

ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

УДК 627.83

М. А. Колосов,
А. А. Коношенков

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВОДОСБРОСА ДЛЯ СУДОХОДНЫХ ГИДРОУЗЛОВ

В статье рассматривается система судоходных гидроузлов, расположенных в каскаде канала. Указывается уязвимость близко расположенных гидроузлов при прорыве вышестоящего гидроузла. Приводится краткий обзор устройств, позволяющих производить быстрый сброс воды при перенаполнении водохранилища. Дается описание трубчатого водосброса с площадкой, на которой выполнена грунтовая перемычка-«пробка», обеспечивающая быстрое включение при достижении в водохранилище критического уровня воды. Исследуется фильтрационный режим грунтовой перемычки при воздействии воды. Установлены рациональный профиль грунтовой перемычки и условия её выпора, определяющие время выпора. Фильтрационный режим перемычки определяется с помощью метода электрогидродинамических аналогий (ЭГДА). Сделан вывод о возможности использования на судоходных гидроузлах новой конструкции водосброса, позволяющего избежать разрушения нижележащих ступеней каскада при чрезвычайных происшествиях в верхних ступенях каскада.

Ключевые слова: судоходные гидроузлы, паводок, водосброс, грунтовая перемычка, метод ЭГДА.

Введение

Закон о безопасности гидротехнических сооружений обязывает владельцев, а также эксплуатирующие организации выявлять возможные опасные события [1]. Наиболее опасным событием для судоходного гидроузла является прорыв напорного фронта, который может происходить через ворота шлюза или через грунтовые плотины, сопрягающие голову шлюза с береговыми откосами. В 1994 г. произошла авария на Пермских шлюзах (р. Кама). Как известно, Пермские шлюзы, построенные в 1954 г., состоят из двух ниток, при этом каждая из них состоит из шести камер, разделённых между собой откатными воротами [2]. При входе в первую камеру буксира-толкача типа «Дунайский» были разрушены ворота шлюза. При этом поток воды из камеры и верхнего бьефа разрушил остальные ворота многоступенчатого каскада. Аналогичные аварии с навалом судна на ворота происходили в 2002 г. на Сайменском канале (озеро Сайма — Выборгский залив) [3], в ноябре 2004 г. — на Константиновском шлюзе, а также на Нижне-Свирском шлюзе — в октябре 2001 г. [4]. Вероятности возникновения аварий на шлюзах судоходных путей России, вызванные в основном навалом судна на ворота, по данным источника [5], приведены в следующей таблице:

Вероятность возникновения аварии для некоторых судоходных путей России

Наименование бассейна водных путей	Среднее число аварийных происшествий в навигацию, ед.	Вероятность возникновения аварии в шлюзе
Канал им. Москвы	9,0	0,000095
Волго-Балтийский	4,0	0,000057
Волго-Донской	4,0	0,000035
Волжский	3,0	0,000066
Камский	2,0	0,000150
Беломорско-Онежский	4,0	0,000400

Близкое расположение друг к другу водоподпорных элементов судоходных гидроузлов приводит к постоянной зависимости от вышестоящих гидроузлов. Любой случай прорыва напорного сооружения вышестоящих гидроузлов может быть опасен для нижестоящего гидроузла. Каскад близко расположенных гидроузлов является неотъемлемой частью большинства

судоходных каналов Российской Федерации. Это и Волжский склон Волго-Донского канала, и Северный склон канала им. Москвы (рис. 1, а), и Вытегорский каскад гидроузлов Волго-Балтийского канала (рис. 1 б).

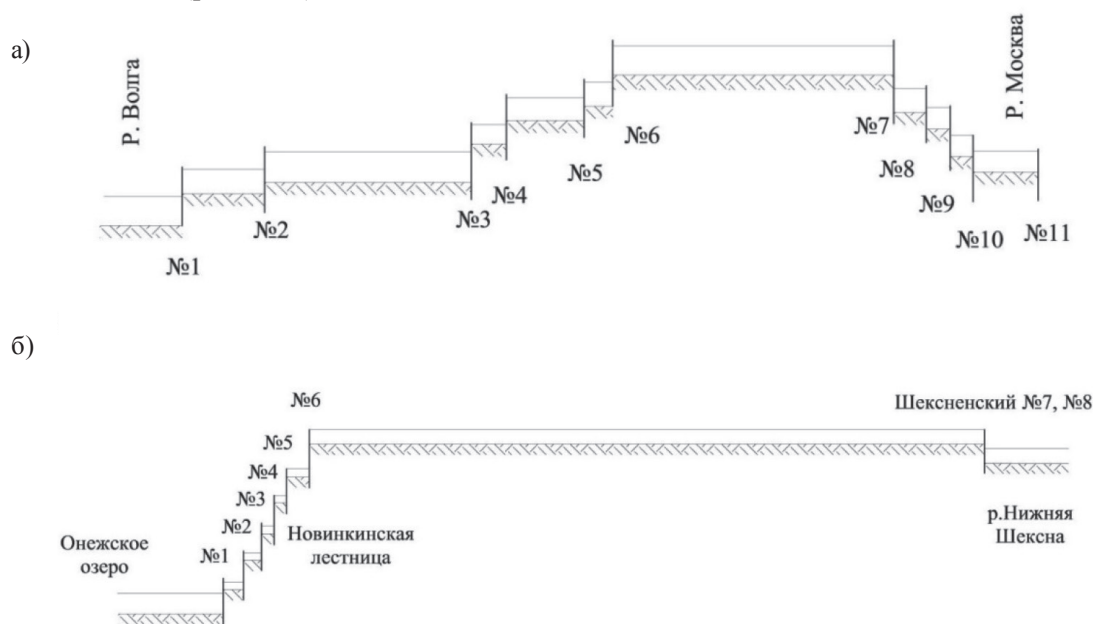


Рис. 1. Продольные профили канала им. Москвы (а) и Волго-Балтийского канала (б)

Часть аварий в шлюзах можно предотвратить с помощью современных систем защиты ворот от навала судов. Например, предложена фрикционная система, содержащая тормозные тележки на стенах камеры шлюза [6], и система заключённых в резиновую оболочку канатов, закреплённых за поворотную стойку на подвижных тележках [7]. Однако разрушение нижних ступеней каскада может произойти не только из-за навала судов на ворота, но и из-за паводков малой обеспеченности. Подход нерасчётного паводка в водохранилищах с малой площадью зеркала может привести к прорыву напорного фронта. Для поступающей сверху волны прорыва во многих судоходных гидроузлах имеется ещё один уязвимый элемент, такой как грунтовые дамбы, сопрягающие верхнюю голову шлюза с берегом. В напорных дамбах, как правило, имеются водоспуски, перекрываемые затворами. Однако их пропускная способность недостаточна, чтобы пропустить волну прорыва, которая мгновенно заполняет короткое водохранилище разделительного бьефа. Кроме того, мгновенность подхода волны прорыва исключает действие механизмов затворов открытие водосброса.

На судоходных гидротехнических сооружениях водных путей России насчитывается 115 напорных грунтовых дамб, каждая из которых может быть разрушена мгновенным паводком. Такой случай произошел на Беломоро-Балтийском канале, где паводок размыл напорную грунтовую дамбу, и поступающая через проран вода затопила машинный зал Маткожненской ГЭС [8]. Мировая практика эксплуатации грунтовых плотин подтверждает, что перелив через гребень плотин является наиболее частым случаем аварий [9]. Установлено, что среди построенных плотин высотой до 30 м пятьдесят было разрушено в результате перелива воды через гребень, при этом вероятность такого события составляет $P = 0,0056 \%$. В числе разрушенных плотин в этот список вошли две аварии, произошедшие на Киселёвской плотине (Свердловская область) и Тельманской плотине (Республика Башкортостан) [10].

Основная часть

Избежать мгновенного переполнения малого водохранилища при прорыве через ворота вышележащего шлюза или из-за нерасчётного паводка можно только в том случае, если в напорном

фронте имеется водослив с автоматической системой открытия. Практика гидротехнических сооружений имеет немало конструкций таких водосливов. Например, автоматические водосбросы на судоходных гидротехнических сооружениях могут выполняться в виде сифонных водосбросов (Сайменский канал). Однако их пропускная способность рассчитана на малые объёмы сброса воды, поступающие в бьеф при шлюзовании. Пожалуй, наиболее широкое применение получила система «Гидроплюс» (Hydroplus), выполненная в виде поворотных затворов (рис. 2). В то время, когда уровни воды не являются критическими, затвор находится в устойчивом положении (см. рис. 2, поз. 1), удерживая своей массой лёгкие колебания уровней. При нерасчётных паводках начинает расти уровень воды, постепенно достигая верха затвора, где находится входное отверстие. Как только вода попадает в отверстие, увеличивается взвешивающее давление (см. рис. 2, поз. 2), а горизонтальная составляющая гидростатического давления начинает переворачивать затвор (см. рис. 2, поз. 3), тем самым позволяя пропустить через него поток воды.

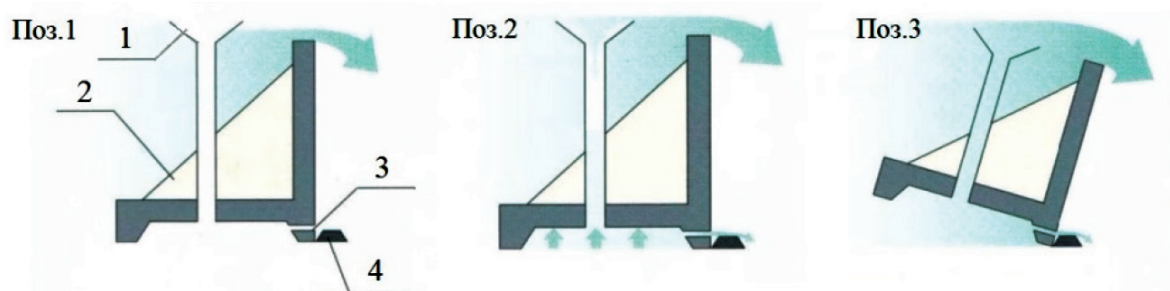


Рис. 2. Принцип работы системы Hydroplus Fusegate:
1 — входное отверстие; 2 — балласт; 3 — дренаж; 4 — опорная балка

Мониторинг затворов системы «Гидроплюс» (Hydroplus) на Хоробровской ГЭС, продолжавшийся на протяжении восьми лет, показал, что затворы системы «Гидроплюс» (Hydroplus) работают надежно в зимних условиях, если через них нет перелива и сброса льда. Колебания уровня в верхнем бьефе не влияют на устойчивость затвора. Однако эти системы затворов располагаются, как правило, на гребне бетонных плотин. Кроме того, для системы «Гидплюс» (Hydroplus) необходим широкий фронт водослива, что приводит к уменьшению пропускной способности, согласно данным источников [11] – [13]. Также автоматический сброс воды возможен через переливную стенку (шлюзы Беломоро-Балтийского канала), однако данные устройства имеют низкую пропускную способность и требуют достаточно широких пролётов водослива. Пропускная способность стенок и затворов системы «Гидроплюс» (Hydroplus) определяется формулой

$$Q = \mu L \sqrt{2gH^{3/2}}, \quad (1)$$

где μ — коэффициент расхода; L — длина водосливной стенки, м; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения; H — напор на гребне водосливной стенки, м.

Для быстрого сброса паводковой воды предлагается трубчатый водосброс с автоматической системой включения при заданном (максимальном) уровне в верхнем бьефе (рис. 3).

Предлагаемое устройство сооружается на береговом участке судоходного гидроузла или в грунтовой дамбе. Устройство включает трубопровод 1 с наклонным 2 и водовыпускным 3 отрезками. В оголовке водоприемного отрезка установлена сороудерживающая решётка 4 или щелевой водозабор. Между наклонным 2 и водовыпускным 3 отрезками трубопровода смонтирована площадка 5. Над площадкой 5 выполнено отверстие 6 для загрузки песчаной перемычки 7, закрываемое крышкой 8. Нижняя поверхность крышки 8 вплотную прилегает к песчаной перемычке 7, что создает надежную пробку для не критических напоров воды. На краю загрузочного отверстия 6 со стороны наклонного отрезка трубопровода установлена поворотная заслонка 9. На дне площадки 5 установлена решетка с геотекстилем, через которую трубопровод сообщается с дренажным колодцем 10, отводящим воду в водобойный колодец 11.

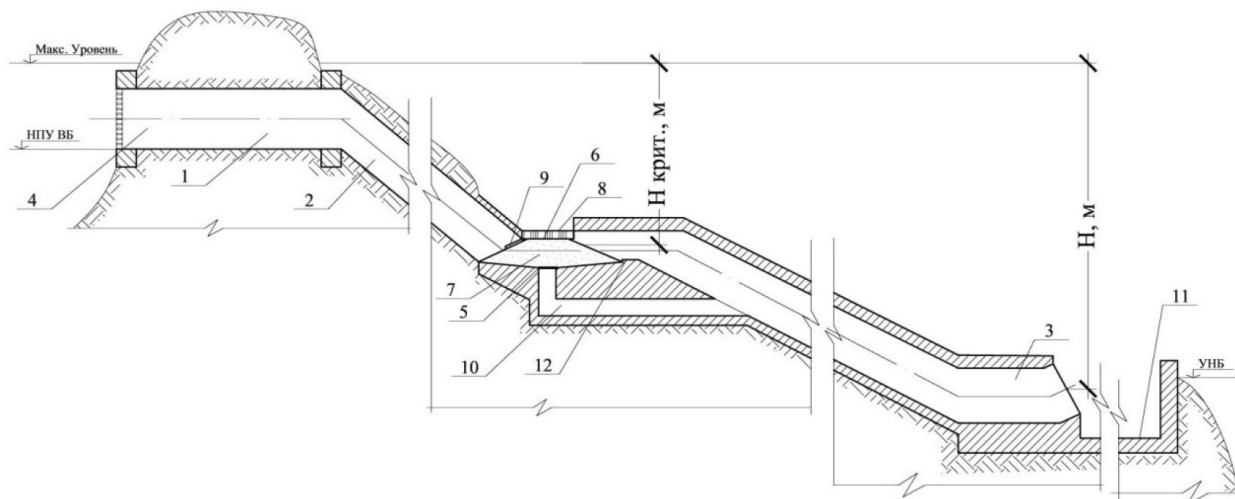


Рис. 3. Продольный профиль водосброса для судоходных гидроузлов: 1 — трубопровод; 2, 3 — соответственно наклонный и водовыпускной отрезки; 4 — сороудерживающая решетка; 5 — площадка; 6 — отверстие; 7 — песчаная перемычка; 8 — поверхность крышки; 9 — поворотная заслонка; 10 — дренажный колодец; 11 — водобойный колодец; 12 — выступ

Для обеспечения возможности устойчивого положения песчаной вставки водовыпускной отрезок трубопровода смонтирован по отношению к площадке с подъемом вверх. Такое конструктивное решение позволяет образовать в нижней части воронку, боковые стенки которой удерживают вставку от размыва при некритических уровнях воды. Кроме того, указанное положение трубопровода обеспечивает рассеивание струи в нижнем бьефе, что позволяет избежать опасных размывов дна в непосредственной близости от водовыпуска. Для обеспечения возможности использования устройства в высоконапорных сооружениях площадка смонтирована в разрыве напорного отрезка 4 трубопровода и ограничена выступом 12, расположенным перед концевой частью указанного участка.

Устройство работает следующим образом. Перед наступлением паводка в трубопровод через отверстие загружают песок, после чего его утрамбовывают и закрывают крышкой. В результате на пути водного потока образуется плотная песчаная вставка. При небольших паводках уровень воды в водохранилище поднимается выше нижнего порога уровня (НПУ), но не достигает критического значения. По мере подъема уровня воды водосброс заполняется водой. При достижении критического уровня вода, поступающая под напором в трубопровод, производит интенсивный размыв песчаного материала, освобождая устройство от песчаной вставки. Поворотная заслонка под действием потока воды поворачивается по течению, не препятствуя пропуску паводкового расхода. Пропускная способность водосброса рассчитывается по формуле

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}, \quad (2)$$

где μ — коэффициент расхода; ω — площадь живого сечения трубчатого водосброса м^2 ; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения; H — напор воды на водосбросе, измеряемый от критического уровня воды в бьефе до центра выходного отверстия водосброса.

Интенсивный сброс начинается при критическом уровне воды и завершается при достижении проектного уровня водохранилища, после чего водосброс прекращает работу. Исследование фильтрационного режима выполнено с помощью метода ЭГДА, для некоторых профилей песчаных перемычек задаются различными геометрическими характеристиками (шириной гребня $b_{\text{гр}}$, высотой перемычки $h_{\text{вст.}}$, углом откоса). Определяют положение линий равных напоров: $0,8h$, $0,7h$, $0,6h$, $0,5h$, $0,4h$, $0,3h$, $0,2h$ [14].

На рис. 4 в качестве примера показан расчёт критического напора $H_{\text{крит}}$ для песчаной перемычки с шириной гребня 4,0 м, высотой перемычки 4,0 м и углом формирования откоса 20° .

После получения линий равных напоров строятся линии тока, проходящие в теле перемычки ниже поворотной заслонки 9.

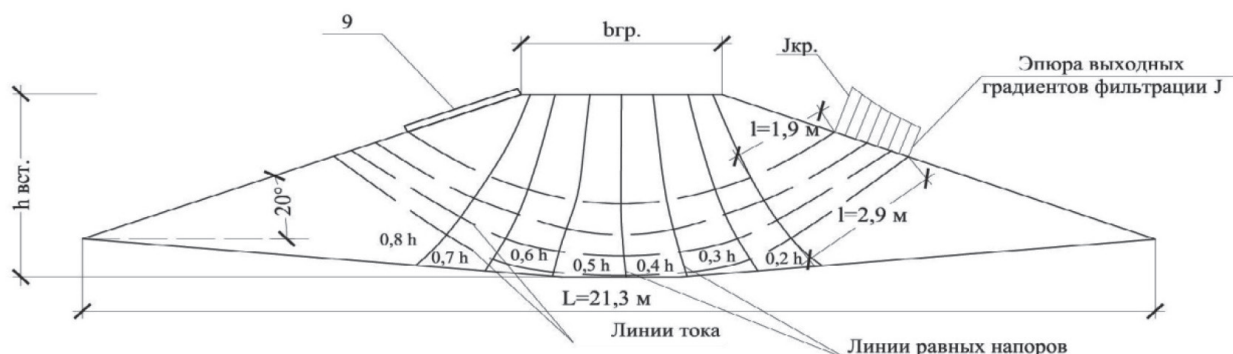


Рис. 4. Фильтрационные свойства песчаной перемычки

По линиям тока гидродинамической сетки строится эпюра выходных фильтрационных градиентов, по которой определяется критический (разрушающий) напор воды. Выходные градиенты фильтрации определяются по формуле

$$J = \frac{0,2h}{l}, \quad (3)$$

где l — длина участка линии тока между линией равного напора $0,2h$ и линией откоса; J — выходной градиент фильтрации.

Так как необходимо найти разрушающий перемычку максимальный напор $H_{\text{крит}}$, зависящий от критического градиента фильтрации $J_{\text{кр}}$, заменяя h из формулы (3) на $H_{\text{крит}}$, а J на $J_{\text{кр}}$, получаем

$$H_{\text{крит}} = 5J_{\text{кр}}l. \quad (4)$$

Согласно СП 39.13330.2012 «Плотины из грунтовых материалов» [15], значение критических средних градиентов напора для мелкого песка соответствуют 0,75, для среднего песка — 1,0. Таким образом, для перемычки из среднего песка критический разрушающий напор $H_{\text{крит}}$ определяется следующим образом:

$$H_{\text{крит}} = 5 \cdot 1 \cdot 1,9 = 9,5 \text{ м}. \quad (5)$$

Для песчаной перемычки с шириной гребня 4,0 м, высотой перемычки 4,0 м и углом откоса 20° из среднего песка $H_{\text{крит}} = 9,5$ м. На рис. 5 даны геометрические характеристики площадки с песчаной перемычкой для конструкции высоконапорного сооружения.

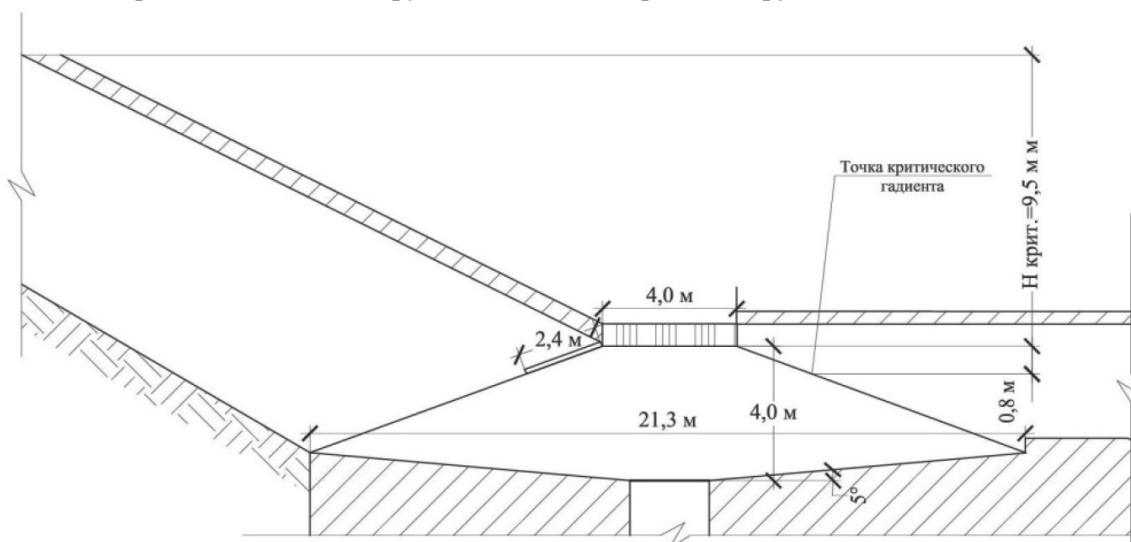


Рис. 5. Геометрические характеристики площадки с песчаной перемычкой

Таким образом, для песчаных перемычек с различными геометрическими характеристиками можно подобрать критический размываемый напор.

Выводы

1. Установлено, что безопасность гидроузлов, близко расположенных в каскаде, зависит от событий, происходящих в вышележащем гидроузле. Наиболее опасным событием является прорыв напорного фронта вышележащего гидроузла, что может быть связано с навалом судна или нерасчётным паводком малой обеспеченности. Эти события могут вызвать цепную реакцию прорывов нижележащих гидроузлов. При паводках или аварийном сбросе вышележащего гидроузла необходимо иметь в напорном фронте «спящий» водосброс, который открывается в случае мгновенного повышения уровня воды в водохранилище. Таким водосбросом может быть трубчатый водосброс с грунтовой пробкой, разрушение которой происходит при критическом уровне воды.

2. Для расчёта условий устойчивости и выпора использованы гидродинамическая сетка фильтрации, по которой рассчитаны выходные градиенты фильтрации и определена их критическая величина. Это позволило определить оптимальные размеры грунтовой перемычки, обеспечивающие устойчивость при колебаниях уровня воды верхнего бьефа и быстрое включение водосброса при достижении критического уровня воды.

3. Для размещения данной конструкции достаточно узкого берегового участка, что позволяет расположить её на небольшом пространстве. Максимальная пропускная способность водосброса ограничивается только напором между ступенями каскада и шириной водосброса, который можно расположить на заданном участке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 117-ФЗ. О безопасности гидротехнических сооружений. — М., 1997. — 8 с.
2. Есиновский В. А. Особенности определения размера вреда жизни, здоровью, имуществу физических и юридических лиц в результате аварий судоходных гидротехнических сооружений / В. А. Есиновский, Г. В. Мельник, Г. Е. Шестов [и др.] // Гидротехническое строительство. — 2009. — № 6. — С. 4–10.
3. Богатырёв В. Г. Анализ воздействия судов на ворота шлюза / В. Г. Богатырёв // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2011. — № 3. — С. 14–17.
4. Нычик Т. Ю. Оценка риска аварий и транспортных происшествий в судоходных шлюзах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.19: защищена 23.12.2015 / Т. Ю. Нычик. — СПб.: ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2014. — 21 с.
5. Нычик Т. Ю. Оценка риска аварии в результате навала судна на ворота шлюза / Т. Ю. Нычик // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2012. — № 2. — С. 18–23.
6. Колосов М. А. О выборе основных элементов в системе защиты ворот шлюза от навала судна / М. А. Колосов, А. А. Смирнов // Гидротехника. XXI век. — 2015. — № 2. — С. 58–61.
7. Колосов М. А. Предохранительные устройства судоходных шлюзов / М. А. Колосов, С. В. Обоймов // Гидротехника. XXI век. — 2013. — № 4. — С. 34–37.
8. Кравцов Я. Авария на карельской ГЭС: затоплен машинный зал [Электронный ресурс] / Я. Кравцов. — Режим доступа: <https://life.ru/t/%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/99104> (дата обращения: 24.04.2016).
9. Стефанишин Д. В. Прогнозирование аварийности проектируемых и строящихся плотин на основе результатов статистического анализа произошедших аварий / Д. В. Стефанишин // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. — 2008. — Т. 251. — С. 3–9.
10. Прудовский А. М. Образование прорана при прорыве земляной плотины / А. М. Прудовский // Безопасность гидротехнических сооружений (БЭС). — М.: НИИЭС, 1998. — Вып. 2–3. — С. 67–79.

11. Луначи М. Э. Затворы системы «Гидроплюс», как фактор повышения безопасности и экономичности гидроузлов / М. Э. Луначи, Г. Ф. Онипченко, В. Б. Родионов // Безопасность энергетических сооружений. — М.: ОАО «НИИЭС», 1998. — Вып. 2 и 3. — С. 89–99.
12. Ковалев С. В. Гидравлические характеристики автоматических вододействующих затворов и обору-дованных ими водосливных плотин: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.07: защищена 15.12.2009 / С. В. Ковалев. — М.: Моск. гос. строит. ун-т, 2009. — 24 с.
13. Classic Fusegate. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://hydroplus.com/hydroplus/hydroplus.nsf/web/hausse_classique.htm&lng=L2 (дата обращения: 24.04.2016).
14. Чугаев Р. Р. Гидравлика (Техническая механика жидкости): учебник для гидротехн. спец. ву-зов. — 4-е изд., перераб. и доп. / Р. Р. Чугаев. — Л.: Энергоиздат, 1982. — 672 с.
15. СП 39.13330.2012. Плотины из грунтовых материалов. — М., 2012. — 87 с.

ENGINEERING SPILLWAY CONSTRUCTION FOR NAVIGABLE HYDROSYSTEM

The article presents navigable hydrosystem, located in the channel cascade. Shows the weakness of hydrosystems that are located close when it bursts. Overviews briefly devices, allowing to make a quick water removing when the water storage reservoir are refilled. Describes the tubular spillway with a platform that had “plug” – a ground cofferdam, that provides quick start when the water storage reservoir reaches the critical water level. The ground cofferdam seepage conditions on exposure to water are investigated. Establishes rational form of section for the ground cofferdam, conditions of its uplift defining the time of uplift. Ground cofferdam seepage conditions are defined by electric analogy method. Makes a conclusion about the possibility of using on the navigable hydrosystem the new spillway, that helps avoid the destruction of tailrace structure during emergencies in the upper development.

Keywords: navigable hydrosystem, flood, spillway, ground cofferdam, electric analogy method.

REFERENCES

1. Russian Federation. Federal law N 117-FZ. 21 July 1997. O bezopasnosti gidrotehnicheskikh sooruzhenij. M., 1997.
2. Esinovskij, V. A., G. V. Melnik, G. E. Shestov, A. I. Cvetkov, I. A. Sekisova, and S. Ja. Shkolnikov “Osobennosti opredelenija razmera vreda zhizni, zdorovju, imushhestvu fizicheskikh i juridicheskikh lic v rezultate avarij sudohodnyh gidrotehnicheskikh sooruzhenij.” *Power Technology and Engineering* 6 (2009): 4–10.
3. Bogatyrvov, V. G. “Analysis of vessels impact on lock gates.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 3 (2011): 14–17.
4. Nychik, T. Ju. Ocenka riska avarij i transportnyh proisshestvij v sudohodnyh shljuzah: Abstract of PhD diss. SPb.: Gos. un-t mor. i rechnogo flota im. S. O. Makarova, 2014.
5. Nychik, T. Ju. “Defining the risk of accident as a result of ship impact on lock gate.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 2 (2012): 18a–23.
6. Kolosov, M. A., and A. A. Smirnov. “O vybore osnovnyh jelementov v sisteme zashhity vorot shljuzy ot navala sudna.” *Gidrotehnika. XXI vek* 2 (2015): 58–61.
7. Kolosov, M. A., and S. V. Obojmov. “Predohranitelnye ustrojstva sudohodnyh shljuzov.” *Gidrotehnika. XXI vek* 4 (2013): 34–37.
8. Kravcov, Ja. Avarija na karelskoj GJeS: zatopen mashinnyj zal. Web. 24 April 2016 <<https://life.ru/t/%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/99104>>.
9. Stefanishin, D. V. “Breakdown forecast of the designing and constructing dams using the statistical analysis results of the previous breakdowns.” *Izvestija VNIIG im. B.E. Vedeneeva* 251 (2008): 3–9.
10. Prudovskij, A. M. “Obrazovanie prorana pri proryve zemljanoj plotiny.” *Bezopasnost gidrotehnicheskikh sooruzhenij (BJeS)*. Vol. 2–3. M.: NIIJeS, 1998: 67–79.
11. Lunaci, M. Je., G. F. Onipchenko, and V. B. Rodionov. “Zatvory sistemy «Gidropljus», kak faktor povyshenija bezopasnosti i jekonomichnosti gidrouzlov.” *Bezopasnost jenergeticheskikh sooruzhenij*. Vol. 2–3. M.: ОАО «НИИЭС», 1998: 89–99.

12. Kovalev, S. V. *Gidravlicheskie harakteristiki avtomaticheskikh vododejstvujushhih zatvorov i oborudovannyh imi vodoslivnyh plotin: Abstract of PhD diss.* M.: Mosk. gos. stroit. un-t, 2009.
13. Classic Fusegate. Web. 24 April 2016 <http://hydroplus.com/hydroplus/hydroplus.nsf/web/hausse_classique.htm&lng=L2>.
14. Chugaev, R. R. *Gidravlika (Tehn. mehanika zhidkosti): Ucheb. dlja gidrotehn. spec. vuzov.* L.: Jenergoizdat, 1982.
15. Russian Federation. Set of rules SP 39.13330.2012. Plotiny iz gruntovyh materialov. M., 2012.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Колосов Михаил Александрович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С.О. Макарова»
kaf_gsk@gumrf.ru
Коношенков Александр Алексеевич — аспирант.
Научный руководитель:
Колосов Михаил Александрович.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С.О. Макарова»
a.konoshenkov@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kolosov Mihail Aleksandrovich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
kaf_gsk@gumrf.ru
Konoshenkov Aleksandr Alekseevich — Postgraduate.
Supervisor:
Kolosov Mihail Aleksandrovich.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
a.konoshenkov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 25 апреля 2016 г.

УДК 656.6; 626.02

К. П. Моргунов

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА В ОСНОВАНИИ И ЗАСЫПКЕ СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрена проблема адекватного выбора исходных данных при формулировании математической модели расчета напряженно-деформированного состояния конструкций судоходных шлюзов. При таких расчетах в качестве исходных данных принимаются характеристики окружающего грунта. Информация об этих характеристиках обычно может быть получена из материалов проекта сооружения. Существующие в России судоходные гидротехнические сооружения проектировались и строились много лет назад. На примере определения характеристик грунтов в засыпке камер шлюзов на двух гидроузлах ФБУ «Волго-Дон», выполненных через несколько лет эксплуатации, исследовано, как в процессе строительства и эксплуатации изменяются характеристики грунтов, окружающих сооружение. Определено, что на свойства грунта оказывают существенное влияние как процесс организации строительных работ по формированию массива засыпки, так и режимы последующей эксплуатации сооружения.

Ключевые слова: судоходный шлюз, напряженно-деформированное состояние конструкций, свойства грунтов, разуплотнение грунта.

Введение

Для оценки прочности, устойчивости и долговечности конструкций судоходных шлюзов (камер и устоев голов) принято проводить расчеты напряженно-деформированного состояния этих конструкций [1], [2]. Виды исходной информации для подобных расчетов:

– конструкция и геометрические размеры камеры шлюза;