

Hydrotechnical structure, destruction of hydrotechnical structure, dynamic impact, extended structures, impact assessment, impact prediction, pressure elements of dams.

References

1. Rykov G.V., Skobeev A.M. *Izmenenie napryazhenij v gruntah pri kratkovremennyh nagruzkah.* – M.: Nauka, 1978. – 168 s.
2. Higer M.Sh., Nikolaev N.V. *Analiz modelej deformiruемости torfyanogo grunta.* // Referativny naučno-tehn. sb. Seriya «Transpor i hranenie nefi i nefteproduktov № 12. – M.: VNIIOENG, 1977.
3. GOST 25100-2011. *Gruntы. Klassifikatsiya.* – M.: Standartinform. – 2013.
4. Fulecher. *Der Bau des Kaiser – Wilhelm – Kanala Zeitschrift fur Bauwesen.* 1897.
5. SP 13-102-2003 *Pravila obsledovaniya nesushchih stroitelnyh konstruktsij zdaniy isooruzhenij.* – M.: Gosstroj RF, 2004. – 27 s.
6. Veksler A.B., Ivashintsov D.A., Stefanishin D.V. *Nadezhnost, sotsialnaya i ekologicheskaya bezopasnost: otsenka riska i prinyatie reshenij.* – SPb.: OAO «VNIIG im. B.E. Vedeneeva», 2002. – 589 s.

Information about the authors

Zharnitskiy Valerij Yakovlevich, doctor of technical sciences, department «Bases and foundations, building and expertise of real estate objects», FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, B. Academicheskaya ul., 44; e-mail: zharnitskiy@mail.ru

Andreev Evgenij Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department «Bases and foundations, building and expertise of real estate objects», FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, B. Academicheskaya ul., 44; e-mail: andreev-rf@mail.ru

Koval Sergej Vsevolodovich, doctor of technical sciences, department «Bridges and tunnels», FSAEI HE «Russian university of transport»; 127994, GSP-4, Moscow, ul. Obraztsova, 9, str. 9; e-mail: lavrik2811@yandex.ru

The material was received at the editorial office
31.01.2020

УДК 502/504:627.8:69.05

DOI 10.26897/1997-6011/2020-2-74-80

В.И. ВОЛКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

С.О. КОБЫЗЕВ

Общество с ограниченной ответственностью «Одеон-Сервис», г. Москва, Российская Федерация

ОБСЛЕДОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ 655 ВОДОЕМОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ В 2016-2018 гг.

В статье приводятся результаты обследования гидротехнических сооружений 655 прудов Московской области, проведенных в 2016-2018 годах. При проведении обследований в условиях практического отсутствия проектной документации и служб эксплуатации устанавливались значимые параметры гидротехнических сооружений, оценивалось техническое состояние основных сооружений, а также устанавливался уровень безопасности как отдельных сооружений, так и гидроузлов в целом. В статье приводятся результаты сделанных обобщений по различным аспектам безопасности сооружений. Кроме того, приводятся сведения, касающиеся ущербов при прорыве напорного фронта и стоимости ремонтных работ.

Безопасность, гидротехническое сооружение, грунтовая плотина, мониторинг, обобщение, обследование, техническое состояние, уровень безопасности

Введение. В течение ряда лет Министерство экологии и природопользования

Московской области инициирует проведение работ по обследованию и мониторингу

состояния гидротехнических сооружений (ГТС) низконапорных гидроузлов Московской области для решения комплекса проблем, связанных с обеспечением их безопасности и безопасности объектов в нижнем бьефе, попадающих в зону затопления при потенциально возможном разрушении сооружений напорного фронта и воздействию волны прорыва.

Специфика проблем безопасности многочисленных низконапорных гидроузлов неоднократно отмечалась в работах авторов [1-7]. В последние три года работы выполнялись согласно подпрограммы «Развитие водохозяйственного комплекса Московской области» государственной программы Московской области «Экология

и окружающая среда Подмосковья», направленных на проведения мониторинга и детального обследования технического состояния бесхозных ГТС.

Материалы и методы исследования. На территории Московской области насчитывается более 1800 водоемов с низконапорными гидротехническими сооружениями (по некоторым оценкам это число составляет порядка 2000).

Водоемы гидроузлов, обследованных в 2016-2018 гг. (табл. 1), имеют общую площадь 2790,8 га и объем 64,1 млн м³. За указанный период обследовано 655 гидроузлов, в состав которых входит 1558 различных ГТС – плотин, водосбросов и водовыпусков.

Таблица 1

Распределение обследованных водоемов с ГТС по годам

Год	Вновь обследованные	Мониторинг состояния	Всего
2016	84	121	205
2017	121	104	225
2018	100	125	225
Итого	305	350	655

Обследования проводились в большинстве районов Московской области по методике, разработанной в ФГОУ ВПО МГУП и усовершенствованной в процессе выполнения работ.

Водоемы (655 шт.) с обследованными гидротехническими сооружениями имели следующие общие данные и средние показатели: суммарный объем 64,1 млн м³, общую площадь 2790,8 га, средний объем водоема 0,1 млн м³, среднюю площадь водоема 4,3 га, среднюю глубину водоема 2,3 м при средней высоте плотины, составляющей 5,0 м.

Большинство водоемов Московской области имеют комплексное назначение, при этом количество водоемов рекреационного назначения составляет 530 шт. или 72,6%. Значительная часть водоемов (88 или 12,1%), ранее предназначавшихся для целей орошения, по прямому назначению не используется. Часть водоемов используется для технических и хозяйственных нужд, водопоя скота. Ряд плотин являются частью транспортной

системы области. Практически все водоемы являются источником воды при тушении пожаров и регулируют сток рек и ручьев, предотвращая затопление прибрежных территорий нижнего бьефа.

Среди обследованных гидроузлов преобладающими являются гидроузлы с водоемами относительно небольшой емкости: 79,8% имеют объем, не превышающий 100 тыс. м³ (табл. 2). Количество обследованных гидроузлов с объемом водохранилищ более 1 млн м³ составило 5 (0,8% от всех обследованных гидроузлов).

44,5% (292) плотин имеют высоту, превышающую 5 м, включая 42 (6,4%) плотины высотой более 10 м (табл. 3). Одна плотина из обследованных относится к III классу, а остальные являются сооружениями IV класса. Средняя высота плотин в русловой части створа составляет 5,0 м.

Количество гидроузлов, внесенных в Российский регистр ГТС составляет 18 шт. (около 2,7%).

Таблица 2

Распределение обследованных гидроузлов в зависимости от объема водоема

Объем, V, млн.м ³	< 0,1	0,1 ≤ V < 0,5	0,5 ≤ V < 1	≥ 1	Всего
Количество	523	106	21	5	655
в %	79.85%	16.18%	3.21%	0.76%	100%

**Распределение обследованных гидроузлов
в зависимости от высоты входящей в них плотины ($H_{пл}$)**

Высота плотины в м	< 5	5 ≤ $H_{пл}$ < 10	10 ≤ $H_{пл}$ < 15	≥ 15	Всего
Количество	363	250	41	1	655
в %	55.42%	38.17%	6.26%	0.15%	100%

Результаты и их обсуждение. Статистические данные общего характера по всем обследованным 655 гидроузлам Московской области приведены в таблице 4.

Среди обследованных гидроузлов 99,2% не имеет собственника на гидротехнические сооружения (650 шт.). За последние 10 лет наметилась тенденция передачи бесхозных сооружений муниципальным образованиям, что должно привести к снижению их количества. К сожалению, эта передача, осуществляемая без необходимого финансирования, не может существенно улучшить состояние ГТС. Следует отметить, что в ряде случаев получение данных, касающихся собственников, крайне затруднено и эта информация требует уточнения.

На всех обследованных гидроузлов отсутствуют должным образом организованные службы эксплуатации; выделенные на отдельных объектах, ответственные

за безопасность гидросооружений, как правило, не имеют ни опыта работы, ни необходимого образования.

Безопасность сооружений в соответствии с Российским регистром ГТС классифицируется по четырем уровням: нормальный, пониженный, неудовлетворительный и опасный. Гидроузлы, сооружения которых могли бы быть отнесены к нормальному уровню безопасности, практически отсутствуют (их всего 0,3%). Очень высок процент гидротехнических сооружений с неудовлетворительным и опасным уровнем безопасности (в сумме 87,0%).

Гидротехнические сооружения около 87 процентов гидроузлов требуют проведения планового или срочного капитального ремонта. Сооружения 2-х гидроузлов могут быть ликвидированы. Гидроузлы, гидротехнические сооружения которых не требуют проведения ремонтных работ, практически отсутствуют.

Таблица 4

**Общие статистические данные по всем обследованным
655 гидроузлам Московской области**

Наименование показателей	Кол-во	в %
Всего объектов в выборке	655	100.0
В том числе <i>бесхозных</i>	650	99.2
В том числе <i>имеющих службу эксплуатации</i>	0	0.0
По виду требуемых ремонтных работ		
В том числе <i>аварийных</i> , требующих неотложного <i>капитального ремонта</i>	360	55.0
В том числе требующих <i>капитального ремонта</i>	210	32.1
В том числе требующих <i>текущего ремонта</i>	83	12.7
В том числе <i>требующих ликвидации</i>	2	0.3
По характеру (масштабу) ЧС при прорыве напорного фронта		
В том числе <i>межрегиональный</i>	0	0.0
В том числе <i>региональный</i>	44	6.7
В том числе <i>межмуниципальный</i>	1	0.2
В том числе <i>муниципальный</i>	127	19.4
В том числе <i>локальный</i>	5	0.8
Не возникает	478	72.9
По уровню безопасности в соответствии с Российским регистром ГТС		
В том числе <i>соответствующих опасному уровню безопасности</i>	361	55.1
В том числе <i>соответствующих неудовлетворительному уровню безопасности</i>	209	31.9
В том числе <i>соответствующих пониженному уровню безопасности</i>	83	12.7
В том числе <i>соответствующих нормальному уровню безопасности</i>	2	0.3

Проводимый специально и параллельно с обследованием новых объектов мониторинг состояния ГТС 350 прудов позволил сравнить и проанализировать изменения, произошедшие на гидротехнических

сооружениях с момента их предыдущего обследования (в период с 2003 по 2007 гг.). Результаты изменения уровня безопасности этих гидроузлов приведены в таблице 5.

Таблица 5

Сведения по изменению уровня безопасности гидроузлов

Уровень безопасности повысился					
	Всего гидроузлов	с опасного до неудовлетворительного уровня	с опасного до пониженного уровня	с опасного до нормального уровня	с неудовлетворительного до пониженного уровня
Кол-во	49	24	6	1	18
в %	14.0	6.9	1.7	0.3	5.1
Уровень безопасности понизился					
	Всего гидроузлов	с нормального до пониженного уровня	с пониженного до неудовлетворительного уровня	с пониженного до опасного уровня	с неудовлетворительного до опасного уровня
Кол-во	112	1	23	22	66
в %	32.0	0.3	6.6	6.3	18.9
Уровень безопасности не изменился					
	Всего гидроузлов	Остался опасным	Остался неудовлетворительным	Остался пониженным	
Кол-во	189	74	76	39	
в %	54.0	21.1	21.7	11.1	

Понижение уровня безопасности отмечено на трети гидроузлов. Примерно на 14% гидроузлов отмечено некоторое улучшение уровня безопасности. Уровень безопасности 189 (54,0%) гидроузлов за прошедшее десятилетие не изменился.

Нужно отметить, что в число обследованных ГТС не попали сооружения, на которых был проведен ремонтные работы по программе предоставления федеральных субсидий на ремонт бесхозяйных и муниципальных сооружений. Частичное улучшение состояния сооружений характерно для самых низких плотин и примитивных водосбросов и связано, в основном, с усилиями местных жителей по поддержанию работоспособности сооружений для сохранения прудов.

В целом изменения уровня безопасности достаточно хорошо коррелируются с основными закономерностями, изложенными в работах [6, 8].

Результаты проведенного мониторинга, аналогично результатам мониторинга, выполненного ранее [1], позволили сделать основной вывод о том, что федеральных субсидий, выделяемых на ремонт муниципальных и бесхозяйных ГТС катастрофически не хватает; средства, изыскиваемые муниципальными образованиями и вкладываемые отдельными инициаторами направляются только на выполнение самых неотложных

работ и не могут кардинально повлиять на существенное повышение уровня безопасности ГТС. Практическое отсутствие, за редким исключением, аварий с прорывом напорного фронта обуславливается только тем, что в последние десятилетия в Московской области отсутствуют паводки с расходами редкой повторяемости.

По всем гидроузлам в соответствии с методикой [3] были проведены расчеты вероятного вреда при прорыве напорного фронта плотины для случая наиболее тяжелого сценария аварии. В зависимости от состава и типа сооружений, а также их технического состояния в качестве наиболее тяжелого сценария аварии принимался или перелив через гребень грунтовой плотины или авария при уровне в верхнем бьефе на отметке ФПУ.

В процессе проведения работ выполнялась оценка глубин затопления по эмпирическим зависимостям [5] в характерных створах, для которых в процессе обследований устанавливались параметры объектов, которые потенциально могли попасть в зону затопления. Определение размера вреда проводилось по укрупненным показателям [3], а в необходимых случаях – методом детальной оценки.

В таблице 6 приведено распределение обследованных гидроузлов по степени опасности для территорий нижнего бьефа в соответствии с принятой в РФ классификацией ЧС.

**Распределение гидротехнических сооружений
по степени опасности для территорий нижнего бьефа**

Масштаб ЧС	ЧС не возникает	локальный	муниципальный	межмуниципальный	региональный	Всего
Кол-во	478	5	127	1	44	655
в %	72,9	0,8	19,4	0,2	6,7	100%

Из обследованных 655 объектов при аварии плотин с прорывом напорного фронта ущерб возникает в нижнем бьефе 177 гидроузлов, при этом общая величина ущерба составляет 52,6 млн руб. при среднем значении на 1 объект 2,94 млн руб.

Степень готовности к пропуску расчетных паводковых расходов представлена на рисунке. Там же приведен процент основных гидротехнических сооружений (плотина, водосброс), техническое состояние которых не обеспечивает безопасность гидроузла при пропуске паводков.

Проведенный анализ по 655 гидроузлам, для которых проведены расчеты вероятного вреда и стоимости ремонтных работ,

необходимых для обеспечения безопасной эксплуатации, показал возможность ранжирования сооружений по приоритету ремонтных работ с их отбором по коэффициенту эффективности вложения средств (отношение предотвращаемого ущерба к стоимости ремонта с учетом ряда других факторов). По 177 объектам с потенциальным ущербом при аварии плотины получено следующее. Среднее значение коэффициента эффективности для всех объектов составляет 0,77, т.е. средства, вкладываемые в ремонт, превышают вероятный вред при аварии. В случае 91 объекта коэффициент эффективности превышает 1, для 30 объектов он более 10, для 5 объектов – более 100.

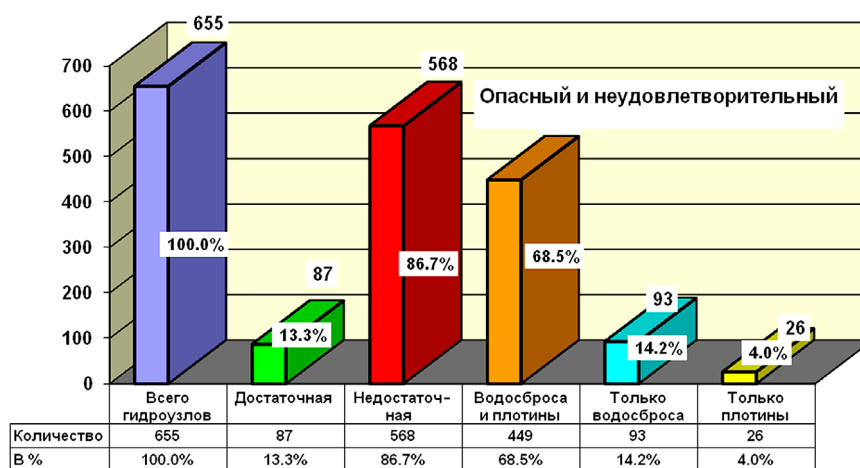


Рис. Степень готовности ГТС к пропуску расчетных паводковых расходов

Заключение

В результате анализа информации по обследованным в 2016-2018 гг. гидротехническим сооружениям 655 прудов Московской области можно констатировать следующее:

1. Основной причиной низкого уровня безопасности гидроузлов является их многочисленность и отсутствие достаточных средств на проведение ремонтных работ и финансирование служб эксплуатации.

2. Материалы, полученные в результате обследований гидротехнических сооружений 655 гидроузлов на территории Московской области, позволяют обобщить значительный объем информации и сделать

заключение по ряду очень важных параметров, в том числе оценить техническое состояние гидротехнических сооружений, качество их эксплуатации, степень опасности для территорий, расположенных в нижнем бьефе и характер ЧС при прорыве сооружений напорного фронта, степень готовности к пропуску паводковых расходов, ориентировочную стоимость необходимых ремонтных работ.

3. Собственников на гидротехнические сооружения не имеют большинство обследованных гидроузлов (650 или 99,2%).

4. Службы эксплуатации и проектная документация отсутствуют на всех обследованных гидроузлах.

5. Среди обследованных в 2016-2018 году ГТС 87,1% требуют проведения капитального ремонта; более половины сооружений имеют опасный уровень безопасности. Вопрос о ликвидации может быть рассмотрен для двух сооружений.

6. Достаточную степень готовности к пропуску паводковых расходов имеют только 87 (13,3%) из обследованных гидроузлов. Основными причинами недостаточной степени готовности является неудовлетворительное техническое состояние водосбросов (82,7%), плотин (72,5%), а также отсутствие надлежащей эксплуатации сооружений.

7. Недостаточную степень готовности к пропуску паводковых расходов из-за неудовлетворительного технического состояния и водосбросных сооружений и плотин одновременно имеют 568 (87,6%) гидроузлов.

8. Стоимость необходимых ремонтных работ по всем ГТС 655 гидроузлов оценивается в 5 242,0 млн руб. при средних затратах на ремонт одного ГТС – 8,003 млн руб.

9. При разрушении напорного фронта 478 плотин (72,9%) чрезвычайная ситуация не возникает.

10. Общая величина ущерба при аварии плотин с прорывом напорного фронта 177 гидроузлов составит 52,6 млн руб. при среднем значении на 1 объект 2,94 млн руб.

11. Уровень безопасности 189 (54,0%) гидроузлов (из 350 ранее обследованных) за прошедшее десятилетие не изменился. Понижение уровня безопасности отмечено на трети гидроузлов. Примерно на 14% гидроузлов отмечено некоторое улучшение уровня безопасности.

12. Продолжение работ должно быть направлено на полный охват всех имеющих гидротехнических сооружений и мониторинг состояния один раз в пять лет для наиболее опасных для территорий нижнего бьефа сооружений.

Библиографический список

1. Каганов Г.М., Волков В.И. Обобщение результатов обследования состояния гидротехнических сооружений Московской области за 2002-2011 гг. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2012. – № 3. – С. 5-8.

2. Каганов Г.М., Волков В.И. Состояние гидротехнических сооружений каскада на р. Соловке Подольского района Московской области / Природообустройство и рациональное природопользование –

необходимые условия социально-экономического развития России / Сб. научных трудов. ч. 1. – М.: МГУП, 2005. – С. 24-30.

3. Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных гидротехнических сооружений). Утв. приказом Ростехнадзора от 29.03.2016 № 120. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_202879/

4. Волков В.И., Сабитов М.А. Обследование и анализ состояния низконапорных гидротехнических сооружений ТИНАО г. Москвы / Труды академии проблем водохозяйственных наук. Вып. 12. Актуальные проблемы водохозяйственного строительства. – М.: Географический факультет МГУ, 2018. – С. 58-65.

5. Каганов Г.М., Волков В.И., Секисова И.А. Приближенная оценка глубины затопления территории в нижнем бьефе при прорыве напорного фронта низконапорных гидроузлов // Гидротехническое строительство. – 2010. – № 4. – С. 2-9.

6. Волков В.И., Снежко В.Л. Статистические методы определения показателей надежности сооружений низконапорных гидроузлов // Природообустройство. – 2017. – № 5. – С. 20-26.

7. Волков В.И. Экспресс-методика обследования с оценкой достаточности превышения гребня грунтовой плотины. // Природообустройство. – 2019. – № 2. – С. 66-72.

8. Volkov V.I., Snezhko V.L., Kozlov D.V. Prediction of safety level of low-head and ownerless hydraulic structures. Power Technology and Engineering, Vol. 53, No. 1, May, 2019, p. 23-28.

Материал поступил в редакцию 28.04.2020 г.

Сведения об авторах

Волков Владимир Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44; e-mail: volcov_vi45@mail.ru, volkag@yandex.ru

Кобызев Станислав Олегович, генеральный директор ООО «Одеон-сервис», 125124, г. Москва, 3-я улица Ямского поля, 2, корпус 13, e-mail: stanislav.kobyzev@yampo.ru

V.I. VOLKOV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

S.O. KOPYZEV

Limited Liability Company (LLC) «Odeon-Service», Moscow, Russian Federation

INSPECTION AND MONITORING OF THE STATE OF HYDRAULIC STRUCTURES IN 655 PONDS IN THE MOSCOW REGION IN 2016-2018

The article presents the results of a survey of hydraulic structures in 655 ponds in the Moscow region, conducted in 2016-2018. When the survey was conducted in conditions of practical absence of the design documentation and operations were set relevant parameters of hydraulic structures were assessed technical state of major structures and also establishes the level of security as separate structures, and hydropower systems in general. The article presents the results of generalizations made on various aspects of construction safety. In addition, information is provided regarding damages caused by breaking small dams and of the cost of repair work.

Earth dam, generalization, inspection, hydraulic structure, monitoring, technical state, safety, safety level.

References

1. **Kaganov G.M., Volkov V.I.** Generalization of the results of an inspection of the state of hydraulic structures in the Moscow region for 2002-2011 // Reclamation and water management. – 2012. – No. 3. – p. 5-8.

2. **Kaganov G.M., Volkov V.I.** State of hydraulic structures of the cascade on the Solovka river of the Podolsk district of the Moscow region / Collection of scientific works. Nature management and rational nature management-necessary conditions for socio-economic development of Russia. – Moscow: MGUP, 2005, part 1. – p. 24-30.

3. Methodology for determining the amount of damage that may be caused to the life, health of individuals, property of individuals and legal entities as a result of an accident of a hydraulic structure (except for navigable hydraulic structures). Approved. Rostekhnadzor, order No. 120 dated 29.03.2016.

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_202879/

4. **Volkov V.I., Sabitov M.A.** Inspection and analysis of the state of low-pressure hydraulic structures of the TINAO of Moscow / Proceedings of the Academy of problems of water management Sciences. Issue 12. Actual problems of water management construction. – Moscow: faculty of Geography, Moscow state University, 2018. – p. 58-65.

5. **Kaganov G.M., Volkov V.I., Sekisova I.A.** Approximate evaluation of the depth of flooding of the territory in the lower stream of the small dams is breached / Hydraulic engineering. – 2010. – No 4. – p. 2-9.

6. **Volkov V.I., Snezhko V.L.** Statistical methods for determining reliability indicators of low-pressure hydraulic structures // Nature management. – No 5, 2017. – S. 20-26.

7. **Volkov V.I.** A rapid method for screening evaluation of the adequacy of excess of the crest of an embankment dam // Nature management. – No2. – 2019. – p. 66-72.

8. **Volkov V.I., Snezhko V.L., Kozlov D.V.** Prediction of safety level of low-head and ownerless hydraulic structures. Power Technology and Engineering, Vol. 53, No. 1, May, 2019, p. 23-28.

The material was received at the editorial office
28.04.2020

Information about the authors

Volkov Vladimir Ivanovich, candidate of technical sciences, professor of the department of hydro technical structures FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. B. Akademicheskaya, 44; e-mail: volcov_vi45@mail.ru, volkag@yandex.ru

Kopyzev Stanislav Olegovich, 125124, Moscow, 3 ul. Yamskogo polya, 2/13; e-mail: stanislav.kopyzev@yampop.ru