

УДК 627.8

М. И. БАЛЬЗАННИКОВ, д-р техн. наук, проф.

**ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЗАТВОРОВ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет»

Россия, 443090, г. Самара, ул. Советской Армии, д. 141; эл. почта: mibsgasu@mail.ru

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, затвор гидротехнического сооружения, конструкция затвора, элементы затвора, совершенствование конструкции затвора.

В результате анализа методов совершенствования затворов гидротехнических сооружений выделены инновационные подходы: повышение самоуправляемости, использование вещественных ресурсов, применение полей и комбинированные методы. Приведены конкретные примеры. Предложенная систематизация технических решений позволит обеспечить целенаправленный подход при создании затворов гидротехнических сооружений и при решении задач повышения технико-экономических показателей, надежности и эффективности применения затворов.

В настоящее время в России и других странах мира весьма остро стоит вопрос повышения надежности гидротехнических сооружений и обеспечения их безопасной эксплуатации.

Важнейшим сооружением, создающим перепад уровней воды в верхнем и нижнем бьефах гидротехнического узла, является, безусловно, глухая плотина, которая сооружается чаще всего бетонной или каменно-набросной, а также водосливная плотина. При этом механическим оборудованием, регулирующим уровень воды в водохранилище, и напор на сооружение – затворы с их обслуживающими механизмами [1, 2].

Особенности работы гидротехнических затворов, требования, предъявляемые к ним, а также их конструктивное исполнение отражены в работах [3, 4]. С целью повышения надежности и экономичности работы затворов постоянно разрабатываются технические решения по их совершенствованию [5–9]. В публикации автора [10] на основании анализа запатентованных устройств плоских затворов гидротехнических сооружений представлены основные направления их совершенствования. Обозначены четыре наиболее распространенных направления улучшения конструкции затворов: 1) разработка эффективных геометрических форм затворов; 2) разработка новых конструкций вспомогательных элементов затворных устройств; 3) повышение степени динамичности конструктивных элементов затвора; 4) дробление конструкции, применение многократно повторяющихся элементов, измельчение конструктивных частей (рис. 1). Подробные примеры и описание разработанных технических решений приведены в [10].



Рис. 1. Основные направления совершенствования затворов гидротехнических сооружений

В такой систематизации отражен, своего рода, механистический подход, поскольку именно с технических позиций чаще всего и подходят разработчики и исследователи к задачам улучшения эксплуатационных характеристик таких сложных технических систем, как затворы гидротехнических сооружений. И именно поэтому рассмотренные направления обозначены как основные.

Вместе с тем в последние годы во всех сферах жизнедеятельности нашего общества активно внедряются автоматизированные технологии, интеллектуальные системы, «умные» устройства, которые поднимают уровень развития техники на совершенно иную более высокую ступень. Не обошел этот процесс и сферу гидротехнического строительства в том числе, и рассматриваемую нами область – механические запорные устройства для сброса воды через гидротехнические сооружения. Новые инновационные разработки конструкций гидротехнических затворов можно отнести к высокоинтеллектуальным направлениям.

Объектом исследования настоящей работы являются поверхностные и глубинные затворы гидротехнических сооружений. Предмет исследования – методы совершенствования конструкций затворов гидротехнических сооружений.

Цель исследования – выполнение анализа инновационных технических решений по совершенствованию конструкций затворов гидротехнических сооружений, обобщение этих решений и разработка общих типологических подходов в объективно применяемых инновационных методах повышения эффективности создания и эксплуатации этих весьма ответственных гидротехнических устройств.

Наиболее эффективными и востребованными высокоинтеллектуальными решениями, на наш взгляд, являются разработки, обеспечивающие автоматическую работу технических систем при отсутствии целевого специального управляющего воздействия на работу затвора со стороны обслуживающего персонала или электро- или механического сигналов. Это направление можно обозначить как *повышение или обеспечение самоуправляемости технических систем для выполнения своих функций в условиях изменяющейся внешней среды*. В них обычно используются сами изменяющиеся условия в качестве приводных механизмов для подвижных элементов.

Примером такого решения может служить простейшая конструкция [11], схема которой приведена на рис. 2. В ней регулирующей щит предложено выполнить наклонным с внутренней полостью и шарнирно закрепить его между

бычками плотины на горизонтальной оси с возможностью поворота в сторону нижнего бьефа. Если уровень воды в водоеме повысится сверх нормального подпорного значения, то щит в автоматическом режиме наклонится в сторону нижнего бьефа и произойдет сброс излишков воды. Если уровень воды понизится, то щит автоматически займет исходное положение. Здесь в качестве изменяющейся внешней среды выступает давление воды, воздействующее на поворотный щит, которое увеличивается или уменьшается при изменении уровня воды в верхнем бьефе.

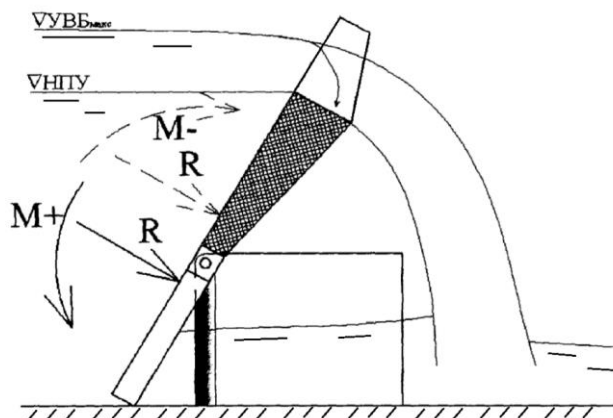


Рис. 2. Автоматический вододействующий затвор [11]

Также автоматически работает затвор гидротехнического сооружения, представленный в [12]. В нем затвор предложено выполнить в виде плоской пролетной конструкции 1 с полой герметичной полостью и возможностью вертикального перемещения по боковым направляющим (рис. 3). При расчетном уровне воды в водоеме щит затвора закрывает водосбросное отверстие и сброса воды не производится. Однако, при повышении уровня воды герметичная полость как поплавков, начинает подниматься и, тем самым, открывать водопропускную щель. Из-за этого начинается автоматический сброс воды. При снижении уровня воды пролет затвора 1 полостью занимает исходное положение и сброс воды прекратится.

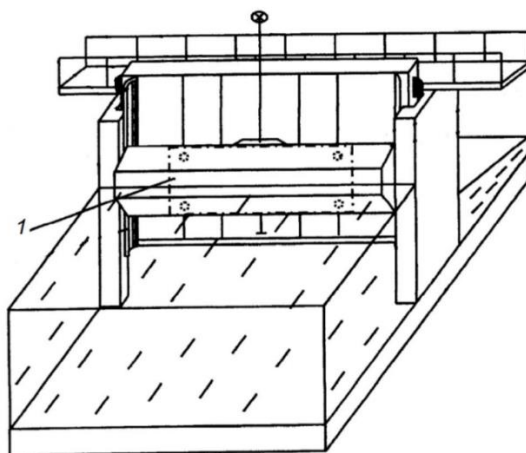


Рис. 3. Авторегулятор уровня воды верхнего бьефа [12]

Другое направление инновационных разработок, касающихся конструкций затворов гидротехнических сооружений, можно назвать как *использование отличных от обычной воды веществ или вещественных ресурсов, при использовании которых повышается эффективность функционирования затворов или устраняется какое-либо негативное явление*. В качестве таких веществ могут применяться либо дешевое и доступное в неограниченном количестве вещество, например, воздух (газ) или воздушно-водяная смесь, либо малые количества специальных вещественных ресурсов, например, смазочные материалы типа масел или графита, или высокомолекулярные составы, а также наноматериалы, и т. п.

Наиболее часто используется воздух, обычно заключенный в некоторый объем, давление в котором отличается от атмосферного.

Типичным примером этого направления является гидротехнический затвор [13]. Пролетное строение такого поверхностного затвора предложено выполнить пустотелым в виде понтона, одна сторона которого при помощи шарнирного соединения прикреплена к фундаменту (рис. 4). В исходном состоянии полость понтона заполнена водой и размещается горизонтально в нише фундамента сооружения. Для перекрытия потока в отсеки понтона подается воздух под давлением, из-за чего вода вытесняется и, всплывая, понтон поворачивается относительно шарнирного устройства, что позволяет ему занять близкое к вертикальному положение и перекрыть водный поток.

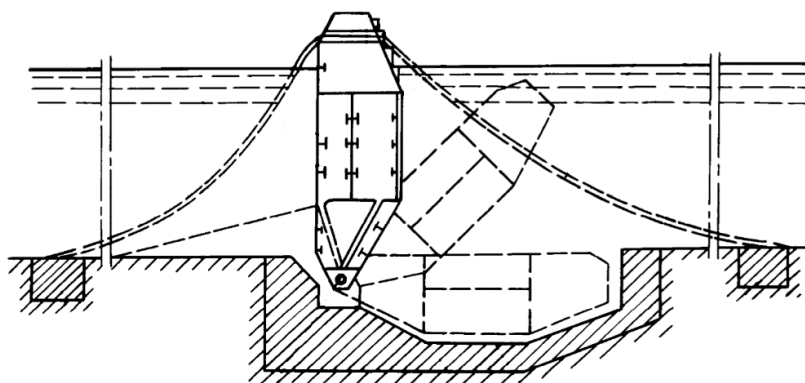


Рис. 4. Гидротехнический затвор [13]

Подобная система заграждений реализована на комплексе гидротехнических сооружений для защиты Венеции от затопления морскими водами [14].

Конструктивное решение для глубинного затвора с полостью, заполненной воздухом, описаны в [15]. В этой разработке входное отверстие напорного водовода (1) перекрывается пустотелым поплавочным устройством (2), заполненным воздухом. При этом управление процедурой закрытия и открытия входного отверстия осуществляется посредством тяг (рис. 5).

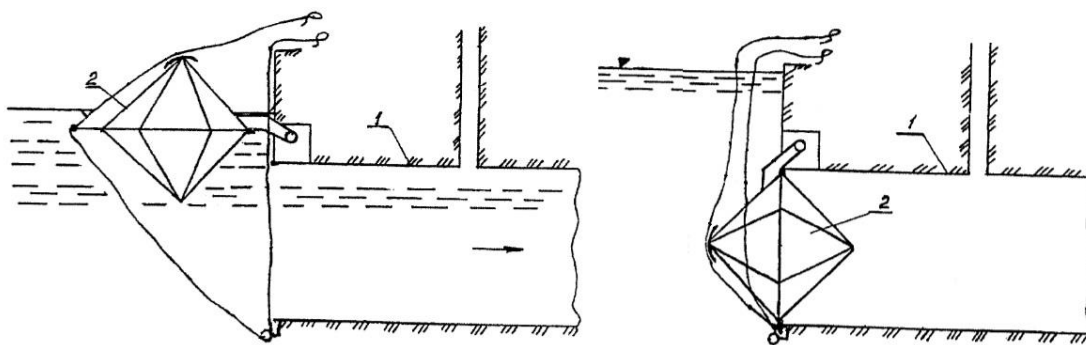


Рис. 5. Глубинный межбьефный затвор [15]

В [16] в качестве вещественного ресурса предложено использовать жидкость специального состава, температура замерзания которой ниже нижней границы температуры окружающей среды при эксплуатации гидротехнического затвора. Такая жидкость подается из расширительного резервуара в камеру уплотняющего элемента, размещенного между обшивкой затвора и закладными элементами. За счет камеры с незамерзающей жидкостью исключается опасность потери эластичности уплотнения и примерзания затвора, и, следовательно, обеспечивается нормальная эксплуатация затвора при отрицательных температурах воздуха.

Потребность в предотвращении воздействия негативных факторов при низких температурах вызвала разработку многочисленных технических решений. В частности, в [17] обозначены мероприятия для обеспечения нормальной эксплуатации затворов в зимний период:

- а) периодический выпуск в воду из размещенных в глубине труб воздушных струй с целью недопущения примерзания льда к обшивке затвора;
- б) обогрев опорно-ходовых частей затворов пропуском по трубам горячей воды или масла, либо использование электрического тока.

Перспективным решением может стать использование такого ресурса, как электрический ток, совместно с композиционным резистивным саморегулирующимся нагревательным материалом на основе битума [18]. Материал предложено составить из токопроводящей фазы, битумного вяжущего и мелкодисперсной минеральной добавки (рис. 6). Такой состав обладает свойством саморегуляции в зоне положительных температур, прост в изготовлении и экономичен при расходовании электроэнергии [19].

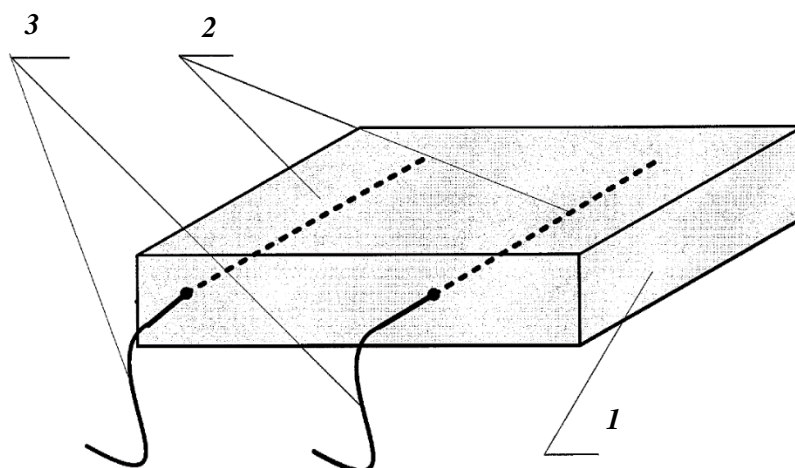


Рис. 6. Конструкция нагревателя: 1 – корпус композиционного электропроводящего материала; 2 – электроды; 3 – токоподводы

Следующее направление инновационных разработок по совершенствованию затворов гидротехнических сооружений можно обозначить как *использование при эксплуатации конструкций затворов полей: гравитационного, механического, теплового, электрического, магнитного, электромагнитного, электростатического и т. п.* Это очень перспективное направление с огромными возможностями. С помощью полей можно и менять геометрические параметры элементов конструкции, и управлять этими элементами, и воздействовать на прилегающую к ним окружающую среду.

Простейшим и самым распространенным примером этого направления является использование гравитационного поля ремонтными затворами. Имеется в виду опускание вертикального затвора в пазах водопропускного отверстия под действием собственного веса. Здесь гравитационное поле действует как приводной механизм для обеспечения перекрытия водосброса.

Способ усиления воздействия гравитационного поля описан в затворе напорного водовода [20]. В этой конструкции затворное устройство снабжено поперечными пригрузочными пластинами, закрепленными на напорной стороне затвора. Эти пластины добавляют массу затвору, а также за счет своего наклона воспринимают нормальную составляющую силы давления воды, что обеспечивает скорейшее опускание затвора (рис. 7).

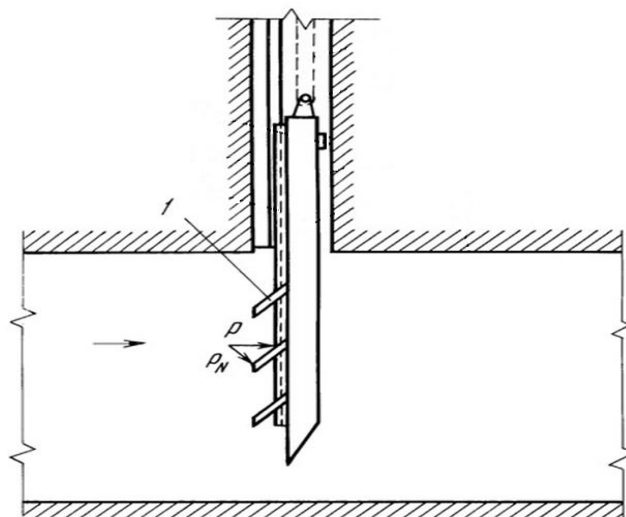


Рис. 7. Затворное устройство напорного водовода: 1 – поперечные пригрузочные пластины [20]

Большая перспективность использования электромагнитных полей следует из результатов исследований по управлению физическими свойствами металлов и сплавов с помощью электрического и магнитного полей, приведенных в [21]. В работе показано, что при кристаллизации под действием постоянного электрического тока происходят структурные изменения в сплавах, что приводит к увеличению твердости и плотности материала. Автором предложен конкретный способ управления процессом формирования фасонных отливок, который также может быть использован и для конструктивных элементов механического оборудования. Способ позволяет управлять агрегатным состоянием изделия, что обуславливает уменьшение неоднородности материала и улучшение его физико-механических свойств [22].

На рис. 8 в дополнение к основным направлениям, представленным выше на рис. 1, приведена классификация рассмотренных дополнительных инновационных высокоинтеллектуальных методов совершенствования затворов гидротехнических сооружений. На диаграмме указаны также комбинированные методы. Эти методы касаются таких технических решений, в которых совместно используются несколько разных подходов.



Рис. 8. Инновационные методы совершенствования затворов гидротехнических сооружений



Примером комбинированного метода использования разнотипных подходов может служить затвор для туннеля [23]. В этой конструкции предусмотрена специальная ниша, в которой на барабане в виде рулона хранится полотно затвора, выполненное в виде гибкого двухслойного полотна (рис. 9).

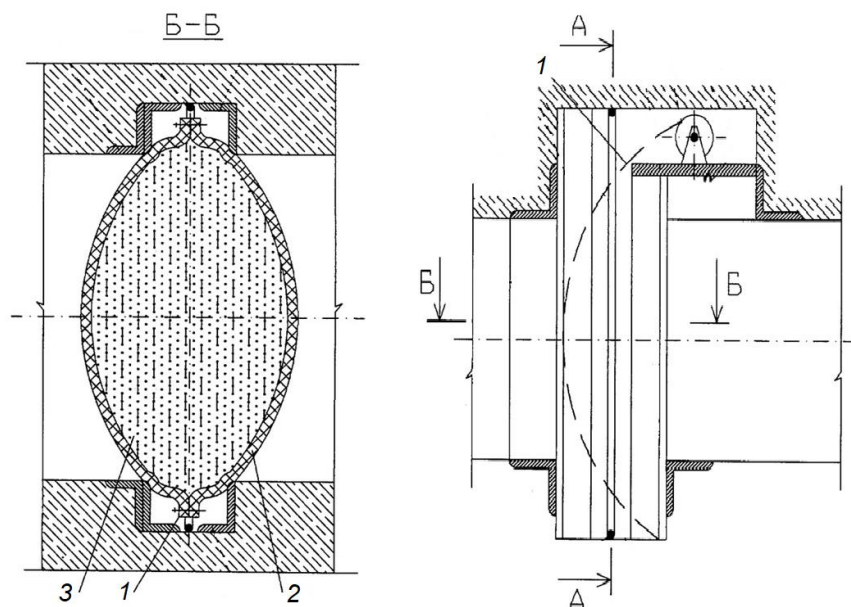


Рис. 9. Затвор туннеля: 1 – полотно затвора; 2 – оболочка полотна; 3 – полость оболочки [23]

При необходимости перекрытия туннеля полотно 1 затвора опускается по направляющим в рабочее положение. Далее, в полость 3 между оболочками 2 полотна закачивается ферромагнитная жидкость. После этого включается соленоид, магнитное поле которого мгновенно воздействует на ферромагнитную жидкость. В результате такая жидкость изменяет свое агрегатное состояние до твердого, и, следовательно, полотно с внутренним содержимым превращается в прочную систему, способную воспринимать внешнее воздействие.

В последнем приведенном примере, как видим, применяются и такие основные методы совершенствования, как новые эффективные формы (форма полотна затвора) и дробление конструкции (выполнение полотна затвора из замкнутых гибких оболочек), а также инновационные подходы – использование магнитного поля.

Рассмотренные методы совершенствования обеспечивают получение различных технологических, экологических, экономических и др. эффектов при создании и эксплуатации затворов гидротехнических сооружений в различных, порой изменяющихся условиях. Это является упрощением эксплуатации, ведет к уменьшению количества технологических операций, повышению точности регулирования сбрасываемого расхода воды и сокращению непроизводительных сбросов воды, повышению надежности срабатывания подвижных элементов затвора, в том числе в зимний период, а также повышению устойчивости конструкции к перекосам, снижению материалоемкости и удешевлению конструкции в целом и т. д.



Таким образом, приведенная систематизация методов совершенствования затворов гидротехнических сооружений и представление их в виде типологии инновационных решений, на наш взгляд, обеспечит системный подход при конструировании рассмотренных сложных систем, а также позволит исследователям и разработчикам конструкций затворов целенаправленно подходить к задачам повышения технико-экономических показателей, надежности при эксплуатации и эффективности применения затворов.

Следует отметить, что сформулированные методы можно считать универсальными и рекомендовать для разработки усовершенствованных конструкций любых других сложных технических устройств.

Выводы:

1. Важнейшим механическим оборудованием гидротехнических сооружений являются затворы. Эти сложные устройства эксплуатируются в различных сложных условиях и практически все они характеризуются своей уникальностью. С целью улучшения эксплуатационных свойств затворов, повышения надежности и экономической эффективности конструкции затворов постоянно совершенствуются.

2. С целью систематизации методов совершенствования затворов целесообразно, наряду с основными направлениями совершенствования, к которым относятся: 1) разработка эффективных геометрических форм основных элементов затворов; 2) разработка эффективных конструкций дополнительных (вспомогательных) элементов затворных устройств; 3) повышение степени динамичности конструктивных элементов затвора и 4) дробление конструкции, дополнительно выделить инновационные подходы: 5) повышение или обеспечение самоуправляемости затвора; 6) использование веществ или вещественных ресурсов; 7) применение при эксплуатации затворов полей; 8) комбинированные методы.

3. Систематизация методов совершенствования конструкций затворов гидротехнических сооружений позволит обеспечить целенаправленный подход при конструировании рассмотренных сложных систем и решении задач повышения технико-экономических показателей, надежности и эффективности применения затворов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гидротехнические сооружения / Л. Н. Рассказов, А. С. Бестужева, В. В. Малаханов [и др.]. – Москва : АСВ, 2011. – 578 с. – ISBN: 978-5-93093-593-6. – Текст : непосредственный.

2. Механическое оборудование гидротехнических сооружений : в 2-х книгах / Г. А. Полонский, Е. С. Любашевский, Б. А. Николаев, А. Р. Фрейшист. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергоатомиздат, 1993. – 253 с. – ISBN 5-283-01241-7. – Текст : непосредственный.

3. Васильев, Ю. С. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций : справочное пособие в 2-х томах. Том 2. Вспомогательное оборудование гидроэлектростанций / Ю. С. Васильев, Д. С. Щавелев. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 336 с. – ISBN 5-283-01988-8. – Текст : непосредственный.

4. Комплексное обследование технического состояния строительных конструкций сооружений Жигулёвской ГЭС / М. И. Бальзанников, В. А. Зубков, Н. В. Кондратьева, В. А. Хуртин. – Текст : непосредственный // Гидротехническое строительство. – 2013. – № 6. – С. 21–27.



5. Козинец, Г. Л. Оптимизация конструкций ригелей переменного профиля гидротехнических затворов / Г. Л. Козинец. – Текст : непосредственный // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 3. – С. 42–46.
6. Бухарцев, В. Н. Нетрадиционный подход к конструированию и расчету затворов гидротехнических сооружений / В. Н. Бухарцев. – Текст : непосредственный // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 5. – С. 45–50.
7. Селезнев, В. А. Полимерные композитные затворы и задвижки для гидротехнических сооружений / В. А. Селезнев, В. В. Богачев, Ф. Н. Улиткин. – Текст : непосредственный // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2021. – № 6 (269). – С. 27–35.
8. Некоторые вопросы разработки и совершенствования механического оборудования и специальных стальных конструкций гидротехнических сооружений / С. В. Леенсон, Д. А. Степанов, А. А. Малеин [и др.]. – Текст : непосредственный // Гидротехническое строительство. – 2005. – № 10. – С. 47–55.
9. Патент № 2604494 Российская Федерация. Ригель плоского поверхностного затвора : бюл. № 34 : заявл. 18.05.2015 : опубл. 10.12.2016 / Бальзанников М. И., Лукин А. О., Ильдияров Е. В., Литиков А. П. – Текст : непосредственный.
10. Бальзанников, М. И. Основные методы совершенствования конструкций затворов гидротехнических сооружений // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2018. – № 12. – С. 94–108.
11. Патент № 2278922 Российская Федерация. Автоматический вододействующий затвор : бюл. № 18 : заявл. 27.06.2005 : опубл. 27.06.2006 / Родионов В. Б., Онипченко Г. Ф., Зюзин А. Г. – Текст : непосредственный.
12. Патент № 2486311 Российская Федерация. Авторегулятор уровня воды верхнего бьефа : бюл. № 18 : заявл. 13.04.2011 : опубл. 27.06.2013 / Захарченко Н. В., Тищенко А. И. – Текст : непосредственный.
13. Патент № 2040634 Российская Федерация. Гидротехнический затвор : заявл. 23.02.90 : опубл. 25.07.95 / Певзнер, Л. Б., Севенард Ю. К., Мищенко С. М., Кузнецов В. Б. – Текст : непосредственный.
14. Бальзанников, М. И. Возведение гидротехнических сооружений для защиты территории города от затопления морскими водами / М. И. Бальзанников, А. А. Михасек. – Текст : непосредственный // Научное обозрение. – 2014. – № 7-2. – С. 612–619.
15. Патент № 2593265 Российская Федерация. Глубинный межбьефный затвор : бюл. № 22 : заявл. 27.04.2015 : опубл. 10.08.2016 / Мажайский Ю. А., Разуванов Г. Р., Биленко В. А., Голубенко М. И. – Текст : непосредственный.
16. Патент № 2272099 Российская Федерация. Способ герметизации отверстий гидротехнических сооружений : бюл. № 8 : заявл. 20.07.2004 : опубл. 20.03.2006 / Рейм В. И. – Текст : непосредственный.
17. Торопов, М. К. Обогрев затворов водозаборного сооружения Кочкорской ГЭС / М. К. Торопов, Е. В. Лозовая, О. Н. Клепачева. – Текст : непосредственный // Вестник КРСУ. – 2005. – Том 5. – № 7. – С. 135–138.
18. Патент № 2237302 Российская Федерация. Композиционный резистивный саморегулирующийся нагревательный материал : заявл. 08.07.2002 : опубл. 27.09.2004 / Бакановичус С. А., Бакановичус Н. С. – Текст : непосредственный.
19. Бакановичус, Н. С. Исследование теплофизических свойств БИТЭЛ для систем обогрева механического оборудования ГЭС / Н. С. Бакановичус, И. Н. Шаталина, И. Е. Григорьев. – Текст : непосредственный // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева. – 2011. – Том 262. – С. 82–90.
20. Патент № 2062319 Российская Федерация. Аварийное затворное устройство напорного водовода : заявл. 01.03.1994 : опубл. 20.06.1996 / Бутин В. П. – Текст : непосредственный.



21. Тимченко, С. Л. Управление физическими свойствами металлов и сплавов с помощью электрического и магнитного полей : специальность 1.3.8. : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Тимченко Светлана Леонидовна ; Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана. – Москва, 2021. – 32 с. – Текст : непосредственный.

22. Патент № 2220816 Российская Федерация. Способ управления процессом формирования фасонных отливок : заявл. 02.07.2001 : опубл. 10.01.04 / Задорожный Н. А., Макеев В. П., Рыбкин В. А., Сидоренков В. В., Тимченко С. Л. – Текст : непосредственный.

23. Патент № 2459961 Российская Федерация. Защитный затвор подземного сооружения : заявл. 04.04.2011 : опубл. 27.08.2012 / Кривенко А. А., Зайцев С. В., Стратийчук Н. Н., Жидкова Т. В., Котусова Е. В., Борисов Б. А., Майков А. Ю., Галушкин В. В., Сидорова Е. В. – Текст : непосредственный.

BALZANNIKOV Mikhail Ivanovich, doctor of technical sciences, professor

INNOVATIVE METHODS OF IMPROVING GATES OF HYDRAULIC STRUCTURES

Samara State University of Economics

141, Sovetskaya Armiya St., Samara, 443090, Russia; e-mail: mibsgasu@mail.ru

Key words: hydraulic structure, hydraulic structure gate, gate design, gate elements, improvement of gate design.

As a result of the analysis of methods for improving gates innovative approaches were identified: increasing self-control, using material resources, using fields and combined methods. Specific examples are given. The proposed systematization of technical solutions will provide a targeted approach when creating gates for hydraulic structures and when solving problems of increasing the technical and economic indicators, reliability and efficiency of gates' usage.

REFERENCES

1. Rasskazov L. N., Bestuzheva A. S., Malakhanov V. V., et al. *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya [Hydraulic structures]*. – Moscow : ASV, 2011. – 578 p. – ISBN: 978-5-93093-593-6.

2. Polonsky G. A., Lyubashevsky E. S., Nikolaev B. A., Freyshist A.R. *Mekhanicheskoe oborudovanie gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Mechanical equipment of hydraulic structures]*. 4-e izd., pererab. dop. – Moscow : Energoatomizdat, 1993. – 253 p. – ISBN 5-283-01241-7.

3. Vasilev Yu. S., Shchhavelev D. S. *Gidroenergeticheskoe i vspomogatelnoe oborudovanie gidroelektrostantsiy [Hydropower and auxiliary equipment of hydroelectric power plants] : spravochn. posobie v 2-kh tomakh. Tom 2. Vspomogatelnoe oborudovanie gidroelektrostantsiy [Auxiliary equipment for hydroelectric power stations]*. – Moscow : Energoatomizdat. 1990. – 336 p. – ISBN 5-283-01988-8.

4. Balzannikov M. I., Zubkov V. A., Kondrateva N. V., Khurtin V. A. *Kompleksnoe obsledovanie tekhnicheskogo sostoyaniya stroitelnykh konstruksiy sooruzheniy Zhigulyovskoy GES [Comprehensive inspection of the technical condition of building structures of the Zhigulevskaya HPP. Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo [Hydrotechnical construction]*. – 2013. – № 6. – P. 21–27.

5. Kozinets G. L. *Optimizatsiya konstruksiy rigeley peremennogo profilya gidrotekhnicheskikh zatvorov [Optimization of crossbar designs of variable profile hydraulic*



valves / *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Hydrotechnical construction]. – 2007. – № 3. – P. 42–46.

6. Bukhartsev V. N. Netraditsionny podkhod k konstruirovaniyu i raschyotu zatvorov gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Non-traditional approach to the design and calculation of valves of hydraulic structures] / *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Hydrotechnical construction]. – 2007. – № 5. – P. 45–50.

7. Seleznev V. A., Bogachyov V. V., Ulitkin F. N. Polimernye kompozitnye zatvory i zadvizhki dlya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Polymer composite gates and valves for hydraulic structures] / *Stroitelnye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* [Construction materials, equipment, technologies of the XXI century]. – 2021. – № 6 (269). – P. 27–35.

8. Leenson S. V., Stepanov D. A., Malein A. A., et al. Nekotorye voprosy razrabotki i sovershenstvovaniya mekhanicheskogo oborudovaniya i spetsialnykh stalnykh konstruksiy gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Some issues of development and improvement of mechanical equipment and special steel structures of hydraulic structures] / *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Hydrotechnical construction]. – 2005. – № 10. – P. 47–55.

9. Patent No. 2604494 Russian Federation. Rigel ploskogo poverkhnostnogo zatvora [Crossbar of a flat surface shutter] / Balzannikov M. I., Lukin A. O., Ildiyarov E. V., Litikov A. P. Zayavl. 05/18/2015; opubl. 12/10/2016. Bull. № 34.

10. Balzannikov M. I. Osnovnye metody sovershenstvovaniya konstruksiy zatvorov gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Basic methods for improving the designs of valves for hydraulic structures] / *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo* [News of higher educational institutions. Construction]. 2018. № 12. P. 94–108.

11. Patent No. 2278922 Russian Federation. Avtomaticheskii vododeystvuyushchiy zatvor [Automatic water-acting shutter] / Rodionov V. B., Onipchenko G. F., Zyuzin A. G. Zayavl. 06/27/2005, opubl. 06/27/2006, bull. № 18.

12. Patent No. 2486311 Russian Federation. Avtoregulyator urovnya vody verkhnego befa [Automatic water level regulator of the upper pool] / Zakharchenko N. V., Tishchenko A. I. Zayavl. 04/13/2011, opubl. 06/27/2013, bull. № 18.

13. Patent No. 2040634 Russian Federation. Gidrotekhnicheskii zatvor [Hydraulic valve] / Pevzner L. B., Sevenard Yu. K., Mishchenko S. M., Kuznetsov V. B. Zayavl. 02.23.90, opubl. 07.25.95.

14. Balzannikov M. I., Mikhasek A. A. Vozvedenie gidrotekhnicheskikh sooruzheniy dlya zashchity territorii goroda ot zatopeniya morskimi vodami [Construction of hydraulic structures to protect the city territory from flooding by sea waters] / *Nauchnoe obozrenie* [Scientific review]. – 2014. – № 7-2. – P. 612–619.

15. Patent No. 2593265 Russian Federation. Glubinny mezhbefny zatvor [Deep inter-beam seal] / Mazhaysky Yu. A., Razuvanov G. R., Bilenko V. A., Golubenko M. I. Zayavl. 04/27/2015, opubl. 08/10/2016, bull. № 22.

16. Patent No. 2272099 Russian Federation. Sposob germetizatsii otverstiy gidrotekhnicheskikh sooruzheniy [Method of sealing openings of hydraulic structures] / Reym V. I. Zayavl. 07/20/2004, opubl. 03/20/2006, bull. № 8.

17. Toropov M. K., Lozovaya E. V., Klepachyova O. N. Obogrev zatvorov vodozabornogo sooruzheniya Kochkorskoj GES [Heating of the gates of the water intake structure of the Kochkor hydroelectric station] / *Vestnik KRSU* [Herald of KRSU]. – 2005. – Vol. 5. – № 7. – P. 135–138.

18. Patent No. 2237302 Russian Federation. Kompozitsionny rezistivny samoreguliruyushchiysya nagrevatelny material [Composite resistive self-regulating heating material] / Bakanovichus S. A., Bakanovichus N. S. Zayavl. 07/08/2002, opubl. 09/27/2004.

19. Bakanovichus N. S., Shatalina I. N., Grigorev I. E. Issledovanie teplofizicheskikh svoystv BITEL dlya system obogreva mekhanicheskogo oborudovaniya GES [Study of the thermophysical properties of BITEL for heating systems of mechanical equipment of hydroelectric power stations] / *Izvestiya Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta*



gidrotekhniki im. B.E. Vedeneeva [News of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering named after. B.E. Vedeneev]. – 2011. – Vol. 262. – P. 82–90.

20. Patent No. 2062319 Russian Federation. Avariynoe zatvornoe ustroystvo napornogo vodovoda [Emergency shutter device of a pressure water pipeline] / Butin V. P. Zayavl. 03/01/1994, opubl. 06/20/1996.

21. Timchenko S. L. Upravlenie fizicheskimi svoystvami metallov i splavov s pomoshchyu elektricheskogo i magnitnogo poleya [Control of the physical properties of metals and alloys using electric and magnetic fields] : spetsialnost 1.3.8 : avtoref. diss. ...doctora tekhnich. nauk // Moskov. gos. tekhnich. un-t im. N.E. Baumana. Moscow, 2021. 32 p.

22. Patent No. 2220816 Russian Federation. Sposob upravleniya protsessom formirovaniya fazonnykh otlivok [Method for controlling the process of forming shaped castings] / Zadorozhny N. A., Makeev V. P., Rybkin V. A., Sidorenkov V. V., Timchenko S. L. Zayavl. 07/02/2001, opubl. 01/10/04.

23. Patent No. 2459961 Russian Federation. Zashchitny zatvor podzemnogo sooruzheniya [Protective gate of an underground structure] / Krivenko A. A., Zaytsev S. V., Stratiychuk N. N., Zhidkova T. V., Kotosova E. V., Borisov B. A., Maykov A. Yu., Galushkin V. V. , Sidorova E. V. Zayavl. 04/04/2011, opubl. 08/27/2012.

© **М. И. Бальзаников, 2024**

Получено: 01.02.2024 г.