

Научная статья
УДК 620.179:626.8

Современные методы оценки состояния железобетонных конструкций гидротехнических сооружений

Екатерина Алексеевна Антясова¹, Лариса Сергеевна Василевская²

¹Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация; Научно-технический центр «Энергобезопасность», Москва, Российская Федерация

²Московский научно-исследовательский проектно-изыскательский институт технологий и инноваций, Москва, Российская Федерация

¹eantyasova@bk.ru

²larissa-ser@yandex.ru

Аннотация. Цель: определение преимуществ и недостатков существующих методов контроля за состоянием бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений (ГТС), оценка проблем, возникающих при использовании методик контроля и проведении обследований. **Материалы и методы.** Задачи исследования решались с помощью методов системного анализа, синтеза и обобщения. Материалами к исследованию послужила нормативно-техническая документация по вопросам оценки физико-механических характеристик бетона, контроля за состоянием бетонных и железобетонных конструкций ГТС, а также результаты практического использования отдельных методов контроля при обследовании эксплуатируемых ГТС. **Результаты и обсуждение.** Определено, что для гидротехнического бетона в силу особенностей его приготовления, в частности с использованием нестандартных заполнителей из местных материалов, характерна индивидуальность, это требует корректировки градуировочных зависимостей ультразвуковых приборов и подбора оптимального комплекса методов для оценки состояния конструкций ГТС. **Выводы:** проанализировано применение современных методик контроля в практике эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций ГТС, выявлены достоинства и недостатки этих методов, даны рекомендации по комплексированию этих методов с целью уменьшения стоимости и трудоемкости обследований и повышения достоверности их результатов.

Ключевые слова: прочность бетона, гидротехнические сооружения, неразрушающие методы контроля, исследование состояния бетона

Original article

Modern methods of assessing the state of reinforced concrete structures of hydraulic structures

Ekaterina A. Antyasova¹, Larisa S. Vasilevskaya²

¹Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation; Scientific and Technical Center Energy Security, Moscow, Russian Federation

²Moscow Research Design and Survey Institute of Technologies and Innovations, Moscow, Russian Federation

¹eantyasova@bk.ru

²larissa-ser@yandex.ru

Abstract. Purpose: to determine the advantages and disadvantages of existing methods for monitoring the state of concrete and reinforced concrete structures of hydraulic structures,

assessing the problems that arise when using control methods and conducting surveys. **Materials and methods.** Research tasks were solved using the methods of system analysis, synthesis and generalization. The materials for the study were regulatory and technical documentation on the assessment of the physical and mechanical characteristics of concrete, control over the state of concrete and reinforced concrete structures of hydraulic structures, as well as the results of the practical use of individual control methods in the examination of operating hydraulic structures. **Results and discussion.** It has been determined that due to the peculiarities of its preparation, in particular, using non-standard aggregates from local materials, hydro-technical concrete is characterized by individuality, this requires adjusting the calibration dependences of ultrasonic devices and selecting the optimal set of methods for assessing the state of hydraulic structures. **Conclusions:** the application of modern control methods in the practice of operating concrete and reinforced concrete structures of hydraulic structures was analyzed, the advantages and disadvantages of these methods were identified, recommendations for combining these methods in order to reduce the cost and laboriousness of surveys and increase the reliability of their results were given.

Keywords: concrete strength, hydraulic structures, non-destructive control methods, concrete state studies

Введение. Россия обладает гигантскими запасами одного из главных ресурсов – воды. Основной водный фонд представлен густой сетью рек. Общий речной сток составляет 10 % от всего мирового речного стока. В настоящее время в России эксплуатируется более 65 тыс. гидротехнических сооружений (ГТС) [1]. Водный ресурс – это еще и крупнейший гидроэнергетический потенциал: за счет энергии рек можно получать ежегодно более 850 млрд кВт·ч электроэнергии [2]. На сегодняшний день на территории страны работают 102 гидроэлектростанции мощностью свыше 100 МВт [3]. Пик гидроэнергетического строительства пришелся на середину XX в. При этом много эксплуатируемых ГТС возведены в начале прошлого века. Расчетный срок службы ГТС I и II классов составляет 100 лет, а для III и IV классов – 50 лет¹.

В настоящее время подходит к концу (или уже вышел) нормативный срок эксплуатации многих объектов, ввиду этого актуальными становятся задачи по обследованию ГТС с целью оценки их технического состояния с определением фактических характеристик конструкций, выдачей рекомендаций по проведению ремонтно-восстановительных мероприятий для продления срока эксплуатации и обеспечения их дальнейшей безопасной работы.

Материалы и методы. Задачи исследования решались с помощью методов системного анализа, синтеза и обобщения. Материалами к исследованию послужила нормативно-техническая документация по вопросам оценки физико-механических характеристик бетона, контроля за состоянием бетонных и железобетонных конструкций ГТС, а также результаты практического использования отдельных методов контроля при обследовании эксплуатируемых ГТС.

Результаты и обсуждение. Одной из главных характеристик при обследованиях ГТС является прочность бетона. На сегодняшний день при обследовании и мониторинге технического состояния ГТС прочность бетона контролируют одним или несколькими методами:

- метод стандартных образцов или лабораторные испытания;
- выбуривание керна из конструкции;

¹Гидротехнические сооружения. Основные положения СНиП 33-01-2003: СП 58.13330.2019 (с изм. № 1): утв. М-вом стр-ва и жилищ.-комму. хоз-ва Рос. Федерации 16.12.19: введ. в действие с 17.06.20. М.: Изд-во стандартов, 2020. 41 с.

- механические методы контроля;
- методы неразрушающего контроля.

Первый из перечисленных методов используется при строительстве сооружений: производится отбор бетонной смеси при укладке бетона. Из проб изготавливают образцы кубической или цилиндрической формы. После набора прочности (28 сут) образцы испытывают прессом, нагружая непрерывно и равномерно до разрушения. Данный способ показывает соответствие между проектным и заявленным (уложенным) классом (маркой) бетона. Для ряда крупных ГЭС до наших дней сохранились такие образцы бетона (рисунок 1).



Рисунок 1 – Образцы бетона, залитые при строительстве Богучанской гидроэлектростанции (фото Л. С. Василевской)

Figure 1 – Concrete samples poured during the construction of the Boguchanskaya Hydroelectric Power Plant (photo by L. S. Vasilevskaya)

Известно, что гидротехнический бетон набирает свою прочность в течение 100 лет и в процессе эксплуатации на железобетонные конструкции воздействуют различные деструктивные процессы, такие как: механические воздействия (например, просадка или вспучивание грунта, в результате чего происходят деформации тела плотины), разрушение бетона от воздействия мороза и солнечной радиации, намокание и высушивание бетона и т. д. К тому же надо учитывать, что прочность бетона является только одной из фактических характеристик железобетонных конструкций. Так что характеристики образцов бетонной смеси не являются в полной мере информативными.

Следующий метод – выбуривание кернов из конструкций – наиболее распространенный и считается самым достоверным на сегодняшний день. После выбуривания керны доставляются в лабораторию, торцуются и испытываются на прессе путем нагружения. После выбуривания и в процессе транспортировки kern разгружается, поэтому при подготовке образца необходимо удалять не только несъемную опалубку, защитный слой бетона, а также набрызги и прочие поверхностные слои защиты железобетонной конструкции, но и зону ослабления бетона в процессе разгрузки. Еще один параметр, который надо соблюдать при данном методе, – это габариты керна.

Согласно ГОСТ 10180-2012², ГОСТ 28570-2019³, ГОСТ 12730.1-2020⁴ считается, что диаметр керна должен в 3 раза превышать максимальный номинальный размер

²ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Введ. 2013-07-01. М.: Стандартинформ, 2018. 34 с.

³ГОСТ 28570-2019. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций. Введ. 2019-09-01. М.: Изд-во стандартов, 2019. 15 с.

⁴ГОСТ 12730.1-2020. Бетоны. Методы определения плотности. Введ. 2021-09-01. М.: Стандартинформ, 2021. 13 с.

крупного заполнителя, используемого в бетоне. На ряде ГЭС величина заполнителя составляет 50–70 мм (рисунок 2). Таким образом, диаметр образца должен составлять 150–210 мм.



а – образец керна с Волжской ГЭС; *б* – образец керна с Саратовской ГЭС

Рисунок 2 – Размеры заполнителя в керне (фото Л. С. Василевской)

Figure 2 – Dimensions of the aggregate in the core (photo by L. S. Vasilevskaya)

На Светогорской ГЭС при производстве работ по выбуриванию керна из бычка верхнего бьефа габариты заполнителя составляли 100 × 400 мм, т. е. весь керн состоял из гранито-биотитового гнейсового заполнителя. Это объясняется историей строительства. Светогорская ГЭС (бывшая ЭнсоГЭС, ГЭС-11) – гидроэлектростанция на р. Вуоксе, спроектированная в конце XIX в. для нужд картонно-бумажной фабрики (рисунок 3).



Рисунок 3 – Современный вид Светогорской гидроэлектростанции (фото Л. С. Василевской)

Figure 3 – Modern view of the Svetogorsk Hydroelectric Power Plant (photo by L. S. Vasilevskaya)

Она расположена в Выборгском районе Ленинградской области рядом с границей с Финляндией. Финский проект перестройки ГЭС был переработан советскими инженерами-гидротехниками (в частности, была значительно увеличена высота плотины). 19 июня 1945 г. первая турбина ЭнсоГЭС мощностью 25 тыс. кВт была пущена в эксплуатацию, а в ноябре 1947 г. заработал последний из четырех гидроагрегатов⁵ (ГА) [4, 5]. Породы, залегающие в основании Светогорской ГЭС, представляют собой гранито-биотитовые гнейсы ладожской серии среднепротерозойского возраста. Ввиду времени возведения станции и постоянной смены владельцев, были нарушены строительные нормы и гранито-биотитовый гнейсовый заполнитель (основной слагающий материал основания) не был должным образом раздроблен.

⁵Бердасов Д. Светогорская ГЭС каскада Вуоксинских ГЭС [Электронный ресурс]. URL: <https://e-strannik.livejournal.com/353231.html> (дата обращения: 17.07.2022).

При извлечении кернов нужных габаритов нарушается целостность конструкции, а также ослабляется вся конструкция из-за перерезания арматуры колонком при бурении. Такой керн не подходит для дальнейших испытаний в лаборатории, так как после торцевания и удаления зоны с арматурой при подготовке образцов габариты не соответствуют стандартам и не подходят для дальнейших испытаний.

Следующая проблема – качественная заделка скважин, образовавшихся после бурения. При проведении работ керн извлекается из всех характерных зон конструкции, включая проточный тракт ГА, остановка которого происходит на короткое время в процессе планового контроля и ремонтно-восстановительных работ. Срок проведения таких мероприятий недолог, поэтому обследование должно проводиться в сжатые сроки и зачастую в суровых условиях. Подобные работы производятся в любое время года, в т. ч. и в зимний период. Для понимания всей ситуации дальше приведен один из характерных примеров производства работ. Отсасывающая труба ГА спускается только на время работы бригады. В зимний период при отрицательной температуре воздуха ниже минус 15–20 °С железобетонная поверхность покрывается наледью моментально, т. е. еще в процессе спуска воды. В таких случаях бурение производится с использованием зимнего стеклоомывателя. Производство работ усложняется из-за негерметичности установленных затворов. В таких условиях необходимо быстро и качественно произвести заделку образовавшихся скважин, ведь сразу после покидания зоны проведения работ отсасывающая труба будет затоплена. Существуют различные специальные ремонтные смеси типа MC, Penetron, Sazi, Mungo и т. п., но они дорогостоящие и редко применяются при подобных работах. Зачастую для восстановления используют смесь, состоящую из цемента, мелкого заполнителя, клея ПВА и жидкого стекла, что обеспечивает быстрое затвердевание. Степень сохранения тампонажа скважин, ликвидированных таким методом, велика – около 90 %.

Следующие по достоверности – механические методы контроля, основанные на местном разрушении⁶. Эти методы могут быть использованы в значительно большем объеме, чем метод определения механических характеристик бетона путем выбуривания и испытания кернов. Но все эти способы характеризуют только состояние поверхностного слоя бетона в сооружениях. Степень точности исследований бетона в этих случаях невелика. Наличие заполнителей, которые сопротивляются действию приборов в большей степени, чем цементный камень, предопределяет погрешность результатов испытаний, в связи с чем указанные способы применяются только для предварительной оценки. К таким методам относятся: отрыв со скалыванием и скалывание ребра конструкции. Последующее восстановление конструкции по сравнению с предыдущим методом не снижает прочность конструкции, так как затрагивает только поверхностный слой.

Методы неразрушающего контроля⁷ включают в себя обширный комплекс работ, которые сочетаются в зависимости от поставленных задач. По масштабу и глубине оценки можно классифицировать:

- внешний или дистанционный контроль состояния;
- оценку состояния поверхностного бетонного слоя;
- оценку состояния основного бетона;
- оценку состояния арматуры и металлических конструкций;
- оценку влияния водной среды на железобетонные конструкции.

⁶СО 34.21.343-2005. Правила оценки физико-механических характеристик бетона эксплуатируемых гидротехнических сооружений. Введ. 2007-01-01. СПб., 2006. 41 с.

⁷ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. Введ. 2016-04-01. М.: Изд-во стандартов, 2016. 23 с.

Внешний или дистанционный контроль включает в себя визуально-инструментальный метод контроля. Этот метод применяется для получения первоначальной оценки технического состояния ГТС и элементов его конструкций по внешним визуальным признакам. После проведения визуального контроля определяется необходимость инструментального обследования, которое выполняется уже более детально, а также уточняется программа будущих работ. При визуальном обследовании выявляют и фиксируют видимые дефекты и повреждения (составляют дефектные ведомости), производят контрольные обмеры, делают описания и зарисовки дефектных участков с фиксацией их мест и характера. Проводят проверку наличия характерных деформаций, устанавливают наличие аварийных участков⁸, если таковые имеются. Подробно об этих методах сказано ранее [6].

Визуально-инструментальный контроль включает в себя:

- проведение технической фотосъемки с использованием специальной техники (фотоаппаратов, осветительных приборов и т. п.);
- подводное обследование с использованием телеуправляемых подводных аппаратов;
- эхолокационные исследования (батиметрию);
- тепловизионное обследование;
- визуальное обследование с технической теле- и фотосъемкой с применением летательных аппаратов мультироторного типа (дронов);
- фотограмметрию, т. е. определение размеров, формы, взаимного положения и иных геометрических характеристик ГТС и элементов их конструкций по изображениям.

Комплекс дистанционных методов, основанный на визуально-инструментальном обследовании, позволяет повысить эффективность обследования для оценки реального технического состояния ГТС по визуальным признакам и оценить все конструкции ГТС, включая затопленные и обводненные участки. Использование современных технических средств как инструментов визуального обследования способно привести к уменьшению объемов инструментального обследования.

Основное отличие методов неразрушающего контроля бетонных конструкций от методов разрушающего контроля состоит в том, что при их использовании непосредственно измеряемой величиной является не прочность, а какой-либо физический показатель, связанный с измеряемой величиной корреляционной зависимостью.

Оценка поверхностного бетонного слоя производится методами ударного импульса, пластических деформаций, упругого отскока и ультразвуковым методом. Принципы производства работ, да и физический смысл, первых трех методов очень схожи. Они подходят для оперативной оценки и поисков зон ослабления при первичной оценке состояния конструкции. При подготовке участков для измерений необходимо зачистить поверхностный слой.

Контроль с применением ультразвуковых методов производится приборами типа ПУЛЬСАР-2М, ПУЛЬСАР-2.1, ПУЛЬСАР-2.2, NOVOTEST ИПСМ-У, NOVOTEST ИПСМ-У+Т+Д, NOVOTEST ИПСМ-У+Т или аналогичной аппаратурой с постоянной базой прозвучивания. В данных приборах уже приведены примеры градуировочных зависимостей, но они считаются некорректными для старых гидротехнических бетонов. Поэтому рекомендуется выполнять построение индивидуальных корреляционных зависимостей вида «скорость – прочность» для конкретных ГТС.

⁸Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений: СП 13-102-2003: утв. Госстроем России 21.08.03: введ. в действие с 21.08.03. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004. 32 с.

Ультразвуковые измерения на образцах выполняются по ГОСТ 17624-2021⁹ и заключаются в измерении времени пробега продольных и поперечных волн в ультразвуковом диапазоне частот по трем осям: в направлении оси зерна и по диаметру зерна в двух взаимно перпендикулярных направлениях. При этом надо учитывать разгрузку зерна, о которой говорилось выше. При неправильной подготовке образца полученная зависимость считается недостоверной, поэтому рекомендуется сравнивать полученные значения скоростей в разных направлениях. Обычно при подготовке образцов зерноторцуют с двух сторон, соответственно оставляя диаметр зерна нетронутым. При этом не учитывают, что разгрузка образца идет во всех направлениях. Поэтому значения скоростей упругих волн по диаметру зерна обычно меньше значений по оси зерна. В таком случае необходимо составлять зависимость, учитывая только скорости по оси зерна. Для правильного определения скоростей распространения упругих волн следует выявлять «аппаратурную задержку» сигнала в соединительных кабелях и мембранах ультразвуковых датчиков. Эта задержка вычитается из регистрируемого времени пробега упругих волн через образец.

Ультразвуковой метод контроля подходит также для оценки основного бетона. При этом прибор должен работать с переменной базой прозвучивания и в низком диапазоне частот (25–60 кГц). Одним из таких приборов является УКА-2010 разработки ЦСГНЭО. Ранее [7] выведены градуировочные зависимости для гидротехнических бетонов, которые можно применять на советских гидротехнических объектах.

Ультразвуковые наблюдения позволяют изучить распределение не только скоростей упругих волн в исследуемых конструкциях и сооружениях, но и модуля деформации и коэффициента Пуассона.

При обследовании арматуры применяются магнитные методы для определения толщины защитного бетонного слоя и параметров первого ряда арматуры, ультразвуковые приборы, а также механические твердомеры для установления твердости арматуры.

Толщиномеры применяются для контроля действительного состояния металлических конструкций и определения степени их коррозии [8].

Оценка влияния водной среды на железобетонные конструкции производится для определения степени выщелачивания бетона, что позволяет выявить косвенным путем степень повреждения конструкции (трещиноватость). Информативной является лабораторная оценка влияния фильтрующей воды, но данный метод очень сложен ввиду ограниченности хранения проб по времени. Поэтому в современных обследованиях предпочтение отдается экспресс-методам из-за простоты производства работ и оперативности.

Выводы. Представлен анализ современных методов определения действительного состояния бетонных и железобетонных конструкций ГТС, рассмотрены достоинства и недостатки методов и способы их сочетания (комплексирования) между собой.

Для гидротехнического бетона в силу особенностей его приготовления, в частности с использованием нестандартных заполнителей из местных материалов, характерна индивидуальность, что требует корректировки градуировочных зависимостей ультразвуковых приборов и подбора оптимального комплекса методов для оценки состояния конструкций рассматриваемого ГТС.

Правильно подобранный комплекс методов неразрушающего контроля и квалифицированные специалисты позволяют быстро и всесторонне определить действительное состояние бетонных и железобетонных конструкций ГТС, а накопленный опыт и современная аппаратура дают возможность рационализировать трудозатратность и стоимость исследований.

⁹ГОСТ 17624-2021. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. Введ. 2022-09-01. М.: Изд-во стандартов, 2022. 23 с.

Анализ полученной информации показал:

- метод стандартных образцов не подходит для оценки состояния ГТС после длительной эксплуатации;
- метод выбуривания кернов – прямой и достоверный метод, но он трудоемкий, дорогостоящий и создает ослабление исследуемой конструкции, что негативным образом сказывается на ее долговечности и в целом на безопасности ГТС;
- механические методы контроля подходят для первичной оценки, так как обследуют только приповерхностный слой, соответствующий зоне ослабления;
- неразрушающие методы контроля при правильно подобранном комплексе методов позволяют оперативно и своевременно выявлять деструктивные процессы и достоверно оценивать состояние железобетонных конструкций ГТС в целом;
- по результатам работ необходимо составлять детальные отчеты с подробными рекомендациями, с указанием ремонтно-восстановительных мероприятий, позволяющих продлить нормативный срок эксплуатации ГТС, что является залогом их дальнейшей безопасной работы.

Список источников

1. Фролов Д. И., Щурский О. М., Пименов В. И. Организация и проведение работ по выявлению и сокращению количества бесхозных гидротехнических сооружений и обеспечению их безопасности // Гидротехническое строительство. 2012. № 11. С. 18–21.
2. Богоявленский К. В. Волжская районная гидроэлектрическая станция: к вопросу о Волгострое. Самара: Гос. изд-во, Средневож. краевое отд-ние, 1928. 22 с.
3. Бурдин Е. А. Волжский каскад ГЭС: триумф и трагедия России. М.: РОССПЭН, 2011. 416 с.
4. Масштабная реконструкция Каскада Вуоксинских ГЭС // Академия энергетики. 2014. № 1(57). С. 40–42.
5. Охупкин Г. В. Выбор способов ремонта бетона в зоне переменного уровня // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. 2018. Т. 288. С. 75–82.
6. Василевская Л. С., Волгин Н. А. Применение бесконтактных методов для расширения возможностей визуального обследования при оценке технического состояния гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 2021. № 6. С. 12–18.
7. Баклашова М. А., Василевская Л. С., Количко П. С. Оценка технического состояния строительно-эксплуатационных водосбросов комплексом методов неразрушающего контроля // Гидротехническое строительство. 2021. № 1. С. 55–61.
8. Обеспечение безопасности и надежности низконапорных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланова, О. А. Баев, Е. Д. Михайлов. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 282 с.

References

1. Frolov D.I., Shchursky O.M., Pimenov V.I., 2012. *Organizatsiya i provedenie rabot po vyyavleniyu i sokrashcheniyu kolichestva beskhozaynykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy i obespecheniyu ikh bezopasnosti* [Organization and implementation of work to identify and reduce the number of ownerless hydraulic structures and ensure their safety]. *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Power Technology and Engineering], no. 11, pp. 18-21. (In Russian).
2. Bogoyavlensky K.V., 1928. *Volzhskaya rayonnaya gidroelektricheskaya stantsiya: k voprosu o Volgostroe* [Volzhskaya Regional Hydropower Plant: to the Issue of Volgostroy]. Samara, State Publ., Srednevolzhskiy Regional Department, 22 p. (In Russian).

3. Burdin E.A., 2011. *Volzhskiy kaskad GES: triumf i tragediya Rossii* [The Volzhsky Cascade of Hydroelectric Hydropower Plant: Triumph and Tragedy of Russia]. Moscow, ROSSPEN, 416 p. (In Russian).

4. *Masshtabnaya rekonstruktsiya Kaskada Vuoksinskikh GES* [Large-scale reconstruction of the Vuoksa HPPs Cascade]. *Akademiya energetiki* [Academy of Energy], 2014, no. 1(57), pp. 40-42. (In Russian).

5. Okhapkin G.V., 2018. *Vybor sposobov remonta betona v zone peremennogo urovnya* [Choice of concrete repair methods in the variable level zone]. *Izvestiya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki im. B. Ye. Vedeneeva* [Proceeding of the VNIIG], vol. 288, pp. 75-82. (In Russian).

6. Vasilevskaya L.S., Volgin N.A., 2021. *Primenenie beskontaktnykh metodov dlya rasshireniya vozmozhnostey vizual'nogo obsledovaniya pri otsenke tekhnicheskogo sostoyaniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Application of non-contact methods for improved visual inspection of the technical condition of hydraulic structures]. *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Power Technology and Engineering], no. 6, pp. 12-18. (In Russian).

7. Baklashova M.A., Vasilevskaya L.S., Kolichko P.S., 2021. *Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya stroitel'no-ekspluatatsionnykh vodosbrosov kompleksom metodov nerazrushayushchego kontrolya* [Evaluation the technical condition of construction and operational spillways using a complex of non-destructive testing methods]. *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Power Technology and Engineering], no. 1, pp. 55-61. (In Russian).

8. Shchedrin V.N., Kosichenko Yu.M., Baklanova D.V., Baev O.A., Mikhaylov E.D., 2016. *Obespechenie bezopasnosti i nadezhnosti nizkonapornykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy: monografiya* [Ensuring the Safety and Reliability of Low-Head Hydraulic Structures: monograph]. Novochoerkassk, RosNIIPM, 282 p. (In Russian).

Информация об авторах

Е. А. Антясова – аспирант, инженер;

Л. С. Василевская – начальник технического отдела, кандидат технических наук.

Information about the authors

E. A. Antyasova – Postgraduate Student, Engineer;

L. S. Vasilevskaya – Head of Technical Department, Candidate of Technical Sciences.

Вклад авторов: все фотографии, представленные в данной статье, являются авторским материалом Л. С. Василевской. Е. А. Антясова выполнила компоновку полученного информационного материала. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Authors' contribution: all photos presented in this article are the author's material of Vasilevskaya L. S. Antyasova E. A. completed the layout of the received information material. All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 25.08.2022; одобрена после рецензирования 08.09.2022; принята к публикации 20.09.2022.

The article was submitted 25.08.2022; approved after reviewing 08.09.2022; accepted for publication 20.09.2022.