

NECESSITY OF MULTIFACTOR DIAGNOSTICS OF THE DONSKY SHIPPING SYSTEM IN CONDITIONS OF THE GROWTH OF THE WATER RESOURCES DEFICIENCY AND SAFETY OF FACILITIES

V. A. Volosukhin¹, M. A. Bandurin²

¹ — Don State Agrarian University, Rostov Region, Russian Federation

² — Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),
Novocherkassk, Russian Federation

This article describes the results of the implementation of new permanent monitoring systems in relation to long-term operation of hydraulic structures. At present, more than 80% of the hydraulic structures in the south of Russia have fulfilled most of the standard operating life. Residual resource of hydraulic structures allows to establish a safe period of their operation without restrictions or with restrictions, or to make a decision on repair or liquidation of hydraulic structures and parts of its elements. Existing methods of inspection of hydraulic structures are aimed at assessing the overall suitability of structural support structures for further operation. During the surveys a number of questions arose regarding the nature of the detection of damages and defects, as well as the forecasting of the technical condition for a certain period of time. The purpose of the multifactor survey of hydraulic structures is to assess the actual technical condition, the main equipment, determine the remaining resource of their elements, and establish safety deficiencies to assess the possibility of continuing operation beyond the designated (or 25-year) service life. The results of the multifactor survey are the basis for preparing the facility for the extension of the service life. In the period of low water in the upper reaches and the lower reaches of the Volga and on the Don, below the Tsimlyansk hydroelectric station, ship companies experience the problem of missing ships at full load due to inadequate depths. The physico-geographical characteristics of the Lower Don are described, the history of its sluicing, it is proposed to use flexible water-lifting dams, which at low water promote the rise of the water level in navigable rivers, and during the high-water period they fit into the flow channel of the channel section.

Keywords: Hydraulic engineering structures, the Don Gateway System, multifactorial survey, residual resource, navigable rivers, inland waterways, hydroelectric complex, river regulation, dredging, safety deficiency, reliability parameters, technical condition.

For citation:

Volosukhin, Viktor A., and Mikhail A. Bandurin. "Necessity of multifactor diagnostics of the Donsky shipping system in conditions of the growth of the water resources deficiency and safety of facilities." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.2 (2017): 346–354. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-346-354.

УДК: 556.5.1: 628.1

НЕОБХОДИМОСТЬ МНОГОФАКТОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДОНСКОЙ ШЛЮЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ РОСТА ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И БЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЙ

В. А. Волосухин¹, М. А. Бандурин²

¹ — ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»,
Ростовская область, Российская Федерация

² — ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
им. М. И. Платова», Новочеркасск, Российская Федерация

В статье приводятся результаты реализации новых систем постоянного мониторинга применительно к длительно эксплуатируемым гидротехническим сооружениям. В настоящее время более 80 % гидротехнических сооружений на юге России превысили большую часть нормативного срока эксплуатации. Остаточный ресурс гидротехнических сооружений позволяет установить безопасный срок их эксплуатации без ограничений или с ограничениями либо принять решение о ремонте или ликвидации гидротех-

нических сооружений и части его элементов. Существующие методики обследования гидротехнических сооружений направлены на оценку в целом пригодности несущих конструкций сооружений к дальнейшей эксплуатации. При проведении обследований появился ряд вопросов по характеру выявления повреждений и дефектов, а также по прогнозированию технического состояния на определённый период времени. Целью многофакторного обследования гидротехнических сооружений является оценка фактического технического состояния, основного оборудования, определение остаточного ресурса их элементов, а также установление дефицитов безопасности для оценки возможности продолжения эксплуатации сверх назначенного (или 25-летнего) срока эксплуатации. Результаты многофакторного обследования являются основанием для подготовки сооружения к продлению срока эксплуатации. В период маловодья в верховьях и низовьях Волги и на Дону, ниже Цимлянского гидроузла, судовые компании испытывают проблему пропуска судов при полной загрузке из-за недостаточности глубин. Излагается физико-географическая характеристика Нижнего Дона, история его шлюзования, предлагается решение об использовании гибких водоподъёмных плотин, которые в межень способствуют подъёму уровня воды в судоходных реках, а в период паводка укладываются в флютбет русловой части.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, Донская шлюзовая система, многофакторное обследование, внутренние водные пути, параметры надёжности, техническое состояние.

Для цитирования:

Волосухин В. А. Необходимость многофакторной диагностики Донской шлюзованной системы в условиях роста дефицита водных ресурсов и безопасности сооружений / В. А. Волосухин, М. А. Бандурин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 2. — С. 346–354. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-346-354.

Введение

Водные пути в России всегда являлись мощным природным фактором, оказывающим влияние на развитие сложных социальных и экономических процессов периода второй половины XVIII – начала XIX в., а исследование речных путей как важнейшей составной части транспортной сети было необходимо для анализа различных типов и форм хозяйственной деятельности и естественно-географической среды в России.

История шлюзования Нижнего Дона начинается с проектов Н. П. Пузыревского, составленных на основании изысканий, проведенных под его руководством в 1906 – 1909 гг. [1]. Строительство Донской шлюзованной системы началось в 1913 г. В первую очередь сооружался Кочетовский гидроузел (по схеме Н. П. Пузыревского — гидроузел № 3), который был крайне необходим для нормального функционирования Северо-Донецкой водной системы (в этой системе — гидроузел № 1. История его строительства и этапы реконструкции подробно описаны в книге [2].

В течение последних лет водные проблемы существенно обострились в связи с антропогенными изменениями речного стока и сменой собственников гидротехнических сооружений: водохранилищ, водозаборных, водосбросных, водопропускных сооружений, неохотно вкладывающих средства в их эксплуатацию, повышение надёжности и безопасности. В наиболее обжитых районах страны не осталось крупных рек, не нарушенных хозяйственной деятельностью, причём как на водосборах, так и в руслах.

Согласно данным Водного кадастра РФ за 2014 г. (ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество) происходит многолетнее катастрофическое снижение общих водных ресурсов на юге РФ. В целом по Южному федеральному округу отклонение водных ресурсов от среднего многолетнего значения составило 17,2 % по сравнению с 6,5 % в 2014 г. [3].

По результатам визуальной инвентаризации около 1/3 гидротехнических сооружений России требуют восстановления, так как проектный срок их эксплуатации составляет 30 лет, большинство сооружений уже отработали свой ресурс, поэтому дальнейшее увеличение их возраста приведет к снижению надёжности и безопасности. Гидротехнические сооружения, находящиеся в эксплуатации более 25 лет, независимо от состояния должны один раз в 5 лет подвергаться комплексному анализу с оценкой их прочности, устойчивости и эксплуатационной надёжности. На базе фактических физико-механических характеристик материалов сооружений и их оснований комплексному анализу состояния сооружения подвергаются во внеочередном порядке

(СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003, п. 6.5).

Методы и материалы

Водохозяйственная ситуация на Нижнем Дону в большой степени определяется возможностями многолетнего регулирования Цимлянского водохранилища ($W_{\text{полн}} = 23\,680$ млн м^3 , $W_{\text{пол}} = 11\,540$ млн м^3 , $F_{\text{зерк}} = 2\,702$ км 2 . Объем годовой полезной водоотдачи $W = 12\,471$ млн м^3). Водохранилище имеет комплексное назначение (судоходство, водоснабжение, орошение и обводнение, рыборазведение). Ведущим водопользователем является судоходство. Объемы грузоперевозок по Нижнему Дону за последние десятилетия снизились с 13,1 млн т до 8 – 10 млн т [4].

Безвозвратное водопотребление в бассейне Нижнего Дона, по оценкам Северо-Кавказского НИИВХ, составляет 3,37 км 3 [5]. С учётом потерь на испарение с поверхности Цимлянского водохранилища (в среднем 1,5 км 3 /год) величина безвозвратного водопотребления увеличится до 4,87 км 3 . Навигационные попуски в нижний бьеф Цимлянского гидроузла при нормативных условиях эксплуатации (410 м 3 /с) и сложившейся к настоящему времени продолжительности навигации (240 сут) потребуют объема воды в размере 8,5 км 3 . Осуществление санитарного попуска в межнавигационный период нормативным расходом 230 м 3 /с составит дополнительно 2,48 км 3 воды. Даже принимая во внимание, что приток от Цимлянского гидроузла до устья реки равен примерно 5 км 3 , видно, насколько напряжённым является водохозяйственный баланс водохранилища (10,85 км 3 по сравнению с 11,54 км 3 полезного объема). Учитывая, что в последние годы Цимлянское водохранилище всё реже наполняется до нормального подпорного уровня, можно констатировать, что этот баланс будет дефицитным. По предварительным данным Росгидрометцентра, в 2017 г. ожидается маловодье, особенно на Нижнем Дону (прогнозируется 7 – 9 км 3 , вместо нормативных 11,1 км 3).

Достичь гарантированных глубин судоходного пути на нижнем Дону (3,8 – 4,0 м) можно только подпором уровней (шлюзованием). Известные в гидротехнике различные другие способы увеличения минимальных глубин в реке, такие как углубление дна землечерпанием, удаление порогов на отдельных участках русла, выправление русла с помощью регулиционных сооружений, попуски из вышерасположенных водохранилищ, для условий нижнего Дона малоэффективны.

В 1974 г. рядом со станицей Николаевская был построен гидроузел со шлюзом, необходимость строительства которого была связана с обеспечением судоходных глубин на участке от выхода из нижнего подходного канала шлюза № 15 Цимлянского гидроузла до створа Николаевского гидроузла. Действующий напор составляет 3,8 – 4,0 м. У Кочетовского и Николаевского гидроузлов разборные плотины (фермы Поаре) [2] позволяют регулировать величину подпора и обеспечить пропуск половодья без подпора уровня воды в реке Дон.

Константиновский гидроузел (недостроенный в 1910-х гг. узел по схеме Н. П. Пузыревского), введенный в эксплуатацию в 1982 г., начал обеспечивать судоходство на участке протяженностью 43 км от Николаевского гидроузла до створа Константиновского гидроузла. Особенностью его, по сравнению с Кочетовским и Николаевским, является создание круглогодичного (постоянного) подпора. Мелиораторы Южгипроводхоза (ныне — Южводпроект) на примере Кагальницкого участка поймы строительством дренажной системы на площади 30 тыс. га показали невозможность воспрепятствовать грунтовому потоку от верхнего бьефа Константиновского гидроузла засолению и заболачиванию поймы; сельскохозяйственные угодья были затоплены убыточными рыбоводными прудами. То же ожидает и земли в зоне влияния будущего Багаевского гидроузла, если подпор уровня не будет сниматься хотя бы в период осенне-зимней межени.

Участок Нижнего Дона от Кочетовского гидроузла до устья, по существу, является рекой в свободном состоянии с измененным гидрологическим режимом. На участке длиной 164 км расположено 45 перекатов, разделенных короткими плесовыми ложинами. Несмотря на большой объем дноуглубительных работ, часть перекатов сохранила типичные для них русловые образова-

ния — побочни, гребни. В связи с ограниченной шириной судового хода и крутыми поворотами русла этот участок затруднителен для судоходства.

Проект шлюзования реки Дон, составленный Н. П. Пузыревским на основании изысканий 1906 – 1909 гг., имел целью улучшить условия плавания на Дону от Калача до Ростова на протяжении 500 вёрст (~ 533 км). Этот проект предполагал достигнуть судоходных глубин посредством устройства разборчатых плотин, перегораживающих реку, а для перехода судов из одного бьефа в другой предлагалось устроить камерные шлюзы. Предельная осадка судов после осуществления работ по улучшению реки Дон предполагалась 2,75 м (9 футов). Для речного флота того времени проектом были приняты следующие размеры судов: полезная длина — 120 саженей (~ 256 м); ширина в свету — 15 саженей (~ 32 м).

Строительство Донской шлюзованной системы началось с сооружения Кочетовского гидроузла (по схеме Н. П. Пузыревского — гидроузел № 3, в Северо-Донецкой водной системе — гидроузел № 1). Основные этапы от строительства до последней реконструкции и ввода в эксплуатацию новой камеры шлюза этого гидроузла показаны на рис. 1.



В 50 – 60-е гг. XX в., после ввода в эксплуатацию Волго-Донского канала и в связи с увеличением габаритов новых судов, старый Кочетовский шлюз требовал реконструкции, его габариты стали представлять серьёзное препятствие для судоходства, так как суда нового поколения, достигшие в длину 130 – 140 м, в камеру шлюза просто не помещались. Крупные работы по проекту института «Гипроречтранс» здесь начались в середине 50-х гг. XX в. и были завершены в основном в 1969 г. В результате шлюз был приведён в полное соответствие с габаритами аналогичных сооружений Волго-Донского канала. В те же годы в комплекс сооружений Кочетовского гидроузла была включена возведённая на месте дополнительного отверстия трёхпролётная водосливная плотина с рыбопропускным шлюзом [4], построены верхние и нижние причальные направляющие, возведены здания механизмов с центральным пультом управления, надстроены парапеты камеры, проведена замена электромеханического оборудования шлюза. Следует отметить, что к 1990 г. Кочетовский гидроузел устарел. Дальнейшее расширение габаритов старой шлюзовой камеры было признано нерациональным. Выгоднее было построить рядом со старой камерой новый современный шлюз стандартных габаритов, который возьмёт на себя основной поток больших судов. В апреле 2008 г. через новый шлюз прошло первое грузовое судно.

В 1974 г. рядом со станицей Николаевская был построен гидроузел со шлюзом. Если связывать этот гидроузел с проектом Н. П. Пузыревского, то его номер соответствует примерно № 5. Необходимость его строительства была связана с обеспечением судоходства на участке от выхода из нижнего подходного канала шлюза № 15 до створа Николаевского гидроузла. Действующий напор составляет 3,8 – 4,0 м. В составе гидроузла: судоходный шлюз, рыбопропускной шлюз № 1,

рыбопропускной шлюз № 2, разборная («судоходная») плотина, водосбросная плотина, земляная плотина, нерестово-рыбоходный канал со шлюзом-регулятором. Разборная плотина (фермы Поаре) позволяет регулировать величину подпора и обеспечивать пропуск половодья без подпора уровня воды в Дону.

Константиновский гидроузел (недостроенный в 1910-х гг. узел по схеме Н. П. Пузыревского — гидроузел № 4), который был введен в эксплуатацию в 1982 г., начал обеспечивать судоходство на участке протяженностью 43 км от Николаевского гидроузла до створа Константиновского гидроузла. В составе гидроузла судоходный шлюз, шлюз для скоростных судов, рыбопропускной шлюз № 1, рыбопропускной шлюз № 2, водосливная плотина с водосбросом-регулятором, земляная плотина, нерестово-рыбоходный канал со шлюзом-регулятором. Расчетный напор на гидроузле составляет 3,2 м.

Участок Нижнего Дона от Кочетовского гидроузла до устья, по существу, является рекой в свободном состоянии с измененным гидрологическим режимом. На участке длиной 164 км расположено 45 перекатов, разделенных короткими плесовыми лощинами. Несмотря на большой объем дноуглубительных работ, часть перекатов сохранила типичные для них русловые образования: побочни и гребни. В связи с ограниченной шириной судового хода и крутыми поворотами русла этот участок затруднителен для судоходства.

Результаты

Целью многофакторного обследования гидротехнических сооружений Донской шлюзованной системы является оценка фактического технического состояния основного оборудования, определение остаточного ресурса их элементов, а также установление дефицита безопасности для оценки возможности продолжения эксплуатации сверх назначенного (25-летнего) срока эксплуатации, а именно работоспособности. Результаты многофакторного обследования являются основанием для подготовки сооружения к продлению срока эксплуатации.

Остаточный ресурс гидротехнических сооружений Донской шлюзованной системы позволяет установить безопасный срок их эксплуатации без ограничений или с ограничениями, либо принять решение о ремонте или ликвидации гидротехнических сооружений и части его элементов [6]. Основным свойством, определяющим ресурс системы, является надежность ее элементов, т. е. надежность и безотказность работы в течение определенного срока эксплуатации. Надежность и безотказность работы системы в целом определяются из условия, что каждый элемент системы может находиться в одном из двух состояний — работоспособном или отказа.

Существующие методы [7] обследования гидротехнических сооружений направлены на оценку пригодности в целом несущих конструкций сооружений к дальнейшей эксплуатации применительно к гидротехническим сооружениям Донской шлюзованной системы. Мониторинг проводится с учетом действующих нормативных документов по проектированию, изготовлению и специфики эксплуатации. Также он выделяет основные требования [8] к процессу проведения измерений технического состояния гидротехнических сооружений Донской шлюзованной системы с применением современных приборов неразрушающего контроля, а именно разработанного программно-технического комплекса для проведения эксплуатационного мониторинга технического состояния гидротехнических сооружений, который предназначен для определения параметров различных дефектов и повреждений [9], а также расчета прогнозируемого срока остаточного ресурса их элементов [10]. С его помощью можно провести оценку каждого дефекта, а также остаточного ресурса до потери несущей способности железобетонных элементов гидротехнических сооружений Донской шлюзованной системы. Комплекс [11] позволяет также оценить влияние ряда факторов на надежность отдельных элементов сооружения, наиболее характерными из которых являются фильтрация, истирание, процессы выщелачивания и степень износа по участкам [12] с различными гидравлическими характеристиками.

Были рассчитаны конечно-элементные модели (рис. 2, а) разборной плотины — фермы Поаре, на отечественном программном продукте SCAD office, позволяющие определить работоспо-

способность гидротехнических сооружений Донской шлюзованной системы, также получены критерии физического износа отдельных элементов. Одной из главных проблем определения остаточного ресурса является определение физического износа сооружения в целом во времени. Расчет выполнялся с различными сочетаниями, как с нагрузками, так и с дефектами от длительной эксплуатации. Результаты моделирования приведены в виде эпюр усилий (рис. 2, б), на основании данных которых можно классифицировать техническое состояние каждого элемента, например, как стержней, так и пластин, при различных как небольших неисправностях, так и опасных повреждениях элементов сооружения. Также представлены изополя напряжений (рис. 3) несущих конструкций для последующего прогнозирования обоснования продления срока надежной работоспособности.

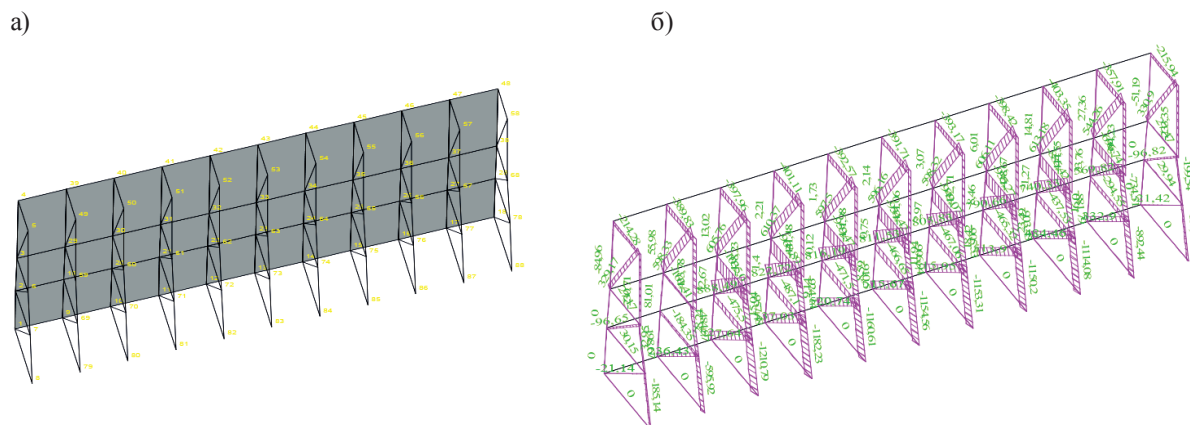


Рис. 2. Общий вид модели на ЭВМ сборной водоподъемной низконапорной щитовой плотины (а) и эпюра ее растягивающих и сжимающих усилий (б)

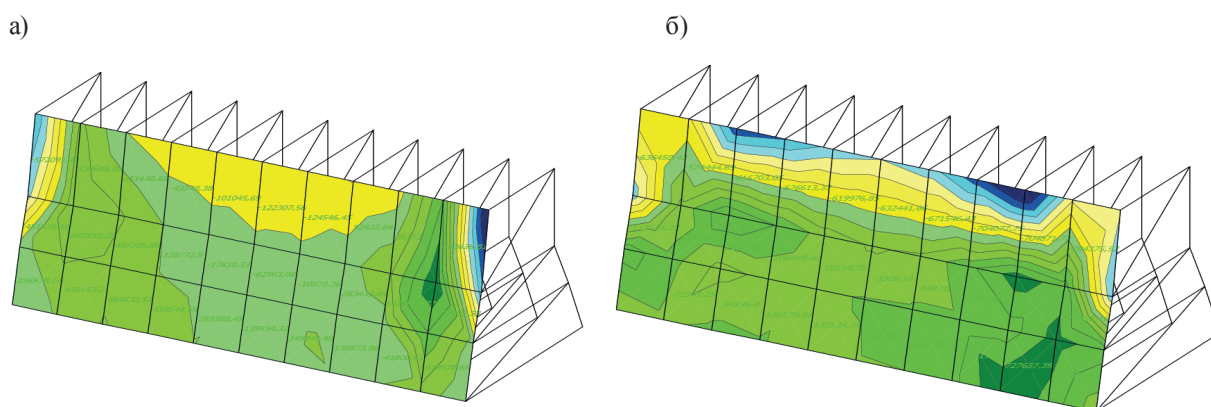


Рис. 3. Эпюры изополей напряжений по горизонтали сооружения (а) и по вертикали (б)

Обсуждение

Проектирование и строительство объекта «Разработка и реализация комплексного проекта реконструкции Азово-Донского бассейна, а также третий этап (Багаевский гидроузел)» проводятся в соответствии с Распоряжением правительства РФ от 29 февраля 2016 г. № 327-р «Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года». Багаевский гидроузел будет располагаться на 3089 км судового хода, вблизи хутора Арпачин (по схеме Н. П. Пузыревского — это створ № 2, расположение которого несколько выше проектируемого ОПК «Трансгидропроект»).

Багаевский гидроузел [13] является водотранспортным объектом, предназначенным для обеспечения гарантированных судоходных глубин в период навигации. В состав гидро-

технических сооружений Донской шлюзованной системы входят сооружения, предназначенные для подъёма уровня воды на проблемном участке реки и пропуска расходов, судопропускные сооружения, рыбопропускные сооружения, обеспечивающие благоприятные условия для прохода рыбы из одного бьефа гидроузла в другой бьеф. В конструктивном отношении и по составу сооружений Багаевский гидроузел в значительной своей части повторяет эксплуатирующийся на реке Дон с 1982 г. Константиновский гидроузел [14]. Максимальный расчётный напор на гидроузле (разность между нормальным подпорным уровнем и минимальным уровнем нижнего бьефа с расчётным напором, равным 99 %) — 3,8 м, в среднем величина подпора уровня не превышает 2,0 м.

В области гидротехники широко известны различные способы увеличения минимальных глубин: углубление дна землечерпанием, удаление порогов на отдельных участках русла, выправление русла с помощью регуляционных сооружений (продольных струенаправляющих дамб, полузапруд и запруд, донных бун, береговых шпор и др.), шлюзование рек. Учитывая многообразие условий, определяющих характер того или иного участка реки, следует при проработке проектов увеличения судоходных глубин рассматривать несколько вариантов решений, включая указанные ранее способы.

Реально гарантировать габариты судоходного пути в России можно только подпором воды (шлюзованием рек), но подпорные сооружения в период половодья должны пропускать расходы при минимальном перепаде уровней воды в бьефах и эти уровни не должны превышать бытовых максимальных значений. Таким образом, затворы плотины должны быть разборными либо укладываемыми на флутбет. Не следует игнорировать возможность использования гибких элементов [15] для создания подпора уровня как средств снижения стоимости сооружений гидроузла.

Выводы

1. Национальный стандарт (ГОСТ Р 22.1.12-2005) позволяет сформулировать основные требования к постоянному мониторингу гидротехнических сооружений Донской шлюзованной системы.

2. Ведение Государственного водного реестра осуществляется в соответствии со ст. 31 Водного кодекса РФ, Постановлением Правительства РФ от 28.04.2007 г. № 253 «О порядке ведения государственного водного реестра», Приказом МПР России от 16.07.2007 г. № 186 «Об утверждении Правил внесения сведений в государственный водный реестр», Приказом Министерства природных ресурсов России от 29.05.2007 г. № 138 «Об утверждении формы государственного водного реестра», позволяет сформулировать основные требования к эксплуатационному мониторингу гидротехнических сооружений Донской шлюзованной системы.

3. Качественный мониторинг гидротехнических сооружений позволяет оценить изменение напряжённо-деформированного состояния во времени при различных сочетаниях нагрузок применительно к гидротехническим сооружениям Донской шлюзованной системы.

4. Анализ неудовлетворительного состояния отдельных гидротехнических сооружений юга России свидетельствует о нерешённых проблемах с их эксплуатацией, недостаточности средств, выделяемых на многофакторную оценку факторов, влияющих на их надёжность и безопасность, низкой квалификации эксплуатирующего персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дейч В. И. Гидротехнические работы в 1893 г. // Труды экспедиции снаряженной Лесным Департаментом под рук. В. В. Докучаева: отчет Министерству земледелия и государственных имуществ. Вып. 1. / В. И. Дейч. — Т. 2. — СПб.: Изд-во М-ва земледелия и гос. имущества, 1894. — С. 1–94.
2. Лендов В. Г. Сооружение № 1 на Дону. Новая жизнь Кочетовского гидроузла / В. Г. Лендов; под ред. Н. Г. Смирнова. — М.: Вестник транспорта, 2009. — 215 с.
3. Кривошей В. А. Реки и каналы России / В. А. Кривошей. — М.: ООО «ОМ-Паблшин» & ООО «Журнал «РТ», 2007. — 240 с.

4. Материалы для описания русских рек и истории улучшения их судоходных условий // Водные пути России. — Вып. 25 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://193.233.14.24/booksod/ODP_82_2/ (дата обращения: 05.03.17).

5. Кривошей В. А. Зачем нужен Багаевский гидроузел? / В. А. Кривошей // Право и инвестиции. — 2013. — № 1-2. — С. 104–108.

6. Волосухин В. А. Мониторинг, диагностика и остаточный ресурс несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин / В. А. Волосухин, М. А. Бандурин // Вестник Донского государственного аграрного университета. — 2015. — № 4-1 (18). — С. 61–71.

7. Бандурин М. А. Обоснование продления срока эксплуатации несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин / М. А. Бандурин, И. П. Бандурина // Инженерный вестник Дона. — 2014. — Т. 29. — № 2. — С. 102.

8. Бандурин М. А. Проблемы определения остаточного ресурса технического состояния закрытых водосбросов низконапорных гидроузлов / М. А. Бандурин // Инженерный вестник Дона. — 2014. — Т. 28. — № 1. — С. 69.

9. Арифиллин Е. З. Мониторинг чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях как совокупность органов управления и принятия решений / Е. З. Арифиллин, Е. В. Калач, А. В. Калач // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. — 2015. — Т. 1. — С. 57–59.

10. Балонин Н. А. Новые информационные технологии мониторинга гидротехнических сооружений / Н. А. Балонин, П. А. Гарибин, В. Е. Марлей // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. — 2009. — № 4. — С. 150–154.

11. Волосухин В. А. Программно-технический комплекс для решения задачи проведения мониторинга и определения остаточного ресурса водопроводящих сооружений // В. А. Волосухин, М. А. Бандурин // Современные строительные материалы, технологии и конструкции: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова». — Грозный: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», 2015. — С. 637–644.

12. Волосухин В. А. Программно-технический комплекс для проведения мониторинга и определения остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений / В. А. Волосухин, М. А. Бандурин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. — 2013. — № 1. — С. 57–68.

13. Исаков В. М. Багаевский гидроузел (анализ проблем) / В. М. Исаков // Астраханский вестник экологического образования. — 2016. — № 3 (37). — С. 77–86.

14. Айдаркина Е. Е. Водопользование Ростовской области: основные проблемы и пути их решения / Е. Е. Айдаркина // Приволжский научный вестник. — 2012. — № 12 (16). — С. 43–49.

15. Бойкова И. Г. Оценка технического состояния и эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений / И. Г. Бойкова, В. В. Верменко, М. Н. Волохова [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. — 2012. — № 11. — С. 39–43.

REFERENCES

1. Deich, V. I. "Gidrotekhnicheskie raboty v 1893 g." *Trudy ekspeditsii snaryazhennoi Lesnym Departamentom pod ruk. V.V. Dokuchaeva: otchet Ministerstvu zemledeliya i gosudarstvennykh imushchestv. Vyp. 1.* SPb.: Izd. M - va zemledeliya i gos. imushchestv, 1894. Vol. 2. 1–94.

2. Lendov, V. G. *Sooruzhenie № 1 na Donu. Novaya zhizn' Kochetovskogo gidrouzla.* Edited by N. G. Smirnov. M.: Vestnik transporta, 2009.

3. Krivoshey, V. A. *Reki i kanaly Rossii.* M.: ООО «OM-Publishin» & ООО «Zhurnal «RT», 2007.

4. "Materialy dlya opisaniya russkikh rek i istorii uluchsheniya ikh sudokhodnykh uslovii." *Vodnye puti Rossii* 25. Web. 5 March 2017 <http://193.233.14.24/booksod/ODP_82_2/>.

5. Krivoshei, V. A. "Why Bagaevsky waterworks?" *Pravo i investitsii* 1-2 (2013): 104–108.

6. Volosukhin, V. A., and M. A. Bandurin. "Monitoring, diagnostics and residual life support systems prefabricated low-pressure water-shields DAM." *Vestnik of Don State Agrarian University* 4-1(18) (2015): 61–71.

7. Bandurin, M. A., and I. P. Bandurina. "Obosnovanie prodleniya sroka ekspluatatsii nesushchikh konstruktсий sbornykh vodopod'emnykh nizkonapornykh shchitovykh plotin." *Engineering journal of Don* 29.2 (2014): 102.

8. Bandurin, M. A. "Problem of determining the residual resource of technical condition of low pressure closed spillways waterworks." *Engineering journal of Don* 28.1 (2014): 69.
9. Arifullin, E. Z., E. V. Kalach, and A. V. Kalach. "Monitoring chrezvychaynykh situatsiy na gidrotekhnicheskikh sooruzheniyakh kak sovokupnost' organov upravleniya i prinyatiya resheniy." *Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsiy* 1 (2015): 57–59.
10. Balonin, N. A., P. A. Garibin, and V. E. Marley. "New information technologies for hydraulic structures monitoring." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 4 (2009): 150–154.
11. Volosukhin, V. A., and M. A. Bandurin. "Hardware and software complex for solving the problem of monitoring and determining the residual life of water conveyance structures." *Sovremennye stroitel'nye materialy, tekhnologii i konstruksii: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 95-letiyu FGBOU VPO «GGNTU im. akad. M.D. Millionshchikova»*. Groznyi: FGUP «Izdatel'sko-poligraficheskii kompleks «Groznskii rabochii», 2015. 637–644.
12. Volosukhin, V. A., and M. A. Bandurin. "Software-technical complex for monitoring and determination of residual water or resource facilities operated long." *PNRPU Construction and Architecture Bulletin* 1 (2013): 57–68.
13. Isakov, Vladimir Mikhailovich. "Bagayevsky HPP (Problem analysis)." *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* 3(37) (2016): 77–86.
14. Aidarkina, E. E. "Water consumption of the Rostov region: main problems and ways of their decision." *Privolzhskiy nauchnyy vestnik* 12(16) (2012): 43–49.
15. Boikova, I. G., V. V. Vermenko, M. N. Volokhova, L. N. Mouratova, N. N. Rozanov, and E. A. Timofeyeva. "The appraisal of the technical state and operation reliability of waterworks." *Water Supply and Sanitary Technique* 11 (2012): 39–43.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Волосухин Виктор Алексеевич —
Заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Донской государственный
аграрный университет»
346493, Российская Федерация, Ростовская
область, Октябрьский район, п. Персиановский
e-mail: ngma_str_meh@mail.ru

Бандурин Михаил Александрович —
кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
им. М.И. Платова»
346428, Российская Федерация, Новочеркасск,
ул. Просвещения, 132
e-mail: chepura@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Volosukhin, Viktor A. —
Honored Worker of Science of the Russian Federation,
Dr. of Technical Sciences, professor
Don State Agrarian University
Persianovskii village, Oktyabr'skii district,
Rostov region, 346493, Russian Federation
e-mail: ngma_str_meh@mail.ru

Bandurin, Mikhail A. —
PhD, associate professor
Platov South-Russian State Polytechnic
University (NPI)
132 Prosveschenia Str., Novocherkassk, 346428,
Russian Federation
e-mail: chepura@mail.ru

Статья поступила в редакцию 15 марта 2017 г.
Received: March 15, 2017.