

12. Reka Klyazma https://water-ru.ru/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%8B/429/%D0%9A%D0%BB%D1%8F%D0%B7%D1%8C%D0%BC%D0%B0 (data obrashcheniya 17.02.2020)

The material was received at the editorial office
05.03.2020

Information about the authors

Tolkachev Gleb Yurjevich, candidate of geographical sciences, senior researcher

VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, B. Akademicheskaya, 44, korpus 2; e-mail: K-26@mail.ru

Korzhenevsky Boris Igorevich, candidate of geological-mineralogical sciences, senior researcher VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, B. Akademicheskaya, 44, korpus 2; e-mail: 542609@list.ru

Samarin Evgeny Nikolaevich, doctor of geological-mineralogical sciences, professor of geological faculty MSU named after M.V. Lomonosov; 119991, Moscow, GSP-1, Leninskie gory, 1.

УДК 502/504:532.5

DOI 10.26897/1997-6011/2020-2-111-115

И.Е. КОЗЫРЬ, И.Ф. ПИКАЛОВА

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВОДОСЛИВОВ

Цель настоящих исследований – изучение пропускной способности цилиндрических водосливов с учетом возможного подтопления со стороны нижнего бьефа. С гидравлической точки зрения по типу данных водосливов работают вальцовые затворы и наполняемые водой, а иногда и воздухом плотины из мягкой синтетической ткани. Мягкие конструкции широко применяются при строительстве плотин малых напоров. Опыт их строительства и эксплуатации недостаточен, а также отсутствует необходимый объем гидравлических исследований таких плотин. В результате модельных гидравлических исследований были получены коэффициенты расхода m и коэффициенты подтопления $\sigma_{пр}$, необходимые для определения расхода воды. Полученные в работе результаты позволяют рассчитывать пропускную способность цилиндрических водосливов в условиях свободного и затопленного истечения воды. Предлагаемые расчетные зависимости и графики могут быть использованы при проектировании сооружений, работающих по типу цилиндрических водосливов.

Цилиндрический водослив; коэффициент расхода; напор; измерение расхода воды, гидравлические исследования, гидротехническое строительство, мобильные сооружения инженерной защиты.

Введение. Цилиндрические водосливы обычно относятся к водосливам практического профиля криволинейного очертания. С гидравлической точки зрения по типу данных водосливов работают вальцовые затворы и наполняемые водой, а иногда и воздухом плотины из мягкой синтетической ткани (рис. 1). Улучшение экологической обстановки в зоне гидротехнического и мелиоративного строительства, повышение эффективности сельского хозяйства требует создания новых облегченных гидротехнических сооружений из полимерных материалов. За последние 50 лет применение

полимерных материалов значительно расширилось во многих областях строительства. Тканевые плотины с напором до 5 метров могут выполняться из резинотканевых, пленочно-тканевых и пленочных материалов, используемых для создания мягкой, гибкой оболочки. К несомненным преимуществам тканевых плотин можно отнести их относительную дешевизну, простоту монтажа и эксплуатации, короткие сроки строительства, особенно в сравнении со сроками строительства плотин из бетона и железобетона. Все это способствовало внедрению таких конструкций в качестве подпорных сооружений

на малых реках, каналах оросительной и сбросной сети для защиты гражданских и промышленных объектов от затопления.

В настоящее время плотины данной конструкции нашли более широкое применение в практике гидротехнического строительства за рубежом (Индонезия, Китай, США, Португалия). Одна из таких плотин представлена на рисунке 2. В качестве примера из построенных в России плотин такого типа можно привести временную плотину, построенную в 1970 г. в Ростовской области на р. Белая, использовавшуюся для орошения засушливых земель.



Рис. 2. Резиновая плотина в Португалии

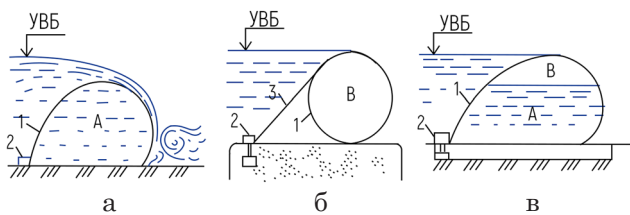


Рис. 1. Схемы тканевых замкнутых оболочек:

- а – водонаполняемая;
- б – воздухонаполняемые;
- в – воздуховодонаполняемые;
- А – вода; В – воздух;
- 1 – оболочка; 2 – анкерный зажим;
- 3 – удерживающее полотнище

Теоретическими и в основном экспериментальными работами Б.И. Сергеева, О.Г. Затворницкого и др. [1-3] было доказано, что так называемые мягкие конструкции могут широко применяться при строительстве плотин малых напоров. Однако опыт их строительства и эксплуатации недостаточен, а также отсутствует необходимый объем гидравлических исследований таких плотин.

Материалы и метод исследования.

Целью настоящих исследований было изучение пропускной способности цилиндрических водосливов с учетом возможного подтопления со стороны нижнего бьефа. Для этого определялись коэффициенты расхода m и коэффициенты подтопления σ_{Π} , необходимые для вычисления расхода воды. Использовался экспериментальный метод исследований. Исследования проводились в лаборатории гидравлики института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова. В стеклянном лотке с нулевым уклоном дна длиной 7.0 м, высотой 0.5 м, шириной 0.3 м устанавливались модели трех цилиндрических водосливов, имеющих диаметры 17, 20 и 25 см. (рис. 3).

При истечении через водосливы при преобладающем влиянии силы тяжести критерием гравитационного подобия служит число Фруда Fr , если при этом движение происходит в автомодельной по числу Рейнольдса области. Согласно данным [4] автомодельность в этом случае наступает при $Re = 10^4$. В наших опытах значения чисел Рейнольдса находились в пределах $Re = (1,05 \dots 6,5)10^4$, что отвечает автомодельности. Значения чисел Фруда на водосливе изменялись в пределах $Fr = 0.05 \dots 0.5$.

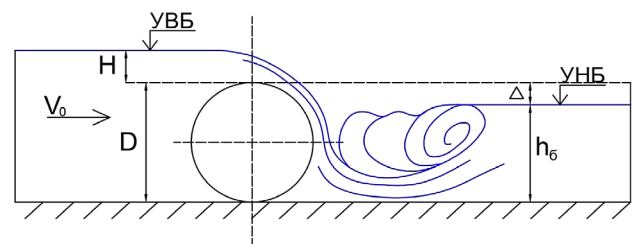


Рис. 3. Схема исследуемой модели водослива

В первой серии опытов водосливы оставались неподтопленными т.е. уровень воды в нижнем бьефе был ниже отметки гребня и не влиял на пропускную способность. При этом коэффициенты расхода m цилиндрических водосливов определялись из основного уравнения для расчета водосливов (при $\sigma_{\Pi} = 1$)

$$Q = \sigma_{\Pi} m b \sqrt{2g H_0^{3/2}}, \quad (1)$$

где $H_0 = H + \frac{\alpha V_0^2}{2g}$ – напор с учетом скорости подхода; σ_{Π} – коэффициент подтопления; m – коэффициент расхода, учитывающий конструктивные особенности водосливов.

Результаты исследований. По результатам анализа и обработки опытных данных был построен экспериментальный

график для определения коэффициента расхода m в зависимости от отношения H/D (рис. 4). Видно, что данные, принадлежащие к цилиндрам разных диаметров, хорошо ложатся на одну экспериментальную кривую. На этот же график были нанесены опытные точки других авторов [5, 6] для сравнения результатов. По результатам исследований были выявлены основные закономерности поведения данной конструкции. При малых значениях H/D водослив работает по схеме истечения через широкий порог и коэффициенты расхода меняются в пределах $m = 0,30...0,42$.

При увеличении напора ($H/D > 0.5$) истечение происходит в соответствии с истечением через водослив практического профиля и $m = 0,45...0,50$.

Близкие по значениям результаты были получены Кашариной Т.П. при исследовании истечения через мягкую плотину [7]. Необходимо продолжить экспериментальные исследования пропускной способности рассматриваемых водосливов в диапазоне изменения отношения $H/D > 0.5$, так как требуется надежная работа плотин при увеличении напоров в период половодий и паводков для предотвращения затопления прилегающих территорий.

Для цилиндрических водосливов получена экспериментальная зависимость для определения коэффициента расхода $m = 0,51(H/D)^{0,21}$.

Вторая серия опытов была посвящена изучению подтопления водослива и проводилась также на трех моделях цилиндрического водослива с разными диаметрами. Водослив практического профиля считается подтопленным при наличии за водосливом надвинутого прыжка и превышении уровня воды в нижнем бьефе над гребнем водослива. В опытах эти условия выполнялись при закрытии жалюзного затвора, находящегося в конце лотка. Подтопленное истечение характеризуется тем, что изменение глубины в нижнем бьефе влияет на измеряемые напоры в верхнем бьефе. Это состояние наступает, когда относительное затопление $\frac{\Delta}{H_0}$ превышает предельное относительное затопление, т.е. $\frac{\Delta}{H_0} > \left(\frac{\Delta}{H_0}\right)_{\text{ПРЕД}}$, где Δ – превышение уровня нижнего бьефа над гребнем водослива.

При подтопленном истечении опытным путем было определено, что величина предельного относительного затопления равна 0,7.

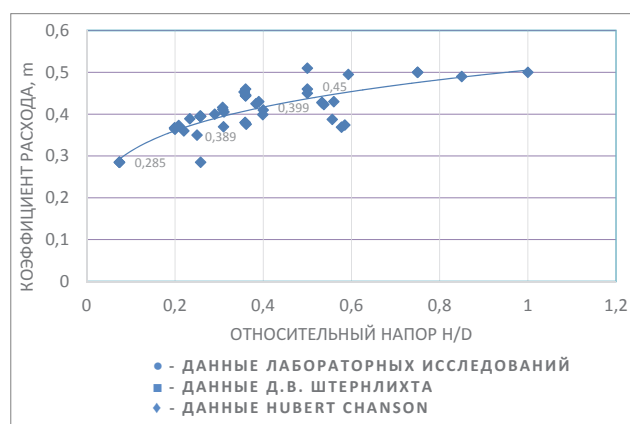


Рис. 4. Зависимость коэффициента расхода от отношения H/D

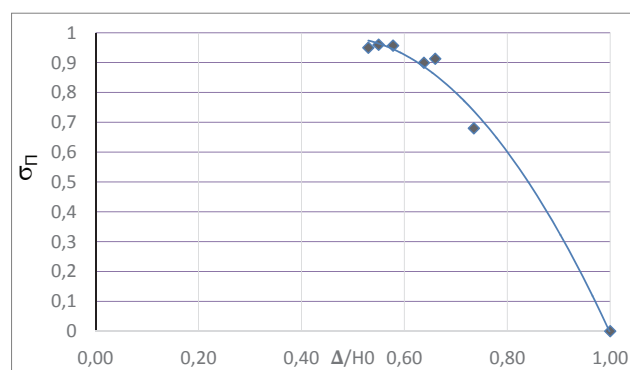


Рис. 5. Зависимость коэффициента подтопления от относительного затопления $\left(\frac{\Delta}{H_0}\right)$

Из уравнения для подтопленного водослива (1) определялись значения коэффициентов подтопления и была построена экспериментальная кривая $\sigma_{\text{П}} = f\left(\frac{\Delta}{H_0}\right)$, представленная на рисунке 5. В результате исследований были получены экспериментальные данные для определения коэффициентов расхода и подтопления цилиндрических водосливов.

Выводы

1. Полученные в работе результаты позволяют рассчитывать пропускную способность цилиндрических водосливов в условиях свободного и затопленного истечения воды.
2. Предлагаемые расчетные зависимости и графики могут быть использованы при проектировании сооружений, работающих по типу цилиндрических водосливов.

Библиографический список

1. Гидротехнические сооружения. Учебник для вузов. Ч. 1. / Л.Н. Рассказов,

В.Г. Орехов, Р.А. Анискин и др. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 576 с.

2. Пятьдесят лет научной школе мягких гидротехнических конструкций / Б.И. Сергеев, В.Л. Бондаренко, В.А. Волосухин и др. // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2 (70). – С. 121-129.

3. **Кашарина Т.П., Кашарин Д.В.** Применение оболочечных конструкций из композитных наноматериалов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 3. – С. 34-40.

4. **Штеренлихт Д.В.** Гидравлика: учебник. – СПб.: Лань, 2015. – 656 с.

5. Hubert Chanson *Hydraulics of Open Channel Flow* / Hubert Chanson. – Elsevier Science, 2010. – 650 с.

6. **Штеренлихт Д.В., Поленина В.А.** Деление расхода при истечении из-под горизонтального цилиндра и одновременном переливе через его верх / Сб. трудов МГМИ. Гидравлика. № 68. – М.: МГМИ, 1981. – С. 90-95.

7. **Кашарина Т.П.** Совершенствование конструкций, методов научного обоснования, проектирования и технологии возведения облегченных гидротехнических сооружений: автореф. дис. ... докт. техн. наук / Кашарина Татьяна Петровна. – М.: 2000. – 57 с.

Материал поступил в редакцию 31.03.2020 г.

Сведения об авторах

Козырь Ирина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент кафедры КИВР и гидравлика, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, Москва, 127550, Прянишникова, 19; e-mail: kozyr_ira@mail.ru

Пикалова Ирина Федоровна, кандидат технических наук, доцент кафедры КИВР и гидравлика, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, Москва, 127550, Прянишникова, 19; e-mail: pikalova.if@mail.ru

I.E. KOZYR, I.F. PIKALOVA

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

STUDY OF CYLINDRICAL SPILLWAYS CAPACITY

The aim of the research is to study the cylindrical spillways capacity taking into account a possible downstream flooding. From a hydraulic point of view, the rolling gates and dams made of soft synthetic material and filled with water and sometimes with air operate similar to such cylindrical spillways. Soft structures are widely used in the construction of dams of small pressures. The experience of their construction and operation is insufficient, and there is no necessary amount of hydraulic research of such dams. As a result of model hydraulic studies there were received flow ratios m and ratios of flooding σ_{II} which are needed to determine water consumption. The obtained results of this work allow calculating cylindrical spillways capacity under the conditions of a free and submerged water flow. The proposed calculated dependencies and diagrams can be used in designing structures operating similar to cylindrical spillways.

Cylindrical spillways; flow ratio; pressure; measurement of water consumption; hydraulic studies, hydro technical construction, mobile facilities of engineering protection.

References

1. *Gidrotehnicheskie sooruzheniya. Uchebnik dlya vuzov. Ch. 1.* / L.N. Rasskazov, V.G. Orekhov, R.A. Aniskin i dr. – М.: Izd-vo ASV, 2008. – 576 s.

2. *Pyatdesyat let nauchnoj shkole myagkih gidrotehnicheskikh konstruktsij* / B.I. Sergeev, V.L. Bondarenko, V.A. Volosukhin i dr. // *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya.* – 2018. – № 2 (70). – S. 121-129.

3. **Kasharina T.P., Kasharin D.V.** *Primenenie obolochennykh konstruktsij iz kompozitnykh nanomaterialov* // *Vestnik Permskogo*

natsionalnogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2017. – Т. 8, № 3. – S. 34-40.

4. **Shterenliht D.V.** *Gidravlika: uchebnik.* – SPb.: Lanj, 2015. – 656 s.

5. Hubert Chanson *Hydraulics of Open Channel Flow* / Hubert Chanson. – Elsevier Science, 2010. – 650 с.

6. **Shterenliht D.V., Polenina V.A.** *Delenie raskhoda pri istechenii iz-pod gorizontalnogo tsilindra i odnovremennom perelive cherez ego verh* / *Sb. Trudov MGMI. Gidravlika.* № 68. – М.: МГМИ, 1981. – S. 90-95.

7. **Kasharina T.P.** Sovershenstvovanie konstruktivnykh metodov nauchnogo obosnovaniya, projektirovaniya i tehnologii vozvedeniya oblegchenykh gidrotehnicheskikh sooruzhenij: avtoref. dis. ... dok. tehn. nauk / Kasharina Tat'yana Petrovna. – M.: 2000. – 57 s.

The material was received at the editorial office
31.03.2020

Information about the authors:

Kozyr Irina Evgenjevna, candidate of technical sciences, associate professor

of the department of KIVR and Hydraulics, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, Institute of land reclamation, water management and building named after A.N. Kostyakov, Moscow, 127550, Pryanishnikova, 19; e-mail: kozyr_ira@mail.ru

Pikalova Irina Fedorovna, candidate of technical sciences, associate professor of the department of KIVR and Hydraulics, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, Institute of land reclamation, water management and building named after A.N. Kostyakov, Moscow, 127550, Pryanishnikova, 19; e-mail: pikalova.if@mail.ru

УДК 502/504:556.18

DOI 10.26897/1997-6011/2020-2-115-122

Н.С. СЕВРЮГИНА¹, А.С. АПАТЕНКО¹, Е.В. ВОЙТОВИЧ^{2,3}

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» г. Москва, Российская Федерация

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), г. Москва, Российская Федерация

РИСКИ ЭКОСИСТЕМЫ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Вопросы оптимизации использования водных объектов и сохранения экосистемы урбанизированных территорий включены в ключевые задачи Национальных проектов и целевых программ федерального уровня. Рассмотрены факторы ухудшения экосистемы при ландшафтно-рекреационном развитии городов и малых поселений. Установлена зависимость между функционально-структурной насыщенностью водохозяйственных комплексов и способностью восстановления экосистемы. Цель: снижение рисков функционирования водохозяйственных комплексов при развитии городов и малых поселений путем разработки механизма управления экосистемой малых рек и водоемов. Методы исследований: исследования базируются на интеграции теории больших систем, теории вероятности с механизмами цифрового регулирования, базовыми моделями булевой алгебры и аналитического анализа. Результаты: обоснована необходимость моделирования урбанистических зон с верификацией технических решений водохозяйственного комплекса, гармонизированного с природной средой. Разработан алгоритм научно-технического сопровождения механизма управления устойчивостью экосистемы. Предложена концептуальная модель контроля рисков развития городов и малых поселений, акцентированная на механизме управления программами реновации инфраструктуры водохозяйственных комплексов с учетом риск-факторного анализа изменения экосистемы. Введение цифрового индикатора, определяющего уровень гармонизированной устойчивости функционирования инженерных систем водоохранного комплекса в природной среде как дополнительного индикатора экономической и экологической деятельности регионов, позволяет создать в функционально-структурном водохозяйственном комплексе механизм управления экосистемой, испытывающей высокую антропогенную нагрузку.

Водохозяйственный комплекс, урбанизированная территория, экосистема, риски.

Введение. Ландшафтный рельеф урбанизированных территорий включает различные водные объекты, технические

и инженерные сооружения, на которых нарушается гармонизированное состояние природной среды. На аналогичные изменения