г. (тремя годами ранее) участок низового откоса 46 × 35 м, где тогда отмечалось

выклинивание, был пригружен щебнем фракции 20-40 мм, толщиной 30 см. После выклинивания воды в 2014 г.,

ввиду неудовлетворительного уровня безопасности земляной плотины, были внесены изменения в Правила эксплуатации сооружения.

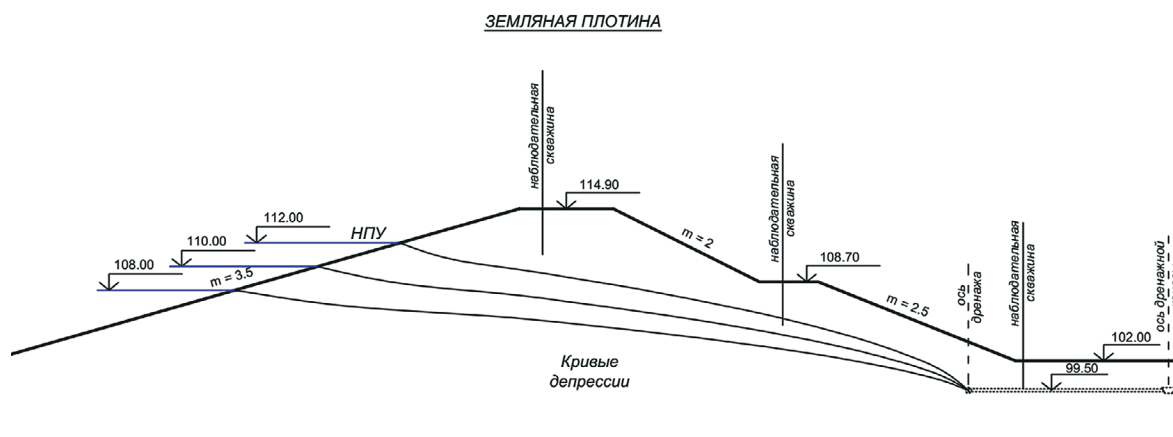


Рис. 1. Положение кривой депрессии в створе ПК 10 плотины. Проектные значения. Комплекс гидротехнических сооружений, расположенный в Курганской области, 2017 г.

Fig. 1. The depression curve position in the site of PC10 dam. Project values. Complex of hydraulic facilities located in the Kurgan region, 2017

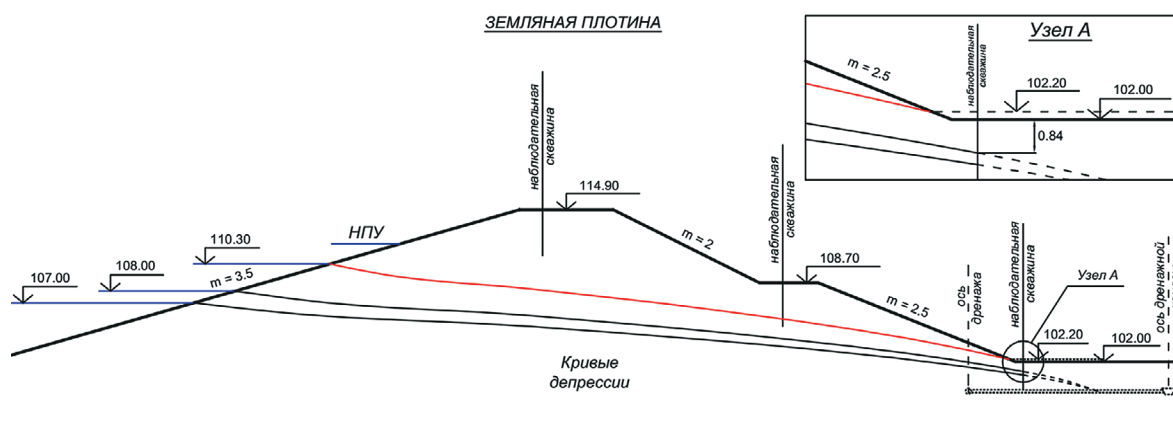


Рис. 2. Положение кривой депрессии в створе ПК 10 плотины. Реальное состояние сооружения. Комплекс гидротехнических сооружений, расположенный в Курганской области, 2017 г.

Fig. 2. The depression curve position in the site of PC10 dam. The actual state of the structure. Complex of hydraulic facilities located in the Kurgan region, 2017

Приведем выдержку из правил эксплуатации комплекса гидротехнических сооружений, расположенных в Курганской области (2017 г.): «Учитывая уровень технического состояния низового откоса земляной плотины в районе наблюдательной скважины № 6, а именно высокое стояние уровня депрессионной кривой, и в целях безопасности эксплуатации гидроузла предусматривается снижение отметки НПУ до 108 м БС после прохождения паводка на вегетационный период с доведением ее после окончания полива до отметки 107 м». Согласно смоделированному расчету кривой депрессии

при уровне воды в верхнем бьефе 108 м БС вода в пьезометре будет находиться на 0,9 м ниже уровня почвы, что исключает выклинивание. Возвращение к отметке НПУ 112 м БС возможно после проведения ремонтных работ и строительства дополнительного дренажа.

Пример 2. Краснодарское водохранилище на р. Кубани.

Согласно «Правилам использования водных ресурсов Краснодарского водохранилища» нормативные уровни воды в водохранилище составляют: ФУ = 35,23 м; НПУ = 33,65 м; УМО = 25,85 м.

В апреле 1993 г. Верховный Совет Республики Адыгея принял постановление № 138-1 «О мерах по ликвидации последствий, вызванных негативным воздействием Краснодарского водохранилища». В соответствии с постановлением с 1993 г. действовало ежегодно обновляемое Соглашение между Республикой Адыгея и Краснодарским краем о временном режиме работ водохранилища (до окончания реконструкции обвалования рек Кубани и Протоки), характеризующемся сниженным НПУ. Нормативные уровни воды в водохранилище в дальнейшем остаются следующими: ФУ = 35,23 м; НПУ = 32,75 м (проектный – 33,65 м); УМО = 25,85 м.

Пример 3. Чебоксарское водохранилище, которое эксплуатируется при НПУ 63,00 м (проектная отметка – 68,00 м) в течение длительного времени.

Эксплуатация ГТС в условиях пониженного уровня НПУ (сходящий режим) создает определенные трудности при пропуске паводков. Кроме того, объем водохранилища или пруда значительно снижается, что может создавать трудности при подаче воды для орошения. Положение усугубляется тем, что в результате длительной эксплуатации чаша водохранилища (пруда), как правило, бывает сильно заиленной, и это еще более уменьшает полезный объем. Работа гидротехнических сооружений с пониженным или неудовлетворительным уровнями безопасности в проектном режиме существенно увеличивает риск возникновения аварии на объекте. Следует отметить, что эксплуатация ГТС в условиях сходящего режима является мерой временной, которая может быть использована в течение ограниченного периода, предшествующего ремонту или реконструкции.

В связи с тем, что проектные нагрузки были рассчитаны под конкретные условия, в том числе экстремальные (весенние половодья и паводки), безопасная эксплуатация таких сооружений значительно усложняется. Наиболее ответственным моментом в работе гидротехнических сооружений является пропуск повышенных расходов воды при половодьях и паводках. Нормативно-методическая документация по безопасности ГТС, включающая в себя комплекс мероприятий, обеспечивающих безаварийный пропуск паводковых вод, в настоящее время детально проработана [8, 9]. Обычно пропуск паводка подразделяется на три этапа [10]:

- подготовка свободной емкости водохранилища;

- срезка пика паводка за счет свободной емкости водохранилища;

- пропуск повышенных расходов половодья через водосбросы.

В предпаводковый период обычно производится сработка водохранилища, то есть уменьшение запасов воды в водохранилище в течение интервала времени, когда расходы воды превышают приток [11]. Освободившаяся емкость используется с целью срезки пика паводка. Объем водохранилища между отметкой НПУ и отметкой предположительной сработки – это запас свободной емкости для срезки паводка.

Во время пропуска паводка, при снижении уровня верхнего бьефа, создаются благоприятные условия для транзитного пропуска наносов и промыва водохранилищ. Для этого к моменту прохождения паводка водохранилище (при отсутствии дополнительных условий) должно быть опорожнено до расчетного уровня. Уровень, при котором обеспечивается последующее наполнение водохранилища, определяется согласно гидрологическому прогнозу. По аналогии с правилами эксплуатации и технического обслуживания гидроэлектростанций в диспетчерский пункт организации, эксплуатирующей ГМС, должна регулярно поступать гидрологическая и метеорологическая информация от гидрометслужбы в соответствии с соглашением (договором) на передачу следующих материалов:

- текущие гидрологические данные по водотоку и прогнозы по ним;

- текущие метеорологические данные и прогнозы по ним;

- предупреждения о сроках и силе возможных стихийных явлений [12].

Эксплуатация гидротехнических сооружений при высокой степени износа значительно усложняется, при этом затрудняется процесс пропуска паводка. Так, для комплекса гидротехнических сооружений, расположенных в Курганской области, где вследствие неудовлетворительного уровня безопасности земляной плотины предусмотрено снижение отметки НПУ с 112 до 108 м БС, предельный запас свободной емкости (между НПУ и УМО) уменьшился с 7,5 млн м³ (при 112 м БС) до величины порядка 5,0 млн м³ (при 108 м БС), то есть на 1/3. Такое уменьшение свободной емкости значительно усложняет пропуск паводка, особенно при повышенных объемах стока весеннего половодья. Следовательно, эффективность работы гидротехнических

сооружений с высокой степенью износа при уровне предельных нагрузок и воздействий ниже проектных значений заметно уменьшается, в первую очередь – ввиду малого запаса свободной емкости для срезки паводка. Также уменьшается объем аккумулируемой для орошения воды вследствие как снижения отметки НПУ, так и заиливания чаши водохранилища. Анализ водоподачи каждого водохранилища в изменившихся условиях необходимо проводить отдельно, исходя из водопотребности орошаемых площадей.

Нормами и требованиями к мониторингу и оценке технического состояния ГЭС гидроэлектростанций в процессе эксплуатации предусмотрен «...оперативный, в том числе в режиме реального времени, контроль за работой и состоянием гидротехнических сооружений в условиях стихийных явлений и в предаварийных ситуациях, вызванных отказом или опасными повреждениями ответственных элементов сооружений» [4]. Указанные принципы не менее актуальны при эксплуатации ГЭС мелиоративного комплекса.

В нормах и требованиях по организации эксплуатации и технического обслуживания гидротехнических сооружений ГЭС и ГАЭС (СТО 70238424.27.140.003-2010) [13] отмечено, что указанный Стандарт не учитывает и не может учитывать все особенности средств измерений, измерительных устройств и технических систем мониторинга, примененных на различных сооружениях. Вследствие этого предусмотрены разработка, утверждение и применение собственных стандартов гидроэлектростанций, учитывающих конструктивные особенности сооружений, не противоречащих действующим нормативным документам и не снижающих уровень требований Стандарта и проектной документации.

Принципы, разработанные для эксплуатации ГЭС, не менее актуальны при обеспечении безопасной и эффективной работы гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса. Контроль за состоянием гидротехнических сооружений, в том числе с высокой степенью износа, организация взаимосвязи систем

информационного обеспечения и управления, позволяющих оценивать надежность и безопасности ГЭС в режиме реального времени и прогнозировать ее на будущий период, возможны только посредством внедрения системы автоматизированного ведения мониторинга ГЭС в сочетании с системой поддержки принятия решений (СППР) [13].

Выводы

1. Срок эксплуатации гидромелиоративных систем юга России составляет порядка 40-50 лет, износ в среднем – 72%. В Краснодарском крае степень износа водохранилищ, прудов и каналов составляет порядка 80-100%, что свидетельствует о значительном заиливании и потере пропускной способности. Износ дамб и плотин составляет 35-40%.

2. Основными повреждениями ГЭС являются размывание верхового откоса, неисправность водобросного сооружения и заиленность чаши водохранилища (пруда), что ведет к усилению фильтрации через тело плотины, повышению уровня депрессионной кривой и усложнению пропуска паводковых вод.

3. Изменение правил эксплуатации ГЭС, в частности, снижение уровня НПУ по сравнению с проектным, не является редкостью. При этом эксплуатацию ГЭС в условиях шдающего режима можно считать мерой временной, используемой до проведения ремонта или реконструкции.

4. Эффективность работы гидротехнических сооружений с высокой степенью износа при уровне предельных нагрузок и воздействий ниже проектных значений заметно уменьшается. Снять остроту проблемы может применение постоянного мониторинга, а также прогноза надежности ГЭС.

5. Безопасная и эффективная работа гидротехнических сооружений с высокой степенью износа в течение периода, предшествующего ремонту или реконструкции, может быть обеспечена посредством внедрения системы автоматизированного ведения мониторинга ГЭС в сочетании с системой поддержки принятия решений (СППР).

Библиографический список

1. ГОСТ 26967-86. Гидромелиорация. Термины и определения. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200009521> (дата обращения: 16.04.2021).
2. Шкуланов Е.И., Кореновский А.М. Физический износ гидротехнических сооружений: его сущность и расчет // Пути повышения

References

1. GOST 26967-86. Gidromelioratsiya. Terminy i opredeleniya. – [Elektronnyy resurs]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/120000952> (data obrashcheniya: 16.04.2021).
2. Shkulanov E.I., Korenovsky A.M. Fizichesky iznos gidrotehnicheskikh sooruzhenij: ego sushchnost i raschet // Puti povysheniya

эффективности орошаемого земледелия: Сб. научных трудов / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 55. – С. 153-160.

3. Гидроэлектростанции. Методика определения критериев безопасности для декларируемых гидротехнических сооружений. СТО РусГидро 02.03.131-2015. – М.: ПАО «РусГидро», 2015. – 25 с.

4. Гидроэлектростанции. Мониторинг и оценка технического состояния гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации. Нормы и требования. Дата введения – 2009-12-31. – М.: Некоммерческое партнерство «Инновации в электроэнергетике», 2009. – 64 с.

5. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2019 году. – М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2020. – 389 с.

6. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ: принят ГД ФС РФ 12.04.2006 г., с изм. от 8 декабря 2020 г. (редакция, действующая с 1 января 2021 г.). – [Электронный ресурс]. – URL: [http:// docs.cntd.ru](http://docs.cntd.ru) Водный кодекс РФ (дата обращения: 13.04.2021).

7. СП 39.13330. 2012. Свод правил. Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84* ОКС93.160. Дата введения 2013-01-01. – [Электронный ресурс]. – URL: <http:// docs.cntd.ru/document/1200095521> (дата обращения: 13.04.2021).

8. О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 117-ФЗ, с изм. от 8 декабря 2020 г. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046062> (дата обращения: 10.04.2021).

9. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003: утв. приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 623, введен в действие с 1 января 2013 г. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200094156> (дата обращения: 10.04.2021).

10. Подготовка ГЭС ОАО «РусГидро» к пропуску половодья. Программа технического перевооружения и реконструкции как инструмент реализации Технической

эффективности орошаемого земледелия: Сборник научных трудов / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 55. – С. 153-160.

3. Hidroelektrostantsii. Metodika opredeleniya kriteriev bezopasnosti dlya deklariruemih gidrotehnicheskikh sooruzhenij. STO RusGidro 02.03.131-2015. – М.: ПАО «РусГидро», 2015. – 25 с.

4. Hidroelektrostantsii. Monitoring i otenka tehnicheskogo sostoyaniya gidrotehnicheskikh sooruzhenij v protsesse expluatatsii. Normy i trebovaniya. Data vvedeniya. – 2009-12-31. – М.: Nekommercheskoe partnerstvo «Innovatsii v elektroenergetike», 2009. – 64 s.

5. Godovoj otchet o deyatelnosti Federalnoj sluzhby po ekologicheskomu tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru, v 2019 godu. – М.: Federalnaya sluzhba po ekologicheskomu, ekologicheskomu tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru, 2020. – 389 s.

6. Vodny kodeks Rossijskoj Federatsii ot 03.06.2006 g. № 74-FZ: prinyat GD FS RF 12.04.2006 g., s izm. ot 8 dekabrya 2020 g. (redaktsiya, dejstvuyushchaya s 1 yanvarya 2021 g.). – [Elektronny resurs]. – URL: <http:// docs.cntd.ru> Vodny kodeks RF (data obrashcheniya: 13.04.2021).

7. SP 39.13330. 2012. Svod pravil. Plotiny iz gruntovykh materialov. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.06.05-84* OKS93.160. Data vvedeniya 2013-01-01. – [Elektronny resurs]. – URL: <http:// docs.cntd.ru/document/1200095521> (data obrashcheniya: 13.04.2021).

8. O bezopasnosti gidrotehnicheskikh sooruzhenij: Federalny zakon ot 21.07.1997 g. № 117-FZ, s izm. ot 8 dekabrya 2020 g. – [Elektronny resurs]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046062> (data obrashcheniya: 10.04.2021).

9. SP 58.13330.2012. Hidrotehnicheskie sooruzheniya. Osnovnye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 33-01-2003: utv. Priказом Ministerstva regionalnogo razvitiya Rossijskoj Federatsii (Minregion Rossii) ot 29 dekabrya 2011 g. № 623, vveden v dejstvie s 1 yanvarya 2013 g. – [Elektronny resurs]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200094156> (data obrashcheniya: 10.04.2021).

10. Podgotovka GES OAO «RusGidro» k propusku polovodja. Programma tehnicheskogo perevooruzheniya i rekonstruktsii kak instrument realizatsii Tehnicheskoj politiki, povysheniya nadezhnosti i bezopasnosti GES OAO «RusGidro». – [Elektronny resurs]. – URL: <http:// rushydro.ru>

политики, повышения надежности и безопасности ГЭС ОАО «РусГидро». – [Электронный ресурс]. – URL: <http://rushydro.ru/file/main/global/press/school...pavodok> (дата обращения: 28.04.2021).

11. Словарь терминов водного хозяйства и гидротехники. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://slovar-vd.ru> (дата обращения: 18.04.2021).

12. СТО 70238424.27.140.003-2010. Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. Дата введения 2010-09-30. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200093612> (дата обращения: 18.04.2021).

13. Жезмер В.Б., Матвеев А.В. Принципы обеспечения эффективной и безопасной работы ГТС гидромелиоративного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019. – № 2. – С. 5-12.

Критерии авторства

Жезмер В.Б., Щербаков А.О. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись.

Жезмер В.Б., Щербаков А.О. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию: 12.05.2021 г.

Одобрена после рецензирования 05.06.2021 г.

Принята к публикации 28.06.2021 г.

file/main/global/press/school...pavodok (дата обращения: 28.04.2021).

11. Slovar terminov vodnogo hozyajstva i gidrotehniki. – [Elektronny resurs]. – URL: <http://slovar-vd.ru> (дата обращения: 18.04.2021).

12. STO 70238424.27.140.003-2010. Hidrotehnicheskie sooruzheniya GES i GAES. Organizatsiya ekspluatatsii i tehničeskogo obsluzhivaniya. Normy i trebovaniya. Data vvedeniya 2010-09-30. – [Elektronny resurs]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200093612> (дата обращения: 18.04.2021).

13. Zhezmer V.B., Matveev A.V. Printsipy obespecheniya effektivnoj i bezopasnoj raboty GTS gidromeliorativnogo kompleksa // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. – 2019. – № 2. – S. 5-12.

Criteria of authorship

Zhezmer V.B., Shcherbakov A.O. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript.

Zhezmer V.B., Shcherbakov A.O. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 12.05.2021

Approved after reviewing 05.06.2021

Accepted for publication 28.06.2021

Оригинальная статья

УДК 502/504: 626.82:691.11:621.644:532.54

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-88-94

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗВИБРАЦИОННОГО МЕТОДА УКЛАДКИ БЕТОННОЙ СМЕСИ В ОБЛИЦОВКАХ КАНАЛОВ

ЖАРНИЦКИЙ ВАЛЕРИЙ ЯКОВЛЕВИЧ, д-р техн. наук, профессор

zharnitskiy@mail.ru

КОРНИЕНКО ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ ✉, заведующий лабораторией

kornienko.p.a@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская, 49. Россия

Представлены результаты экспериментальных исследований, позволяющие корректировать технологические параметры укладки бетонной смеси в облицовке вновь возводимых или реконструируемых каналов водохозяйственного назначения. Исследования проводились на опытном стенде, имитирующем профиль канала, с переменным углом заложения откоса от 15° до 90°. Откос стенда покрыт условной