

Shaft spillway, conjugating knee, headless mode, confuser, consumption, coefficient of hydraulic resistance, flow speed, high-speed pressure, hydraulic radius, energy losses.

References

1. **Ideljchik I. E.** Reference book on hydraulic resistances / Edited by M.O. Shteinberg. – M.: Machinebuilding, 1992. – 672 p.
2. **Guriev A. P., Beglyarova E. S., Dmitrieva A. V., Sokolova S. A.** Investigation of the conjugating knee of a shaft spillway under a head mode of operation // Logistics, transport, environmental engineering: materials of the international conference. – Yerevan: Armenpak, 2015. – 190 p.
3. Scientific substantiation of design solutions of shaft spillway of the unit Jedra: Report NIR: State registration № 01.20.03. 15976. – M.: MSUEE, 2003.
4. **Kaveshnikov N. T.** Hydraulic calculations and designing of shaft spillways. – M.: Energy, 1985. – 120 p.

Received on September 7, 2015.

Information about the authors

Gurjev Alim Petrovich, doctor of technical sciences, professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; FSBEI HE RSAU – MTAA; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19.

Beglyarova Evelina Surenovna, candidate of technical sciences, professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; FSBEI HE RSAU – MTAA; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19.

Sokolova Svetlana Anatoljevna, candidate of technical sciences, associate professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics; FSBEI HERSAU – MTAA; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19. tel.: 8(499)976-21-56; e-mail: sokolovasvetlana@mail.ru.

Khairullin Rinat Abbyasovich, manager of projects; The Construction management of electric installation works, tel.: +7-926-123-16-13; e-mail: schmerz@inbox.ru.

УДК 502/504:627.83

А. П. ГУРЬЕВ, Н. В. ХАНОВ

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

Н. А. МЕЗЕНЦЕВА

Акционерное общество «Институт Гидропроект», Москва

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОСБРОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГИДРОУЗЛОВ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ НАЛИЧИИ ГЛУБОКОГО ВАКУУМА

Статья посвящена анализу работы водосбросных сооружений при наличии глубокого вакуума. Приведены примеры водосбросных сооружений, при работе которых создаются условия для образования вакуума. Актуальность данной статьи заключается в том, что вопрос о влиянии вакуума на работу водосбросных сооружений остается открытым и недостаточно изученным. Авторами проделана большая работа по изучению модельных исследований водосбросных сооружений, проведенных различными учеными. Произведена оценка влияния вакуума на пропускную способность водосбросного сооружения. В статье рассмотрены сооружения, работающие при наличии глубокого вакуума. Представлены результаты модельных исследований вакуума. Дана оценка влияния глубокого вакуума на работу водосбросных сооружений. Все рассмотренные в статье сооружения обладают способностью образования вакуума, превосходящего физически возможную величину. Отмечается, что величина этого вакуума влияет на формирование суммарного напора водопропускного сооружения. Если не учитывать превышение вакуума над физически возможными модельными данными дают завышенное значение пропускной способности сооружения. Отмечается, что на моделях невозможно смоделировать режимы с глубоким вакуумом. Предложены способы повышения достоверности исследований вакуума с помощью моделей сооружений.

Вакуум, разрыв сплошности потока, пропускная способность.

Введение. При проектировании водопропускных сооружений обычно избегают образования вакуумных зон, особенно появление глубокого вакуума. Опыт эксплуатации сооружений показал, что в ряде случаев при образовании вакуума в сооружениях иногда происходят весьма неприятные явления, такие как: кавитации и появление кавитационной эрозии бетона, динамические нагрузки, разрыв сплошности потока, следствием чего является уменьшение пропускной способности сооружения и появление динамических нагрузок. В то же время вакуум является положительным фактором при работе некоторых водосбросных сооружений. Он обеспечивает работоспособность сифонных водосбросов, а на поверхностных водосливах увеличивает пропускную способность.

К сооружениям, в которых создается условие для образования вакуума, относятся: сифонные водосбросы, водосливы с вакуумными оголовками безнапорные, напорные донные водосбросы совмещенных ГЭС-переменной ширины в плане, шахтные водосбросы.

В средней части напорных водосбросов совмещенных ГЭС имеется ключевое сечение с минимальной площадью, в котором образуется вакуум за счет восстановления энергии как в отсасывающей трубе турбины. Так, например, при некоторых гидравлических режимах донного водосброса Нижне-Камской ГЭС [1], в ключевом сечении образуется вакуум, достигающий величины 12 метров водяного столба, если пересчитывать результаты лабораторных

исследований по правилам моделирования по Фрудру, что превышает физически возможный вакуум. Обязательное наличие вакуума наблюдается при работе сифонных водосбросов. В качестве примера можно рассмотреть сифонный водосброс Канакирской ГЭС [2], распределение давлений по водопроводящему тракту которого показано на рисунке 1.

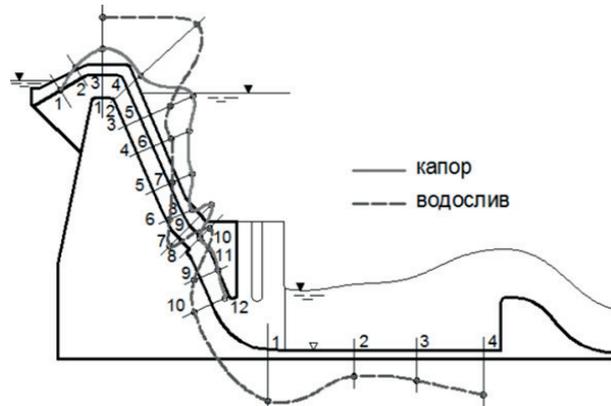


Рис. 1. Сифонный водосброс Канакирской ГЭС

Результаты и обсуждения. Для одного из вариантов наполнения БСР-2 Загорской ГАЭС-2 разработана конструкция сифонного водосброса, показанная на рисунке 2. В связи с большими амплитудами колебаний БСР-1, которые составляют более 11 м, в сифоне неизбежен разрыв сплошности потока при образовании вакуума. В этих условиях неоднозначным является ответ на вопрос о восстановлении работоспособности сифона при последующем повышении уровня воды БСР-1.

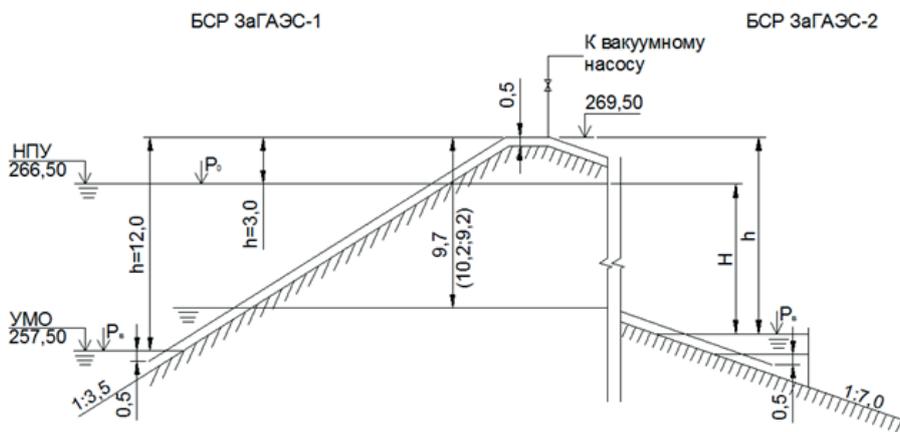


Рис. 2. Сифонный водосброс для варианта наполнения БСР-2 Загорской ГАЭС

Для обеспечения работоспособности сифона после подъема уровня воды БСР-1 в конечном участке сифона установлена емкость, в которой имеется объем воды, достаточный для заполнения нисходящей ветви сифона при его первоначальной зарядке. После понижения уровня воды в БСР-1 на величину, большую физического вакуума, в верхней части сифона в потоке формируется разрыв, величина которого определяется положением минимального уровня БСР-1. При повторном подъеме этого уровня, вместе с ним будут подниматься уровни воды в восходящей и нисходящей ветвях сифона. После их смыкания, восстановится работоспособность сифона.

В рамках данной тематики, также можно рассмотреть вариант конструкции водосброса Рогунской ГЭС с гашением энергии в вертикальной шахте, представленный на рисунке 3.

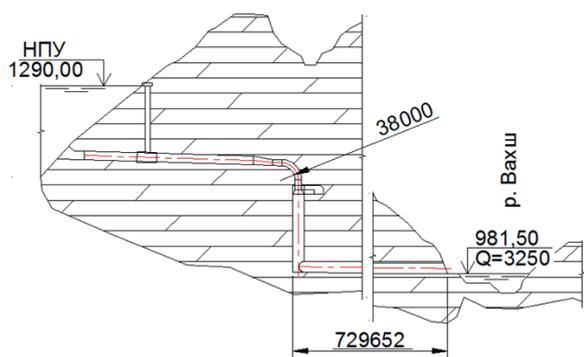


Рис. 3. Продольный разрез по строительному туннелю № 3 Рогунской ГЭС

Исследования этого сооружения были проведены на модели масштаба 1:100 в лаборатории кафедры гидротехнических сооружений Института природообустройства имени А. Н. Костякова ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева. Распределение осредненного гидродинамического давления по высоте шахты на модели в режиме работы водосброса с впуском воздуха 2 % от расхода водосброса показано на рисунке 4. По данному графику видно, что при увеличении расхода, которое влечет за собой увеличение потерь и скорости потока, падает величина абсолютного давления. Величина максимального вакуума, равная 9,2 м, в натурных условиях повлечет за собой прекращение подъема свободной поверхности воды в шахте. Вместе с этим

увеличением расхода остановится и воздух, содержащийся в воде, будет постепенно выделяться и выноситься вместе с водой, что приведет к началу уменьшения давления в шахте. При отсутствии подвода воздуха в шахте будет образовываться абсолютный вакуум. По данным модельных исследований величина этого вакуума может значительно превышать физически возможное значение, если его пересчитывать по законам моделирования.

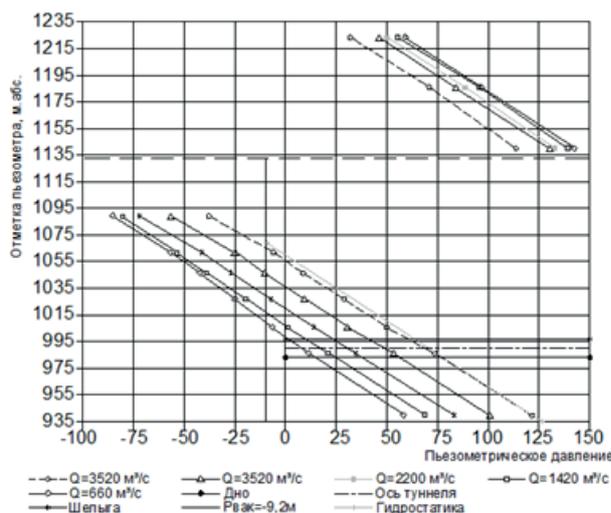


Рис. 4. Распределение осредненного гидродинамического давления по высоте шахты при впуске воздуха 2 % от расхода водосброса

Заключение

Все эти сооружения обладают общим признаком: способностью образования вакуума, превосходящего физически возможную величину. Величина этого вакуума влияет на формирование суммарного напора водопропускного сооружения. Таким образом, если не учитывать это превышение вакуума над физически возможным, модельные данные дают завышенное значение пропускной способности сооружения.

Однако на моделях невозможно смоделировать такие режимы с глубоким вакуумом. Для повышения достоверности исследований вакуумных сооружений на моделях следует учитывать:

разницу аэрации потока на модели и в натуре;

выделение воздуха, растворенного в воде при наличии вакуума;

формирование в натуре двухфазной жидкости, чего невозможно получить на модели.

Поэтому при перерасчете результатов исследований на натуре по законам геометрического подобия необходимо учитывать это обстоятельство. Однако в практике гидротехнического проектирования и изучения сооружений на гидравлических моделях эти явления не нашли отражения в результатах исследований.

Библиографический список

1. Московский гидромелиоративный институт. Лабораторные гидравлические исследования турбинного блока Нижне-Камской ГЭС с вертикальным гидроагрегатом. Технический отчет о результатах исследований № НК – 3. – Москва, 1965.
2. Розанов Н. П. Вопросы проектирования водопропускных сооружений, работающих в условиях вакуума и при больших скоростях потока. – М. Л.: Госэнергоиздат, 1959. – 208с.
3. Туманян В. И. Гидравлика сифонных водосбросов. – М. Л.: Госэнергоиздат, 1949. – 99 с.
4. Леви Н. И. Моделирование

гидравлических явлений. – М., Л.: Госэнергоиздат, 1960. – 235с

5. Лятхер В. М., Прудовский А. М. Гидравлическое моделирование. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 390 с.

Материал поступил в редакцию 12.10.2015.

Сведения об авторах

Гурьев Алим Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19.

Ханов Нартмир Владимирович, доктор технических наук, заведующий кафедрой гидротехнических сооружений; ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44; тел.: 8 (499) 976-00-15; e-mail: vkhanov@yahoo.com.

Мезентцева Наталья Андреевна, аспирантка; АО «Институт Гидропроект»; 125993, г. Москва, Волоколамское ш., 2; тел.: +7-985-484-16-78; e-mail: mezentceva89@mail.ru.

A. P. GURIEV, N. V. KHANOV

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

N. A. MEZENTSEVA

Joint-stock company «Institute Hydroproject», Moscow

ANALYSIS OF USAGE OF SPILLWAYS OF THE HYDRAULIC UNITS OPERATING UNDER HIGH VACUUM

The article is devoted to the analysis of spillways operation under the availability of high vacuum. There are given examples of spillways operation when conditions for vacuum formation are created. The urgency of the given article is connected with the fact that the problem of vacuum influence on the spillways operation is left open and remains not enough studied. The authors have carried out much work on studying model investigations of spillways performed by many scientists. The assessment is made concerning the vacuum influence on the capacity of a spillway structure. The article considers the structures operating under the availability of high vacuum. The results of model vacuum investigations are given. The assessment is given concerning the high vacuum influence on the operation of spillway structures. All the considered structures have a capability of vacuum formation exceeding physically a possible value. It is noted that this vacuum value influences a formation of the total head of the spillway structure. If not to take into consideration the exceeding vacuum over the physically possible one, the model data give the overrated value of the structure capacity. There are proposed methods of a higher reliability of vacuum investigations by means of models of structures.

Vacuum, breakage of the flow continuity, capacity.

References

1. The Moscow hydro meliorative institute. Laboratory hydraulic tests of the turbine block of the Nizhne-Kamsk HPP with a vertical hydraulic unit. Technical

report on the test results No NK – 3. – Moscow, 1965.

2. **Rozanov N.P.** Problems of the spillways designing operating under the conditions on vacuum and high flow speeds. – М. Л.:

Gosenergoizdat, 1959. – 208 p.

3. **Tumanyan V.I.** Hydraulics of siphon spillways. – M. L.: Gosenergoizdat, 1949. – 99p.

4. **Levi N.I.** Simulation of hydraulic phenomena. – M., L.: Gosenergoizdat, 1960. – 235p.

5. **Lyakhter V.M., Prudovsky A.M.** Hydraulicsimulation. – M: Energoatomizdat, 1984. – 390 p.

Received on October 12, 2015.

Information about the authors

Gurjev Alim Petrovich, doctor of technical sciences, professor of the department of

complex usage of water resources and hydraulics; FSBEI HE RSAU – MTAA; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikovo, 19.

Khanov Nartmir Vladimirovich, doctor of technical sciences, head of the department of hydraulic structures; FSBEI HE RSAU – MTAA; 127550, Moscow, ul. Boljshaya Academicheskaya, 44; tel.: 8 (499) 976-00-15; e-mail: vkhanov@yahoo.com.

Mezentseva Natalja Andreevna, post graduate student; AO «Institute Hydroproject», 125993, г. Moscow, Volokolamskoye sh., 2; тел.: +7-985-484-16-78; e-mail: mezentceva89@mail.ru.

УДК 502/504:627.82.034.93

В. Я. ЖАРНИЦКИЙ, Е. В. АНДРЕЕВ

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

ГРУНТОВЫЕ ПЛОТИНЫ КАК ОБЪЕКТ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Прорыв грунтовых плотин происходит всегда неожиданно и стихийно. Поэтому для своевременного оповещения о чрезвычайной ситуации по-прежнему актуальны вопросы совершенствования и разработки систем прогноза риска таких ситуаций. Приводится системный подход к оценке риска аварий грунтовых плотин на основе характеристик, потенциально влияющих на степень поврежденности тела плотины и ее основания, где в поле влияния динамических нагрузок тело плотины рассматривается, как динамическая система, в которой выделяется ряд динамических переменных, характеризующих состояние системы и что величины таких переменных в любой отрезок времени представляются из определенного набора по определенным правилам. Отмечается, что понятие динамической системы есть теоретическая абстракция, как например материальная точка – частица грунта, несжимаемая жидкость, занимающая поровый объем грунта, газ в том же поровом объеме и т. д. Реальные гидротехнические сооружения могут рассматриваться, как динамические системы только в определенном приближении, в той мере, в какой при описании динамики можно игнорировать тонкие детали внутренней структуры грунта и его способности воспринимать приложенные нагрузки.

Низконапорные грунтовые плотины, прорыв плотины, опасность затопления, надежность, динамическая нагрузка, поле влияния, система.

Введение. При значительных достижениях техники и совершенствовании технологии строительства, повышении общего уровня знаний, опыта и технических решений, аварии грунтовых плотин имеют место. Во всех известных случаях разрушений и повреждений плотин, последние были вызваны действием различных объективных и субъективных факторов. К числу первых относят природные стихийные явления: ураганы, катастрофические ливни (паводки), горные обвалы (оползни), землетрясения и др. К субъективным факторам относят ошиб-

ки в проектировании, низкое качество используемых грунтовых материалов, неудовлетворительное качество работ, отсутствие надежных методов контроля, устанавливающих качество текущей работы и отсутствие или ошибки в эксплуатации таких сооружений [2, 3]. Все эти события провоцируют возникновение чрезвычайных ситуаций, дестабилизируют экономику государства, приводят к увеличению пострадавших от таких происшествий и росту прямых и косвенных ущербов.

За последние 10 лет конца прошлого столетия в России от опасных природных и