Геополитика и экогеодинамика регионов.
Том 8 (18). Вып. 4. 2022 г. С. 222–228.

УДК 627.8.059.2

А. С. Романова[1]
М. А. Бандурин[2]
И. А. Приходько[3]

Совершенствование диагностики технического состояния сооружений водохозяйственного комплекса юга России

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Российская Федерация
[1]*e-mail: Any30082002@mail.ru*
[2]*e-mail: chepura@mail.ru*
[3]*e-mail: prihodkoigor2012@yandex.ru*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются задачи и проблемы водохозяйственного комплекса юга России, а также приводятся примеры чрезвычайных ситуаций зарубежных стран, вызванных неисправностями гидротехнихнических сооружений. Выявлены наиболее серьезные нарушения нормального функционирования сооружений водохозяйственного комплекса юга России. Показаны значимые мероприятия для устранения неполадок на вышеупомянутых сооружениях.*

Ключевые слова: *водохозяйственный комплекс, гидроузел, сооружения, паводки, водоток, водосбросное отверстие.*

Введение

К задачам эксплуатации относят целесообразность и экономичность управления расходами и уровнями воды гидроузлов или сооружений, а также обеспечение нормального и бесперебойного выполнения сооружениями функций, для которых они построены при соблюдении безопасности и максимальной долговечности сооружений и механического оборудования.

Вопросы обеспечения бесперебойной работы сооружений водохозяйственного комплекса путем правильного обслуживания, контроля за их работой, своевременного принятия мер по предупреждению или устранению дефектов в виде различных ремонтов составляют главную задачу технической эксплуатации сооружений.

Кроме сказанного, в задачи технической эксплуатации входит также приспособление выстроенного сооружения к изменяющимся с течением времени водохозяйственным требованиям. Последнее вполне понятно, поскольку потребности народного хозяйства изменяются, растут: например, увеличение потребности в электроэнергии требует увеличения отдачи энергии гидроузлом, следовательно, повышения его напора, степени регулирования стока; рост орошаемых площадей требует повышения зарегулированности водотока и увеличения емкости водохранилища и т. п. Приспособление сооружений к новым требованиям достигается путем реконструкции сооружений.

Материалы и методы

Одними из главных причин создания аварийных ситуаций на гидроузлах являются нарушения условий пропуска через их сооружения паводковых

расходов. Это в значительной мере определяет уровень безопасности эксплуатации гидроузлов [1].

Аварии плотин на юге России, связанные с недостаточной пропускной способностью сооружений гидроузлов, являются одними из наиболее распространенных. Двадцать пять процентов всех разрушений плотин обусловлено переливом воды через их гребень. Из общего числа аварий плотин в связи с переливом через гребень разрушается 25 % плотин из грунтовых материалов и 12 % бетонных плотин.

Перелив воды через гребень плотины, связанный с недостаточной пропускной способностью может быть вызван следующими причинами:

- необходимостью пропусков паводков с расходами больше расчетных;
- недостаточным запасом высоты гребня плотины над форсированным уровнем в верхнем бьефе;
- ошибками при проектировании или эксплуатации водопропускных сооружений.

Через водосбросные отверстия Невинномысского гидроузла на р. Кубань в 2002 г. при расчетном максимальном расходе 3000 м3/с прошел катастрофический расход более 4000 м3/с, что вызвало разрушение земляной плотины в ста метрах от гидроузла (проран) и снос двух сегментных затворов. Был отмечен значительный материальный ущерб.

Одной из распространенных причин перелива через гребень плотин и их разрушений является отказ механического оборудования гидроузлов. Например, на гидроузле Мачху (Индия) с плотиной высотой 60 м поверхностный водосброс был рассчитан на пропуск 6000 м3/с. В паводок, расход которого достиг почти 14000 м3/с (превышение в 2,3 раза) не удалось открыть 3 из 18 затворов водосброса. На плотине Ноппинкости (Швеция), высотой 67,5 м в 1985 г. при прохождении паводка был поднят лишь один из двух затворов. Плотина Литуфаллет (Норвегия) в 1986 г. была частично смыта в результате заклинивания затворов.

Тяжелая авария, вызванная заклиниванием сегментных затворов водосброса, произошла в 1994 г. на Турлянской грунтовой плотине на Урале. Подъем затворов начали выполнять лишь тогда, когда уровни воды оказались выше их гребня, что послужило причиной их заклинивания. Перелив воды при переполнении водохранилища через гребень плотины высотой 9,85 м привел к ее разрушению. Был затоплен ряд населенных пунктов в нижнем бьефе, погибло 22 человека.

Причиной разрушения ряда плотин могут оказаться перебои с электроснабжением, которые не позволят открыть затворы. В ряде случаев аварии плотин, происшедшие из-за отказа гидромеханического оборудования, были связаны с недостатками проекта и неграмотной эксплуатацией водосбросных сооружений. Следовательно, с точки зрения обеспечения пропускной способности гидроузлов и сооружений водохозяйственного комплекса, состояние гидромеханического оборудования является фактором, существенно влияющим на их безопасность.

Состояние гидромеханического оборудования вызывает серьезные опасения. Иногда перелив через гребень плотины происходит при забивке водосбросных отверстий плавающими телами (бревнами, обломками леса и др.) [2].

Результаты и обсуждение

Нарушения нормального функционирования сооружений водохозяйственного комплекса юга России могут иметь место по различным причинам:

1) некачественное выполнение строительных работ и отклонение от проектных решений;

2) неправильная оценка в проекте тех или иных природных условий (недостоверность гидрологических данных, несущая способность основания, фильтрационные характеристики грунта и т.д.);

3) износ («старение») сооружений водохозяйственного комплекса и механического оборудования;

4) воздействия на сооружения стихийных и чрезвычайных факторов (катастрофического паводка, землетрясения и др.), которые не предвидены в проекте;

5) неправильных действий эксплуатационного персонала, как, например, несвоевременное открытие затворов, что могло вызвать перелив воды через гребень земляных сооружений; допущение подъема уровня воды в верхнем бьефе сверх предельного;

Нарушения исправной работы сооружений бывают двух родов: 1) незначительные, вызывающие несущественное расстройство работы сооружения; 2) крупные, серьезные, в результате которых сооружение может частично или совершенно прекратить свою работу.

К нарушениям первого рода можно отнести незначительные осадки сооружений, появление неглубоких трещин в бетоне, небольшую фильтрацию, мелкие повреждения покрытий и одежд, временные затруднения в маневрировании затворами, местные заиления и отложения наносов, местные подмывы и размывы и т. п. Некоторые нарушения, даже не будучи исправлены, могут некоторое время не сказываться на работе сооружений, например, внешние небольшие повреждения, мелкие трещины.

Нарушения второго рода являются серьезными и крупными повреждениями сооружения, которые значительно сокращают эффект его работы или вызывают даже полное прекращение последней на сравнительно длительное время. В последнем случае нарушения называются авариями [3]. Сюда относятся, например, подмыв флютбета плотины в результате разрушения рисбермы и т. п.

К нарушениям второго рода относятся и умышленные повреждения или даже разрушения сооружений, вызванные, например, военными действиями, диверсиями и т. п.

Для обеспечения исправной работы сооружений водохозяйственного комплекса юга России проводятся следующие мероприятия:

а) испытания сооружений при приеме их в эксплуатацию, так называемые пусковые или пуско-наладочные испытания;

б) текущий контроль за состоянием сооружений и оборудования;

в) выполнение установленных правил пропуска через сооружения воды, льда, наносов;

г) профилактические и предупредительные меры против возможных нарушений правильной работы сооружений и их оборудования;

д) своевременный текущий ремонт повреждений;

Перечисленные мероприятия могут быть сведены в две группы: 1) предупредительные, задачей которых является предупреждение возможных нарушений работы сооружений; 2) ремонтные, или восстановительные, при помощи которых текущие нарушения ликвидируются и сооружение приводится в исправное состояние.

Контроль за качеством строительных работ и их соответствием проекту производится в процессе строительства и фиксируется техническими контролерами и представителями проектной организации («авторский надзор») [4]. При сдаче законченных сооружений в эксплуатацию производится осмотр этих сооружений, установление соответствия их проекту (с учетом актов технического контроля) и проверка их работы при помощи пусковых испытаний.

При заполнении водой бьефов и каналов необходимо следить за появляющимися течами, особенно в земляных плотинах и дамбах, принимая срочные меры к заделке трещин и неплотностей. Поэтому само заполнение надо производить, медленно: вначале до 1 м в сутки, а по мере повышения глубины и напора медленнее - 0,15-0,20 м/сутки и даже 0,50-0,10 м/сутки (в земляных дамбах). Перед заполнением камер шлюзов; водоводов, водобойных колодцев и вообще нижнего бьефа надо удалить строительный мусор (особенно камень, металл), так как нередко оставленные твердые предметы приводят к преждевременному износу и даже разрушению гасительных и других устройств.

В результате осмотров и испытаний составляется перечень недоделок, которые должны быть выполнены перед сдачей сооружений в эксплуатацию, и указаний по особым условиям эксплуатации, которые были выявлены в период пусковых испытаний. Сдача сооружений в эксплуатацию фиксируется специальным актом.

Специальные технические инструкции, отражающие принятые в проекте условия работы сооружения, должны составляться проектировщиками и прилагаться к техническому проекту сооружения. Эти инструкции могут дополняться приемной комиссией по приемке сооружений в эксплуатацию специальными указаниями.

Выполнение указаний, инструкций и правил является первым основным условием правильной эксплуатации сооружений.

Основным документом, в котором отражается состояние сооружения на протяжении его существования, является паспорт сооружения. В паспорт сооружения вписываются основные, характеризующие сооружение, данные контрольных осмотров, все повреждения, его ремонты, дальнейшие конструктивные изменения и пр. В дополнение к систематическим наблюдениям производятся периодические осмотры сооружений с фиксацией состояния внешних их поверхностей: разрушения их, истирания, появления трещин и т. п. Такие осмотры особенно необходимы в речных сооружениях перед весенним паводком и спада паводка. Один раз в год следует выполнять осмотр всех сооружений с занесением результатов в паспорт сооружения.

Все сооружения водохозяйственного комплекса, находящиеся в эксплуатации более 25 лет, независимо от их состояния, должны периодически подвергаться многофакторному исследованию с оценкой их прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности с привлечением специализированных организаций. По результатам исследований должны быть

приняты меры к обеспечению технически исправного состояния сооружений водохозяйственного комплекса на юге России, оборудования и их безопасности.

На случаи отказов или аварий сооружений должны быть заранее разработаны: необходимая проектная документация по их раннему предотвращению (с учетом расчетных материалов по воздействию волн прорыва из водохранилищ) и соответствующие инструкции по их ликвидации.

Выводы

Таким образом, оборудование сооружений водохозяйственного комплекса юга России, средства его дистанционного или автоматического управления и сигнализации, а также подъемные и транспортные устройства общего назначения должны быть в исправности и находиться в состоянии готовности к работе. Непосредственно перед весенним половодьем затворы водосбросных сооружений и их закладные части, используемые при пропуске половодья, должны быть освобождены от наледей и ледяного припая, чтобы обеспечить возможность маневрирования ими.

Механическое оборудование сооружений водохозяйственного комплекса должно периодически осматриваться и проверяться в соответствии с утвержденным графиком. Инструментальное обследование состояния основных затворов должно проводиться по мере необходимости. Для затворов, находящихся в эксплуатации 25 лет и более, периодичность обследований не должна превышать 5 лет [5].

Должны быть обеспечены водонепроницаемость затворов, правильная посадка их на порог и плотное прилегание к опорному контуру. Затворы не должны иметь перекосов и недопустимых деформаций при работе под напором.

Грузоподъемное оборудование, не подведомственное органам государственного контроля и надзора, периодически, не реже 1 раза в 5 лет, подлежит техническому освидетельствованию. Обследование канатов, тяговых органов, изоляции проводов и заземления, состояния освещения и сигнализации грузоподъемного оборудования должно производиться не реже 1 раза в год.

Полное закрытие, затворов, установленных на напорных водоводах, может проводиться лишь при исправном состоянии аэрационных устройств.

В необходимых случаях должны быть обеспечены утепление или обогрев пазов, опорных устройств и пролетных строений затворов, сороудерживающих решеток, предназначенных для работы в зимних условиях.

Сороудерживающие конструкции (решетки, сетки, запани) должны регулярно очищаться от сора. Для каждой электростанции должны быть установлены предельные по условиям прочности и экономичности значения перепада уровней на сороудерживающих решетках.

Оборудование сооружений (затворы, решетки, подъемники и др.) должно содержаться в постоянной готовности. Для этого необходимо периодически смазывать трущиеся части, регулировать тормоза, периодически опробовать затворы (особенно донные), удалять засорения и т. п. Необходимо вести борьбу с поступлением мусора (поверхностного и внутриводного), плавающих предметов, лижем или полей торфа (в низконапорных и средненапорных гидроузлах), забивающих решетки отверстий сооружений, пазы затворов и проч. [6].

Особое внимание надо обратить на плотность закрытия затворов и принимать меры к уменьшению фильтрации через неплотности, которые на практике наблюдаются во многих случаях. В период работы затворов необходимо следить за возможными вибрациями затвора, вакуумами и устранять их путем изменения режима работы затвора и даже внесения в последующем конструктивных исправлений.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 22-17-20001.

Литература

1. Волосухин В. А., Бандурин М. А. Необходимость многофакторной диагностики донской шлюзованной системы в условиях роста дефицита водных ресурсов и безопасности сооружений // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2017. Т. 9. № 2. С. 346-354.
2. Бандурин М. А., Волосухин В. А., Ковшевацкий В. Б., Бандурин В. А., Волосухин Я. В. Способ и устройство создания противофильтрационного покрытия оросительных каналов. Патент на изобретение RU 2408761 C2, 10.01.2011. Заявка № 2009112150/21 от 01.04.2009.
3. Бандурин М. А., Волосухин В. А. Мониторинг сооружений водного хозяйства // Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы. Правительство Ростовской области, Министерство сельского хозяйства и продовольствия; ФГБОУ ВПО АЧГАА. 2012. С. 98-101.
4. Патент № 2471339 C1 Российская Федерация, МПК A01G 16/00, A01B 79/02. Способ мелиорации почвы в паровом поле рисового севооборота к посеву риса: № 2011124233/13 : заявл. 15.06.2011 : опубл. 10.01.2013 / М. И. Чеботарев, И. А. Приходько ; заявитель ФГБОУ ВПО "Кубанский государственный аграрный университет".
5. Optimization problem in mathematical modeling of technological processes of economic activity on rice irrigation systems / T. Safronova, S. Vladimirov, I. Prikhodko, A. Sergeyev // E3S Web of Conferences: P. 05014. DOI 10.1051/e3sconf/202021005014.
6. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П., Хохлова О. Б. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2010. 240 с.

A. S. Romanova[1]
M. A. Bandurin[2]
I. A. Prikhodko[3]

Improvement of diagnostics of the technical condition of water facilities in the South of Russia

I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation
[1]*e-mail: Any30082002@mail.ru*
[2]*e-mail: chepura@mail.ru*
[3]*e-mail: prihodkoigor2012@yandex.ru*

Abstract. *This article discusses the tasks and problems of the water management complex of the south of Russia, as well as provides examples of emergencies in foreign countries caused by malfunctions of hydraulic engineering structures. The most serious violations of the normal functioning of the structures of the water management complex of the south of Russia have been identified. Significant measures for troubleshooting at the above-mentioned facilities are shown.*

Keywords: *water management complex, waterworks, structures, floods, watercourse, spillway.*

References

1. Volosuhin V. A., Bandurin M. A. Neobhodimost' mnogofaktornoj diagnostiki donskoj shlyuzovannoj sistemy v usloviyah rosta deficita vodnyh resursov i bezopasnosti sooruzhenij // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova. 2017. T. 9. № 2. S. 346-354 (in Russian)
2. Bandurin M. A., Volosuhin V. A., Kovshevackij V. B., Bandurin V. A., Volosuhin YA.V. Sposob i ustrojstvo sozdaniya protivofil'tracionnogo pokrytiya orositel'nyh kanalov. Patent na izobretenie RU 2408761 C2, 10.01.2011. Zayavka № 2009112150/21 ot 01.04.2009. (in Russian)
3. Bandurin M. A., Volosuhin V. A. Monitoring sooruzhenij vodnogo hozyajstva // Innovacionnye puti razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: zadachi i perspektivy. Pravitel'stvo Rostovskoj oblasti, Ministerstvo sel'skogo hozyajstva i prodovol'stviya; FGBOU VPO ACHGAA. 2012. S. 98-101. (in Russian)
4. Patent № 2471339 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01G 16/00, A01B 79/02. Sposob melioracii pochvy v parovom pole risovogo sevooborota k posevu risa : № 2011124233/13 : zayavl. 15.06.2011 : opubl. 10.01.2013 / M. I. CHebotarev, I. A. Prihod'ko; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet" (in Russian)
5. Optimization problem in mathematical modeling of technological processes of economic activity on rice irrigation systems / T. Safronova, S. Vladimirov, I. Prikhodko, A. Sergeyev // E3S Web of Conferences : 8, Rostovon-Don, 19–30 avgusta 2020 goda. Rostov-on-Don, 2020. P. 05014.
6. Kirejcheva L. V., Karpenko N. P., Hohlova O. B. Novye tekhnologii proektirovaniya, obosnovaniya stroitel'stva, ekspluatacii i upravleniya meliorativnymi sistemami. - Moskva: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut gidrotekhniki i melioracii imeni A.N. Kostyakova, 2010. 240 s. (in Russian)

Поступила в редакцию 08.10.2022 г.