ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Научная статья

УДК 627.83

doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-332-345

Научные основы разработки гидротехнических устройств для обеспечения надежности и безопасной работы водозаборов

Елгуджа Демурович Хецуриани¹, Александр Юрьевич Гарбуз²,
Теона Елгуджевна Хецуриани³

^{1, 3}Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация, goodga@mail.ru

²Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация, A.Y.Garbuz@gmail.com

Аннотация. Цель: рассмотреть классификационный перечень эвристических приемов, который позволяет решить различные конструкторские задачи применительно к гидротехническим объектам, расположенным на мелиоративных системах, учитывая условия функциональной работы мягких наплавных конструкций в качестве водозаборных сооружений. **Материалы и методы.** Эффективное использование водных ресурсов включает в себя экосистемный подход, который позволяет рассматривать водный объект совместно с водосборной территорией, реализуемыми мероприятиями по отбору расходов воды (Q , м³/с) с обеспечением экологической безопасности в зонах влияния водозабора как единую систему. Экосистемный подход к рассматриваемым водным объектам (рекам, водохранилищам и т. п.) должен предусматривать комплекс расчетно-конструктивных мероприятий в водохозяйственном технологическом комплексе для обеспечения экологической безопасности в зонах его влияния. **Результаты и обсуждение.** Обеспечение выполнения этих двух условий подразумевает решение ряда основных задач по совершенствованию имеющихся конструктивно-технологических устройств и созданию новых с использованием современных высокопрочных синтетических тканевых материалов отечественного производства. Отбор необходимых расчетных объемов подаваемых водных ресурсов из объекта составляет от 1 до 100 м³/с и более, что не может не сказываться на его экологической составляющей, при этом должно подразумеваться сохранение биологических ресурсов и видового состава рыб. **Выводы.** В создании конструктивных решений для обеспечения экологической безопасности в зонах влияния водохозяйственного технологического комплекса одним из наиболее перспективных направлений являются методологические основы синтеза мягких наплавных конструкций, которые обеспечивают сохранение биоресурсов в водном объекте, защиту от донных и взвешенных наносов, а также выполнение требований экологической безопасности.

Ключевые слова: водозабор, мягкая наплавная конструкция, экологическая безопасность, водозаборное сооружение, конструктивно-технологические решения

HYDRAULIC ENGINEERING

Original article

Scientific basis for developing hydraulic engineering structures to ensure the reliability and safe operation of water intakes

Elgudzha D. Khetsuriani¹, Aleksandr Yu. Garbuz², Teona E. Khetsuriani³

^{1,3}South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov, Novocherkassk, Russian Federation, goodga@mail.ru

²Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, A.Y.Garbuz@gmail.com

Abstract. Purpose: to consider a classification list of heuristic methods allowing solving various design problems in relation to hydraulic facilities located on reclamation systems, taking into account the conditions of the functional operation of soft floating structures as water intake structures. **Materials and methods.** Efficient use of water resources includes an ecosystem approach, which allows considering water body together with the catchment area, the implemented activities for water discharge (Q , m³/s) with the provision of environmental safety in zones of influence of water intake as a single system. The ecosystem approach to the water bodies under consideration (rivers, reservoirs, etc.) should provide for a set of design and structural measures in water technological complex to ensure environmental safety in the zones of its influence. **Results and discussion.** Ensuring the fulfillment of these two conditions implies the solution of a number of basic tasks to improve the existing constructive and technological units and to create new ones using modern high-strength synthetic fabric materials of national production. The selection of the required calculated volumes of supplied water resources from the object is from 1 to 100 m³/s and more, which cannot but affect its ecological component, while preserving biological resources and the fish species composition should be implied. **Conclusions.** In formation of constructive solutions to ensure environmental safety in the zones of influence of water technological complex, one of the most promising directions is the methodological basis for the synthesis of soft floating structures, which ensure the preservation of biological resources in a water body, protection from bottom and suspended sediments, as well as fulfillment of environmental safety requirements.

Keywords: water intake, soft floating structure, environmental safety, water intake structure, constructive and technological solutions

Введение. В последние десятилетия XX в. и в начале XXI в. актуальным является новое направление применения современных отечественных материалов из высокопрочных синтетических тканей, которые в свою очередь определили необходимость разработки новых методологических решений конструкторско-изобретательских задач. Научные методы поиска новых решений конструкторско-изобретательских задач успешно развиваются и используются в настоящее время [1–9]. Данное направление для различных устройств и сооружений наиболее широко раскрыто в работах А. И. Половинкина, Г. С. Альтшулера, Ф. Ханзена и др. Применительно к водохозяйственной отрасли наибольший вклад внесли работы Б. И. Сергеева, В. А. Волосухина, А. В. Крошнева и др. Для класса конструктивных решений применительно к техническим системам водохозяйственного

технологического комплекса последовательность конструкторско-изобретательских задач функциональной работы водозаборов на мелиоративных системах имеет вид природно-технической системы «природная водная среда – водозаборно-технологический комплекс – система многоцелевого водоснабжения» (ПТС «ПВС – ВТК – СМВ»).

Материалы и методы. Разработка наиболее экологически приемлемых конструктивных решений для обеспечения экологической безопасности в зонах влияния водохозяйственного технологического комплекса реализуется за счет изменения отдельно расположенных конструктивных элементов, в частности применительно к водозаборным сооружениям.

В работах Б. И. Сергеева, В. А. Волосухина, А. М. Крошнева приводится классификационный перечень значимого количества эвристических приемов, направленных на решение конструкторских задач различного вида применительно к гидротехническим сооружениям. Учитывая различные условия функциональной работы мягких наплавных конструкций, выступающих в качестве водозаборных сооружений в составе водозаборно-технического комплекса, сформулировали следующие научные основы разработки конструктивно-технологических устройств из современных материалов отечественного производства, которые позволяют обеспечить функциональную надежность и безопасную работу водозаборных сооружений поверхностных вод. Предлагаемые научные основы включают в себя следующие позиции:

- прием совмещения подразумевает сочетание в одной конструкции разных принципов экологической приемлемости при обеспечении различных защитных мероприятий;

- принцип упрощения включает в себя замену сложных функциональных взаимосвязей между конструктивными элементами и природной водной средой рассматриваемого объекта более простыми; введение оптимальной координации в процессе взаимосвязи, взаимодействия и взаимо-

отношения между конструктивными элементами, между собой, конструкцией в целом и природной водной средой рассматриваемого объекта;

- приемы преобразования формы основаны на воздействии формы вертикальных материалов (тканевых полотнищ) на функциональные показатели рассматриваемого объекта (водозаборного сооружения);

- прием нарушения симметрии в конструктивных элементах и конструкции в целом подразумевает использование формы для управления гидравлической структурой водного потока, применение формы для образования винтового поступательного движения водных ресурсов;

- прием использования новых узлов, деталей, материалов, природных форм энергии и т. п. включает в себя использование тканевых материалов в течение установленного заранее срока выполнения функциональных задач, использование энергии водного потока для защиты водозаборного окна от донных наносов;

- прием «наоборот» с переориентацией основан на выполнении движущейся части элементов в конструкции неподвижными и наоборот, сближении удаленных конструктивных элементов и наоборот;

- прием профилактической компенсации подразумевает в монтажных узлах между секциями тканевых полотнищ возможность их замены при работе сооружения;

- прием количественного изменения предполагает изменение традиционных параметров конструкции или технологического процесса, увеличение числа малонадежных конструктивных элементов в оптимальном соотношении друг с другом;

- приемы изменения условий работы включают изменение условия работы гибкого экрана на частично проницаемый;

- прием изменения среды рассчитан на воздействие на окружающую водную среду дополнительных факторов (пузырьков воздуха, химических элементов и т. п.).

Результаты и обсуждения. Используя полученные результаты решения конструкторско-изобретательских задач для мягких наплавных конструкций, применяемых в качестве водозаборных сооружений в составе водохозяйственного технологического комплекса, а также анализ ранее полученных конструктивных решений с применением высокопрочных синтетических тканевых материалов, можно показать, что с помощью представленных приемов были решены задачи по созданию экологически приемлемых конструктивных решений, позволяющих выполнять отбор необходимых расчетных объемов подаваемых водных ресурсов из объектов. Базовое конструктивное решение водохозяйственного технологического комплекса, выполненного из мягкой наплавной конструкции, представлено на рисунке 1.

Мягкая наплавная конструкция включает в себя подвижный и неподвижный вертикальные экраны, выполненные по глубине водного потока, которые удерживаются в задаваемом положении по глубине и в плане системами поверхностных и заглубленных поплавков, гибкими связями и якорными устройствами.

Для сопряжения мягкой наплавной конструкции водохозяйственного технологического комплекса с береговыми устоями чаще всего используются глухие секции (рисунок 2).

Используя полученные результаты решения конструкторско-изобретательских задач для мягких наплавных конструкций водозаборных сооружений в составе водохозяйственного технологического комплекса специализируемого типа ПТС «ПВС – ВТК – СМВ», а также результаты анализа около 2000 конструкторско-изобретательских задач, относящихся к области инженерной механики [10–12] и гидротехники [4–9], можно сделать вывод, что с помощью представленных приемов возможно решить около 75 % всех конструкторско-изобретательских задач, связанных с мягкими наплавными конструкциями.

Рисунок 1 – Мягкая наплавная конструкция водохозяйственного технологического комплекса в составе водозаборно-технологического комплекса с экологически приемлемыми принципами функционирования

Рисунок 2 – Глухие части мягкой наплавной конструкции водохозяйственного технологического комплекса

В создании и развитии основ расчетно-конструктивных методов совершенствования водозаборных сооружений в составе водохозяйственных технологических комплексов наиболее важным элементом являются пути автоматизированного проектирования мягких наплавных конструкций.

При компоновке конструктивно-технологических решений водозаборного сооружения используются несколько видов хорошо зарекомендовавших себя конструкций, которые в большей степени подходят под условия эксплуатации водного объекта. В своем большинстве применяются типовые проектные решения, которые дополняются современными материалами и технологиями, направленными на решение ряда проблем, связанных с долговечностью, надежностью и экологической безопасностью возводимого сооружения. Создание новых технических решений подразумевает анализ и решение частных задач, направленных на анализ, синтез и оценку процесса поискового конструирования.

В результате проведенных исследований на основе использования положения обобщенного эвристического алгоритма ($A_{\text{к.сп.}}$), опыта конструиро-

вания облегченных гидротехнических сооружений в РосНИИПМ [3, 13–17] разработан специализированный алгоритм решения задач по созданию мягких наплавных конструкций для водохозяйственного технологического комплекса в составе специализируемого типа ПТС «ПВС – ВТК – СМВ»:

$$A_{\text{к.сп.}} = CI [(EI^1 (PI-1^1, PI-1^2, \dots PI-1^n), EI^2 (PI-2^1, PI-2^2, \dots PI-2^n), \dots \\ \dots EI^k (PI-K^1, PI-K^2, \dots PI-K^n)], \\ CII [(EII^1 (PII-1^1, PII-1^2, \dots PII-1^n), EII^2 (PII-2^1, PII-2^2, \dots PII-2^n), \dots \\ \dots EII^k (PII-K^1, PII-K^2, \dots PII-K^n)], \\ CIII [(EIII^1 (PIII-1^1, PIII-1^2, \dots PIII-1^n), EIII^2 (PIII-2^1, PIII-2^2, \dots \\ \dots PIII-2^n), \dots EIII^k (PIII-K^1, PIII-K^2, PIII-K^n)], \\ CJ [(EJ^1 (PJ-1^1, PJ-1^2, \dots PJ-1^n), EJ^2 (PJ-2^1, PJ-2^2, \dots PJ-2^n), \dots \\ \dots EJ^k (PJ-K^1, PJ-K^2, \dots PJ-K^n)],$$

где $CI, CII, CIII, \dots CJ$ – стадии процесса решения задачи;

$[EI^1, EI^2, \dots EI^k], [EII^1, EII^2, \dots EII^k], [EIII^1, EIII^2, \dots EIII^k], \dots [EJ^1, EJ^2, \dots EJ^k]$ – соответствующие этапы решения задачи;

$[PI-1^1, PI-1^2, \dots PI-1^n]$ – процедуры обработки информации;

n, k, J , – порядковый номер соответственно процедуры, этапа и стадии.

При этом уравнение имеет вид:

$$A_{\text{к.сп.}} = \Phi (CJ, EJ^k, PI-K^n),$$

где Φ – функция обработки информации;

K^n – поправочный коэффициент.

Представленный алгоритм осуществляет гибкую корректировку при поиске мягкой наплавной конструкции в соответствии с заданными техническими условиями будущего объекта. Алгоритм представляет собой последовательность специализированных процедур обработки заданной информации, которая подразумевает подбор оптимальных и наиболее экономически выгодных типов мягких наплавных конструкций в составе водозаборных сооружений.

МНК – мягкие наплавные конструкции

Рисунок 3 – Блок-схема синтеза конструкторско-изобретательских задач по созданию мягких наплавных конструкций водозаборного сооружения в составе водозаборно-технологического комплекса

На основе анализа представленного алгоритма составлена функциональная схема разрабатываемой мягкой наплавной конструкции, которая подразумевает уточнение соответствия выбранных технических средств, экологической безопасности, а также экономического обоснования реализации технического решения. Алгоритм поиска конструктивных вариантов мягких наплавных конструкций представлен на рисунке 3.

Последовательное выполнение представленных этапов подразумевает в автоматическом режиме осуществление обращения алгоритмов к фоновым массивам специализированных эвристических приемов, бионических эффектов биологической системы, обращение к списку средств осуществления принципов действия.

Анализ полученных данных массива сопоставляется с основными научно-техническими (гидравликой, гидрологией, гидробиологией, гидрохимией, гидродинамикой и др.), биологическими (ботаникой, бионикой и др.) и водоохранными источниками информации.

Выводы. В заключении хотелось бы отметить, что автоматизированный алгоритм поиска рациональных и наиболее эффективных проектируемых конструктивных схем мягких наплавных конструкций для водохозяйственного технологического комплекса предоставляет возможность реализовать следующее:

- с помощью комплексного подхода к сопоставлению и анализу имеющейся информации с учетом алгоритмов синтеза конструкторско-изобретательских задач выполняется подбор наиболее экономически и конструктивно обоснованных синтетических тканевых материалов, применяемых для конструктивного развития мягких наплавных конструкций;

- дальнейшее совершенствование новых методов подбора для создания рациональных конструктивно-технических решений с учетом экологических и экономических факторов позволит в будущем решать наиболее сложные задачи по обеспечению экологической безопасности водных объ-

ектов водохозяйственного технологического комплекса в составе специализируемого типа ПТС «ПВС – ВТК – СМВ».

Список источников

1. Бондаренко В. Л., Блясов А. И., Хецуриани Е. Д. Научно-методологические основы природно-технических систем в использовании водных ресурсов: территории бассейновых геосистем: монография. Новочеркасск, 2019. 354 с.
2. Бондаренко В. Л., Дьяченко В. Б. Оценка экологического состояния бассейновой геосистемы в процессах использования водных ресурсов // Проблемы региональной экологии. 2005. № 2. С. 86–92.
3. Волосухин В. А., Бондаренко В. Л. Строительные системы охраны водных ресурсов с использованием конструкций из тканевых материалов: монография. Новочеркасск: Колорит, 2008. 164 с.
4. Khetsuriani E. D., Bondarenko V. L., Polyansky N. A. Methodological bases of creation and development of a new type of natural and technical systems of multipurpose water use in urban areas // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 272. 022225. DOI: 10.1088/1755-1315/272/2/022225.
5. The results of the research on the pipelines protection from Dreissena on the water intake technological complexes of multi-purpose water supply systems for urban farms / E. D. Khetsuriani, V. L. Bondarenko, A. I. Ilyasov, E. A. Semenova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698. 055041. DOI: 10.1088/1757-899X/698/5/055041.
6. Lightweight constructions in technical water supply systems of thermal and nuclear power plants / V. L. Bondarenko, E. D. Khetsuriani, A. I. Ilyasov, E. A. Semenova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698. 055042. DOI: 10.1088/1757-899X/698/5/055042.
7. Innovative design solutions to ensure the environmental safety in the existing water intake technological complexes of water systems for urban farms / E. D. Khetsuriani, V. L. Bondarenko, A. I. Ilyasov, E. A. Semenova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698. 055040. DOI: 10.1088/1757-899X/698/5/055040.
8. Development of protective measures providing environmental safety in areas affected by water-intake constructions of urban households / V. L. Bondarenko, E. D. Khetsuriani, A. I. Ilyasov, E. A. Semenova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698. 077053. DOI: 10.1088/1757-899X/698/7/077053.
9. Хецуриани Е. Д., Бондаренко В. Л., Блясов А. И. Научно-методологические основы экологической безопасности на водозаборных технологических комплексах систем многоцелевого водоснабжения: монография. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2020. 324 с.
10. Природно-технические системы в использовании водных ресурсов: территории бассейновых геосистем: монография / В. Л. Бондаренко, Е. А. Семенова, А. В. Алиферов, О. В. Клименко. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2016. 199 с.
11. Будыко М. И., Дроздов О. А. О влагообороте на ограниченной территории суши // Вопросы гидрометеорологической эффективности ползащитного лесоразведения. Л.: Гидрометеиздат, 1950. С. 14–23.
12. Лосев К. С. Экологические проблемы и перспективы устойчивого развития России в XXI веке. М.: Космосинформ, 2001. 400 с.
13. Сенчуков Г. А., Тищенко А. И., Гостищев В. Д. Методика гидравлического расчета самотечной трубчатой сети на пятой очереди Большого Ставропольского кана-

ла // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 2(02). С. 45–62. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=27> (дата обращения: 25.10.2021). <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2019-2-45-62>.

14. Речные бассейны / под ред. А. М. Черняева. Екатеринбург: Агроэкология, 1999. 356 с.

15. Жезмер В. Б., Матвеев А. В. Принципы обеспечения эффективной и безопасной работы ГТС гидромелиоративного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 2. С. 5–11.

16. Об утверждении форм федерального статистического наблюдения для организации федерального статистического наблюдения за сельским хозяйством и окружающей природной средой [Электронный ресурс]: Приказ М-ва экон. развития Рос. Федерации, Фед. службы гос. статистики от 21 июля 2020 г. № 399; ред. от 8 февр. 2021 г. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Rosstat-ot-21.07.2020-N-399/> (дата обращения: 25.10.2021).

17. Правила безопасности при обслуживании гидротехнических сооружений и гидромеханического оборудования энергоснабжающих организаций: РД 153-34.0-03.205-2001: утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 13.04.01: введ. в действие с 01.11.01. М.: ЭНАС, 2001. 158 с.

References

1. Bondarenko V.L., Ilyasov A.I., Khetsuriani E.D., 2019. *Nauchno-metodologicheskie osnovy prirodno-tekhnicheskikh sistem v ispol'zovanii vodnykh resursov: territorii basseynovykh geosistem: monografiya* [Scientific and Methodological Foundations of Natural and Technical Systems in the Use of Water Resources: Territories of Basin Geosystems: monograph]. Novocherkassk, 354 p. (In Russian).

2. Bondarenko V.L., Dyachenko V.B., 2005. *Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya basseynovoy geosistemy v protsessakh ispol'zovaniya vodnykh resursov* [Assessment of the ecological state of the basin geosystem in the processes of water resources use]. *Problemy regional'noy ekologii* [Problems of Regional Ecology], no. 2, pp. 86-92. (In Russian).

3. Volosukhin V.A., Bondarenko V.L., 2008. *Stroitel'nye sistemy okhrany vodnykh resursov s ispol'zovaniem konstruktsiy iz tkanykh materialov: monografiya* [Construction Systems for Water Resources Protection Using Structures from Fabric Materials: monograph]. Novocherkassk, Colorit Publ., 164 p. (In Russian).

4. Khetsuriani E.D., Bondarenko V.L., Polyansky N.A., 2019. Methodological bases of creation and development of a new type of natural and technical systems of multipurpose water use in urban areas. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 272, 022225, DOI: 10.1088/1755-1315/272/2/022225.

5. Khetsuriani E.D., Bondarenko V.L., Ilyasov A.I., Semenova E.A., 2019. The results of the research on the pipelines protection from Dreissena on the water intake technological complexes of multi-purpose water supply systems for urban farms. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 698, 055041, DOI: 10.1088/1757-899X/698/5/055041.

6. Bondarenko V.L., Khetsuriani E.D., Ilyasov A.I., Semenova E.A., 2019. Lightweight constructions in technical water supply systems of thermal and nuclear power plants. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 698, 055042, DOI: 10.1088/1757-899X/698/5/055042.

7. Khetsuriani E.D., Bondarenko V.L., Ilyasov A.I., Semenova E.A., 2019. Innovative design solutions to ensure the environmental safety in the existing water intake technological complexes of water systems for urban farms. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 698, 055040, DOI: 10.1088/1757-899X/698/5/055040.

8. Bondarenko V.L., Khetsuriani E.D., Ilyasov A.I., Semenova E.A., 2019. Development of protective measures providing environmental safety in areas affected by water-intake constructions of urban households. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 698, 077053, DOI: 10.1088/1757-899X/698/7/077053.

9. Khetsuriani E.D., Bondarenko V.L., Ilyasov A.I., 2020. *Nauchno-metodologicheskie osnovy ekologicheskoy bezopasnosti na vodozabornykh tekhnologicheskikh kompleksakh sistem mnogotselevogo vodosnabzheniya: monografiya* [Scientific and Methodological Foundations of Ecological Safety at Water Intake Technological Complexes of Multi-purpose Water Supply Systems: monograph]. Novocherkassk, YRSPU (NPI), 324 p. (In Russian).

10. Bondarenko V.L., Semenova E.A., Aliferov A.V., Klimenko O.V., 2016. *Prirodno-tekhnicheskie sistemy v ispol'zovanii vodnykh resursov: territorii basseynovykh geosistem: monografiya* [Natural and Technical Systems in Water Resources Use: Territories of Basin Geosystems: monograph]. Novocherkassk, YRSPU (NPI), 199 p. (In Russian).

11. Budyko M.I., Drozdov O.A., 1950. *O vlogooborote na ogranichennoy territorii sushi* [On moisture turnover in a limited land area]. *Voprosy gidrometeorologicheskoy effektivnosti polezashchitnogo lesorazvedeniya* [Issues of Hydrometeorological Efficiency of Field Protection Afforestation]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., pp. 14-23. (In Russian).

12. Losev K.S., 2001. *Ekologicheskie problemy i perspektivy ustoychivogo razvitiya Rossii v XXI veke* [Environmental Problems and Prospects for Sustainable Development of Russia in the XXI Century]. Moscow, Kosmosinform, 400 p. (In Russian).

13. Senchukov G.A., Tishchenko A.I., Gostishchev V.D., 2019. [Method of hydraulic calculation of a gravity pipe network at the fifth line of the Big Stavropol Canal]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, no. 2(02), pp. 45-62, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=27> [accessed 25.10.2021], <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2019-2-45-62>. (In Russian).

14. Chernyaev A.M., 1999. *Rechnye basseyny* [River Basins]. Ekaterinburg, Agroecology Publ., 356 p. (In Russian).

15. Zhezmer V.B., Matveev A.V., 2019. *Printsipy obespecheniya effektivnoy i bezopasnoy raboty GTS gidromeliorativnogo kompleksa* [Principles of ensuring efficient and safe operation of hydro-reclamation complex hydro-technical systems]. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo* [Irrigation and Water Industry], no. 2, pp. 5-11. (In Russian).

16. *Ob utverzhdenii form federal'nogo statisticheskogo nablyudeniya dlya orga-nizatsii federal'nogo statisticheskogo nablyudeniya za sel'skim khozyaystvom i okruzha-yushchey prirodnoy sredoy* [On approval of forms of federal statistical observation for organization of federal statistical observation of agriculture and environment]. Order of the Ministry of Economic Development of the RF, Federal State Service Statistics of 21 July, 2020, no. 399, available: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Rosstat-ot-21.07.2020-N-399/> [accessed 25.10.2021]. (In Russian).

17. *Pravila bezopasnosti pri obsluzhivanii gidrotekhnicheskikh sooruzheniy i gidromekhanicheskogo oborudovaniya energosnabzhayushchikh organizatsiy* [Safety requirements for maintenance of hydraulic structures and hydromechanical equipment of power supply organizations]. RD 153-34.0-03.205-2001. Moscow, ENAS Publ., 2001, 158 p. (In Russian).

Информация об авторах

Е. Д. Хецуриани – кандидат технических наук, доцент;

А. Ю. Гарбуз – младший научный сотрудник;

Т. Е. Хецуриани – аспирант.

Information about the authors

E. D. Khetsuriani – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

A. Yu. Garbuz – Junior Researcher;

T. E. Khetsuriani – Postgraduate Student.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 23.08.2021; одобрена после рецензирования 10.11.2021; принята к публикации 15.11.2021.

The article was submitted 23.08.2021; approved after reviewing 10.11.2021; accepted for publication 15.11.2021.