

А.С. БАБКИН, И.Ж. АТАБИЕВ, В.П. БУКРЕЕВ, Б.М. БАХТИН

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАБОРА ПОДРУСЛОВОГО ПОТОКА ВОДЫ В ГОРНЫХ И ПРЕДГОРНЫХ РЕКАХ

Объектом исследования являются горные и предгорные реки. Главная цель работы – модернизация конструкций водозаборных гидротехнических сооружений, эффективно работающих в зимний период. Немаловажным аспектом также является техническая, экономическая эффективность и экологическая безопасность. В процессе анализа были рассмотрены различные варианты и компоновки водозаборных сооружений. Исходя из особенностей рассматриваемых источников водоснабжения, особое внимание уделялось изучению водозаборных гидротехнических узлов (ВГУ), использующих подрусловый поток. В статье выделены положительные и отрицательные характеристики водозаборов, описаны варианты оптимизации и усовершенствования существующих конструкций гидротехнических узлов, направленных на бесперебойную работу в зимний период. Важным является наиболее рациональное и эффективное использование водного потенциала подруслового потока горных и предгорных рек в зимний период с целью увеличения мощности малых гидроэлектростанций (МГЭС) и гарантированного обеспечения потребителей водой.

Подрусловый поток, поверхностный сток, горные и предгорные реки, наносы, водозаборное сооружение.

Введение. Горные и предгорные реки являются источниками водоснабжения для многих регионов России. Горные водотоки характеризуются большими скоростями течения и относительно малыми глубинами. При прохождении обильных дождей в рассматриваемых реках происходит быстрое нарастание паводка. Поток переносит огромное количество донных и взвешенных наносов. В зимний период к наносам добавляется донный лед и шуга. Нередки случаи возникновения селей. На предгорных реках возможно изменение русла. Как правило, в зимний период значительно снижается объем поверхностного стока. Все эти факторы значительно осложняют забор воды и эксплуатацию водозабора в целом, особенно в зимний период.

Известно, что помимо поверхностного стока существует и подрусловое течение воды. Объем воды, проходящий в нижних слоях, примерно равен объему поверхностного стока. Таким образом, в зимний период наилучшим способом обеспечения необходимого объема, является забор подруслового потока.

С учетом сложных природных условий и жестких условий режима стока рек, в частности с большим количеством донных и взвешенных наносов, обеспечение устойчивого забора необходимого количества воды для обеспечения работы гидроэлектростанции будет

эффективнее при строительстве послонно-решетчатого водозабора с отстойниками для осветления воды, подающейся как на агрегаты МГЭС, так и рядовым потребителям.

Пслонно-решетчатый водозабор (рис. 1) включает в себя все положительные качества классического донного решетчатого водозабора, при этом используя циркуляционное течение потока для защиты водоприемных галерей от поступления в них донных наносов.

На водозаборной галерее предусмотрены полые внутри бычки. При прохождении паводков бычки затапливаются. При столкновении основного потока с бычками образуется циркуляционное течение, основанное на законах обтекания преграды. При таком взаимодействии происходит обход преграды донными наносами. При обтекании бычков с напорной стороны в потоке образуется зона с повышенным давлением, что обеспечивает появление нисходящих потоков, в то же время в нижних слоях потока за счет лобового столкновения образуется обратное течение. При столкновении двух потоков, обратного донного и основного с напорной стороны, образуется вращательное движение. Вследствие появления вращательного движения приостанавливается движение наносов в водозаборную галерею, и они направляются в обход бычка к центру.

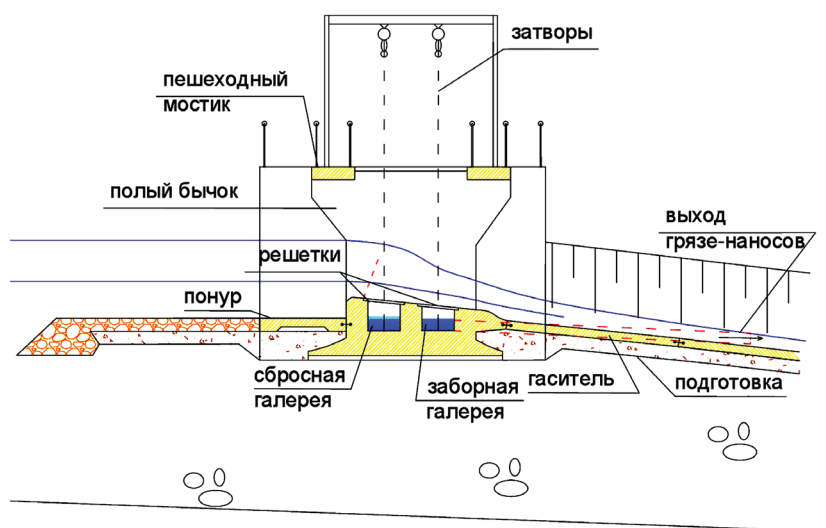


Рис. 1. Послойно-решетчатый водозабор. Поперечный разрез

За счет обратного течения происходит расслоение потока, и при этом появляется область водного потока, свободная от наносов. Винтообразное течение, которое транспортирует наносы, сосредотачивается в средней части пролета, тем самым пронося все ненужное по одной области.

Данный водозаборный гидроузел эффективен в период прохождения паводка и достаточного количества поверхностного стока, одна-

ко на малых реках наблюдается почти полное прекращение поверхностного стока в зимний период, тогда сохраняются лишь грунтовые воды, текущие в гравелисто-галечниковом русле. В рассматриваемой ситуации оптимально применять водозаборные сооружения Кавказского типа. Основной принцип их работы направлен на забор подруслового потока.

Такой тип водозабора называется также донным (рис. 2).

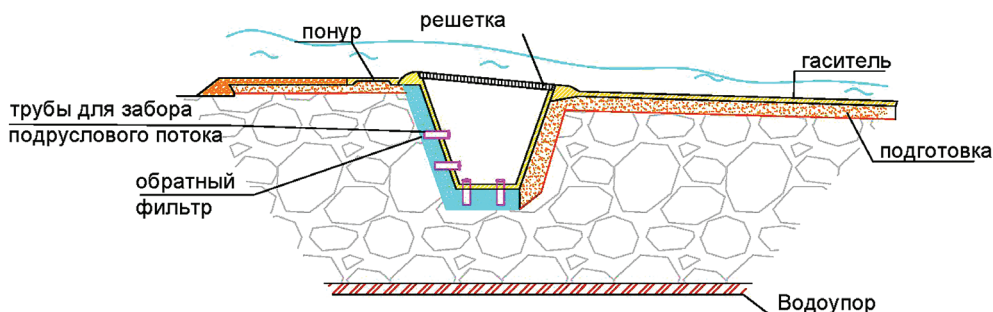


Рис. 2. Донный (Кавказский) водозабор

Поперек русла реки располагается донная перехватывающая галерея. Стенка с напорной стороны и дно галереи выполняются со сквозными отверстиями (дырчатые). Через отверстия прокладываются трубы, защищенные обратным фильтром с внешней (напорной) стороны. Донная галерея может занимать весь водосбросной фронт или лишь его часть, в зависимости от необходимого расхода воды. Верхняя часть галереи перекрыта дырчатой плитой с отверстиями 5-10 мм, пропускающими лишь воду, песок и мелкий гравий. Крупные наносы, камни, деревья свободно проходят над ней в нижний бьеф. Основными

недостатками при работе донного водозабора являются: забивка решетки галькой, сучьями и листвой, что требует регулярной тщательной ее очистки.

В результате анализа основных показателей водозаборных сооружений было принято решение об усовершенствовании существующих конструкций, для возможности применения ВГУ в жестких природных условиях горных и предгорных рек.

Материалы и методы. Улучшенная конструкция ВГУ объединяет в себе все положительные качества водозаборов Послойно-решетчатого и Кавказского типа. (рис. 3.1, 3.2, 3.3).

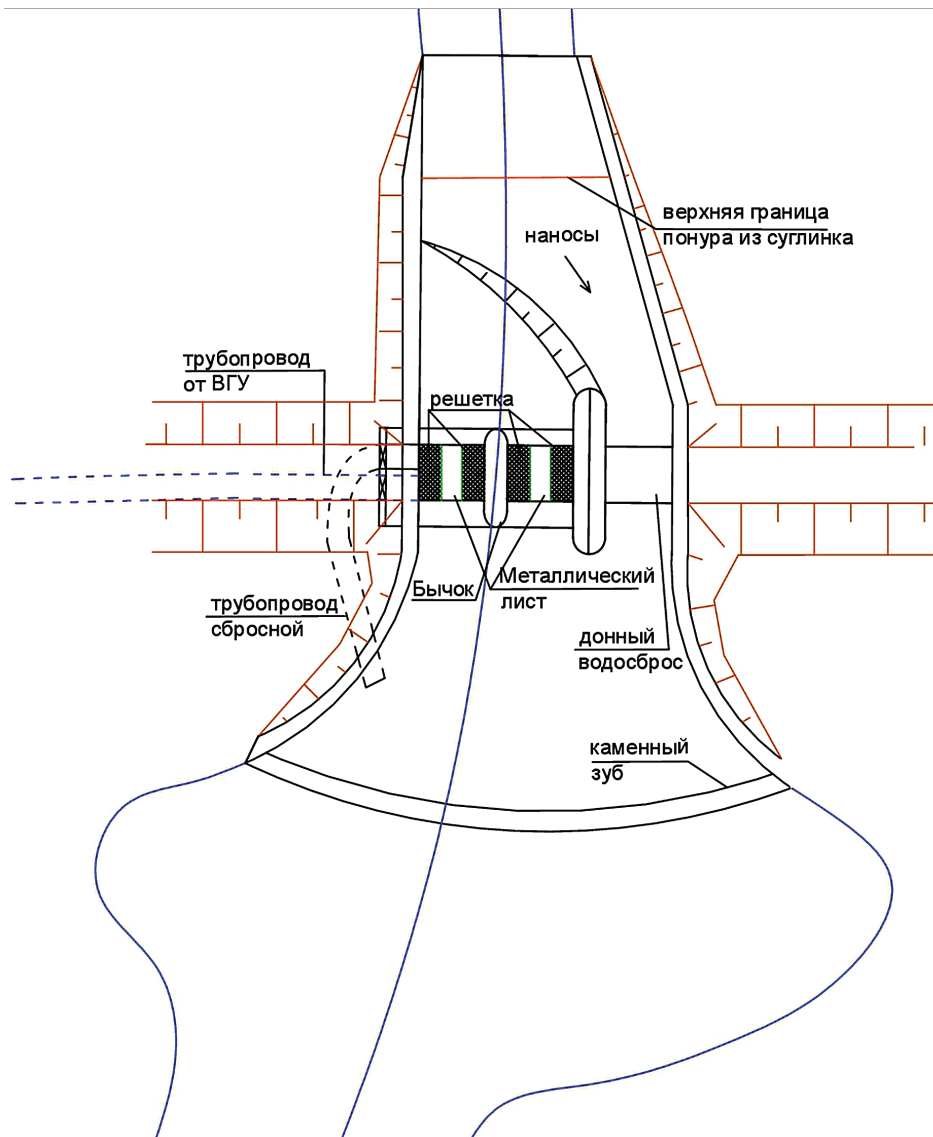


Рис. 3.1. Совмещенный тип водозабора. План

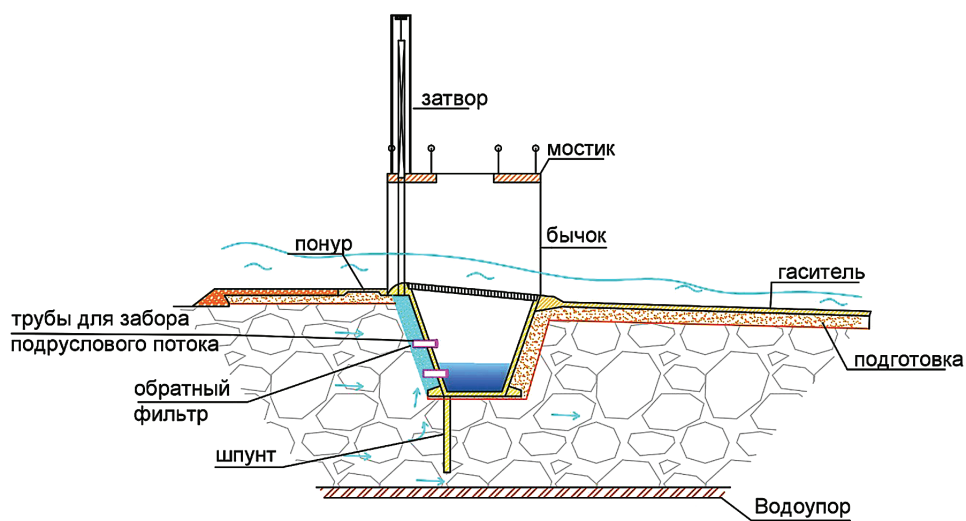


Рис. 3.2. Совмещенный тип водозабора. Поперечный разрез

В период паводков и в наиболее многоводные периоды производится забор поверхностного стока, используя технологию, вы-

двинутую Н.Ф. Данелия. В остальное время забор воды производится из недр (грунтовые воды).

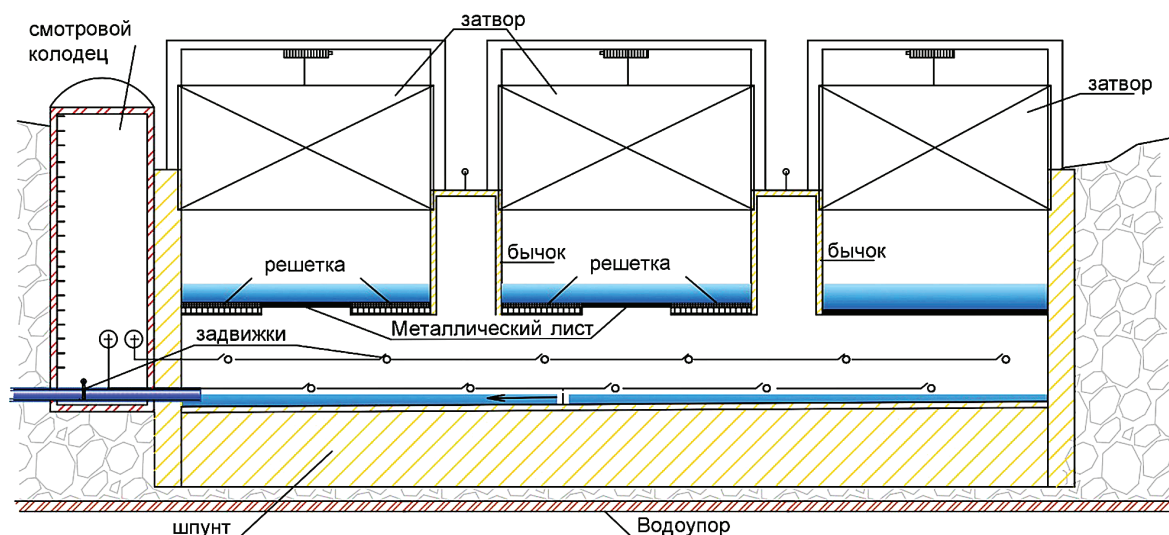


Рис. 3.3. Совмещенный тип водозабора. Продольный разрез

Надземная часть идентична конструкции послойно-решетчатого водозабора. На водозаборной решетке предусматриваются полые бычки, пролеты оснащены плоскими, колесными затворами, приводимыми в работу механическим способом. Затворы необходимы для регулирования потока, очистки зоны от наносов и в ремонтных целях. Для осмотров и регулирования затворов на бычках предусмотрены пешеходные смотровые мостики. В паводковый период вода проходит через решетки в галерею и далее к отстойнику через трубопровод. В меженный и маловодный зимний период затворы на пролетах с решетками закрываются, поверхностный сток проходит транзитом через водосброс (правый пролет гидроузла) и забор воды для необходимого расхода осуществляется из подруслового потока. Заглубленная галерея выполнена по типу донного водозабора, с отверстиями для труб и обратным фильтром для очистки грунтовых вод. Чтобы обеспечить подачу воды в галерею, проектируется шпунт для поднятия уровня подруслового потока и направления его к заборным трубопроводам. Глубина заглубления шпунта подбирается исходя из геологических условий и глубины залегания водоупорного слоя. Заглублять шпунт в водоупор недопустимо ввиду основных требований по проектированию гидротехнических сооружений. Во время паводка трубы, расположенные в стенках галереи, необходимо защитить от обратного течения, для этого на трубах размещают задвижки. Регулирование задвижками производится через смотровой колодец, находящийся в непосредственной близости. Там же можно располо-

жить задвижку на трубопровод, ведущий к отстойнику. Перекрывать транспортирующий трубопровод необходимо при проведении очистки водозаборной галереи.

Результаты и обсуждения. В сложных природных условиях особое внимание уделяют водозаборным гидротехническим сооружениям, на которые возлагаются следующие функции:

- подпор бытового уровня реки с целью создания благоприятных условий для забора необходимого объема для МГЭС, что может быть осуществлено созданием водозаборного гидроузла;
 - забор расходов воды, строго определенных расчетами, с исключением донных и взвешенных наносов, шуги реки;
 - возможность очистки водозаборной галереи от наносов и сброс их в нижний бьеф;
 - сброс в нижний бьеф паводковых расходов;
 - защита нижнего бьефа ВГУ от возможного размыва при прохождении паводка;
 - сброс в нижний бьеф гидроузла санитарных попусков;
 - осветление забираемых расходов воды.
- Достоинством совмещенного водозабора является то, что он позволяет решить все основные задачи, несмотря на сложность эксплуатации в горных и предгорных районах. Предлагаемый ВГУ позволяет:
- обеспечить МГЭС расчетными расходами в независимости от периода;
 - пропустить максимальные паводки;
 - не допускать попадания наносов и мусора в напорную деривацию;
 - обеспечить пропуск санитарных расходов реки.

Выводы

Внедрение усовершенствованных конструкций водозаборов при проектировании на горных и предгорных реках приведет к решению многих проблем, возникающих из-за сложных природных условий, в частности, в зимний период:

1. Гарантированное обеспечение водоподачи потребителю;
2. Увеличение мощности МГЭС;
3. Бесперебойная работа МГЭС в зимний период;
4. Наличие технически приемлемой, экономически эффективной и экологически безопасной конструкции для возведения на горных и предгорных водотоках (совмещенный водозаборный гидроузел).

Открытым остается вопрос гидравлических исследований, которые необходимо провести для более эффективного и безопасного использования, совмещенного ВГУ.

Библиографический список

1. Данелия Н.Ф. Водозаборные сооружения на реках с обильными донными наносами. – М.: Колос, 1964. – 366 с.
2. Алтуниин С.Т. Регулирование русел рек при водозаборе. // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2015. – № 3(19). – С. 150-158.
3. Бухарцев В.Н., Лавров Н.П. Речные гидротехнические сооружения. Водозаборные и деривационные гидроузлы: учебное пособие. / Под ред. В.Н. Бухарцева. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 112 с.
4. Соболев С.В., Соболев И.С. Основы энергетического строительства: учебное пособие – Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. – 162 с.
5. Бабкин А.С. Технология водоприема воды из горных и предгорных рек для малых ГЭС. / Сб. материалов XIX Международной межвузовской научно-практической конфе-

ренции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных. – М.: МГСУ, 2016. – С. 1008-1011.

6. Бабкин А.С. Рациональное использование грунтовых вод горных водотоков. / Доклады ТСХА, выпуск 290, ч. 1. – М.: РГАУ-МСХА, 2018. – С. 159-161.

7. Бабкин А.С. Рациональное использование грунтовых вод в Кабардино-Балкарской республике. / Сб. статей II Всероссийская молодежная научно-практическая конференция. Экологические проблемы промышленно развитых и ресурсодобывающих регионов: пути решения. – Кузнецк: КузГТУ, 2017. – С. 102-105.

Материал поступил в редакцию 13.03.2018 г.

Сведения об авторах

Бабкин Александр Сергеевич, аспирант кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44 к 1, e-mail: mvdrf161@bk.ru

Атабиев Исхак Жафарович, кандидат технических наук, доцент кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44 к 1, e-mail: atabiev-ig@mail.ru

Букреев Вениамин Петрович, кандидат технических наук, профессор кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44 к 1, тел.: +7(499)9762460.

Бахтин Бронислав Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44 к 1, e-mail: bbakhtin@yandex.ru

A.S. BAVKIN, I.ZH. ATABIEV, V.P. BUKREEV, V.M. BAKHTIN

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy», Moscow, Russian Federation

IMPROVEMENT OF THE DESIGN OF UNDERFLOW INTAKE FACILITY IN MOUNTAIN AND SUBMOUNTAIN RIVERS

The objects of the research are mountain and sub mountain rivers. The main purpose of the work is upgrading of the water intake constructions of hydraulic structures which efficiently operate during a winter period. It is also of great importance a technical, economic effectiveness and ecological safety. In the course of the analysis different variants and layouts of water intake facilities were considered. Based on the considered characteristics of water supply sources special attention was paid to the investigation of water intake hydraulic units (VGU) using underflow. The article singles out positive and negative characteristics of water intakes, describes variants of optimization and improvement of existing constructions of hydraulic units which are

directed at the continuous operation during a winter period. The most rational and efficient use of the underflow potential of mountain and sub mountain rivers in a winter period is important aiming at increasing the power of small hydro electric power stations (MGES) and guaranteed power supply for consumers.

Stream underflow, surface flow, mountain and sub mountain rivers, pumps, water intake facilities.

References

1. **Daneliya N.F.** Vodozabornye sooruzheniya na rekah s obilnymi nanosami. – M.: Kolos, 1964. – 366 s.

2. **Altunin S.T.** Regulirovanie rusel rek pri vodozabore. – Nauchny zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii. – 2015. – № 3(19). – S. 150-158.

3. **Buhartsev V.N., Lavrov N.P.** Rechnye gidrotehnicheskie sooruzheniya. Vodozabornye i derivatsionnye gidrouzly: uchebnoe posobie. / pod red. V.N. Buhartseva. – SPb.: Isd-vo Polithn. un-ta, 2015. – 112 s.

4. **Sobol S.V., Sobol I.S.** Osnovy energeticheskogo stroiteljstva: uchebnoe posobie. – N. Novgorod: NNGASU, 2016. – 162 s.

5. **Babkin A.S.** Tehnologiya vodopriema vody iz gornyh i predgornyh rek dlya malyh GES. / Sb. Materialov XIX Mezhdunarodnoj mezhvuzovskoj nauchno- prakticheskoy konferentsii studentov, magistrntov, aspirantov i molodyh uchenyh. – M.: MGSU, 2016. – S. 1008-1011.

6. **Babkin A.S.** Ratsionalnoe ispolzovanie gruntovyh vod gornyh vodotokov. / Doklady TSHA, vypusk 290 (chast 1). – M.: RGAU-MSHA, 2018. – S. 159-161).

7. **Babkin A.S.** Ratsionalnoe ispolzovanie gruntovyh vod v Kabardino-Balkarskoj respublike. / Sb. Statej II Vserossijskaya molodezhnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Ekologicheskie problem promysh-

lenno razvityh i resursodobyvayushxih regionov: puti resheniy. – Kuznetsk: KuzGTU, 2017. – S. 102-105.

The material was received at the editorial office
13.03.2018 g.

Information about the authors

Babkin Alexandr Sergeevich, post graduate of the chair of hydraulic structures FSBEI HERGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Bolshaya academicheskaya, d. 44 к 1, e-mail: mvdrf161@bk.ru

Atabiev Iskhak Zhafarovich, candidate of technical sciences, associate professor graduate of the chair of hydraulic structures FSBEI HE RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Bolshaya academicheskaya, d. 44 к 1, e-mail: atabiev-ig@mail.ru

Bukreev Veniamin Petrovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of hydraulic structures FSBEI HE RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Bolshaya academicheskaya, d. 44 к 1, tel.: +7(499)9762460.

Bakhtin Bronislav Mihaylovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of hydraulic structures FSBEI HE RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev, 127550, Moscow, ul. Bolshaya academicheskaya, d. 44 к 1, e-mail: bbakhtin@yandex.ru.