

Ю.С ЛАПШИН¹, Н.Ю. ГОЛУБЦОВА²

¹Государственная экологическая академия, г. Киев

²СП “Ланко”, г. Киев

К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ КИЕВСКОГО ГИДРОУЗЛА И ДРУГИХ ВОДОХРАНИЛИЩ ДНЕПРОВСКОГО КАСКАДА

Освещается технология удержания значительной части воды в водохранилище в случае прорыва плотины. Технология предусматривает строительство барьера водотоку из гибких материалов. Конструкция в доаварийном режиме в сложном состоянии закрепляется на дне водохранилища. Она приводится (в момент аварии) в рабочее состояние с помощью пневматических средств. Изложены математические принципы расчета нагрузки на конструкцию.

Введение

Угроза прорыва плотины Киевского водохранилища широко обсуждалась и продолжает обсуждаться средствами массовой информации. К сожалению, официальные лица, причастные к проектированию и эксплуатации этого сооружения, существенно занижают как вероятность этого события, так и его катастрофические последствия, вызывая тем самым большую обеспокоенность у населения [1, 2, 3, 4].

Так, один из главных инженеров проектов Днепровского каскада Бакшеев Е.А. (впоследствии директор проектно-изыскательского и научно-исследовательского института «Укркипробводхоз») на транслировавшемся по телевидению «круглом столе» заверил слушателей, что население, проживающее ниже створа Киевской плотины, даже не заметит аварии, ибо Каневский гидроузел построен с таким расчетом, что Каневское водохранилище может принять дополнительно объем всего Киевского водохранилища. Другой участник этого «круглого стола» успокоил слушателей заявлением, что к настоящему времени объем Киевского водохранилища уменьшился (за счет заиливания) с 3,7 до 1,7 миллиардов кубических метров, и, соответственно, в два с лишним раза уменьшилась угроза.

Но оба эти утверждения ошибочны. Ибо в первом утверждении не учтена динамика. А во втором не принят во внимание тот факт, что донные отложения превращают воду в подвижную жидкость с удельным весом в 1,5 - 1,7 т/м³. И заиливание, в случае аварии, не ослабит, а, наоборот, (как минимум) в полтора раза увеличит разрушающую силу потока. Что и проиллюстрировала Куреневская трагедия 1961-ого года, когда на глазах многих еще ныне живущих киевлян поток воды, утяжеленной взвешенными в ней донными отложениями, из крошечного (в 6500 раз меньшим по объему по сравнению с Киевским водохранилищем) прудика сносил постройки и убивал тысячи людей.

Потенциальная энергия подвешенного над Киевом «Домоклова меча» превышает 40 триллионов килограммометров. И следует учесть, что размыв дамбы (при начальной малой площади отверстия) произойдет стремительно, ибо скорость истечения воды из этого придонного отверстия может достичь 14 м/с.

Цена риска – произведение вероятности аварии - 0,001 (если взять десятилетний период [4]) на сумму материального ущерба от нее. А составляющие данного ущерба: гибель миллионов людей, как от ударной водной волны, так и в результате загрязнения

поймы Днепра и питьевой воды радионуклидами, плюс огромные материальные потери от разрушений и нарушения ритма жизни. В итоге – триллионы гривен, т.е цена риска – многие миллиарды гривен.

Вызывает возражение авторов и современный концептуальный подход к оценке последствий аварий плотин крупных водохранилищ. Рекомендованная в [4, стр.177, 178] методика расчета пригодна только для малых плотин. При моделировании Киевского гидроузла следует (в запас расчета) пренебречь потерями напора (моделирование на базе критерия Фруда), к тому же в условиях катастрофического паводка и в предположении о мгновенном разрушении самой высокой части плотины. Ориентировочные расчеты, которые выполнены авторами при указанных предположениях, говорят о возможности больших разрушений Минского массива, Оболони, Куреневки, Подола, Выдубичей, Корчеватого, Кончи-Заспы и соответствующей (по высотным отметкам) левобережной части Киева.

Ахиллесовой пятой дамбы является дренажная призма. Вызывает сомнение долговечность асбестоцементных труб, заложенных в ее основание.

Вторым уязвимым звеном Киевского гидроузла является общее для всех гидростанций, построенных на мягких грунтах, слабое место – это сопряжение жестких частей конструкции с грунтом в обводненной части сооружения, т.е. в зоне контактной фильтрации. Не следует забывать, что более 80 % всех катастроф гидротехнических бетонных плотин в мире были вызваны дефектами подземного контура. Проблемы с контактной фильтрацией уже имели место на Киевском гидроузле.

И, наконец, следует принять во внимание старение материалов, обусловливаемое коррозией металлоконструкций и арматуры, выщелачиванием, выветриванием и другими процессами.

Материалы и методы исследований. За последние три года авторами было закончено теоретическое обоснование работоспособности недорогого устройства, с помощью которого возможно значительно снизить ущерб от аварии Киевского гидроузла (если такая беда случится).

Суть предложения: разбивка Киевского водохранилища на отдельные зоны, отгороженные одна от другой дноукрепляющими линиями. Например, цементационными завесами или другими приспособлениями, препятствующими смыву илистых и других подвижных донных отложений, который (смыв) будет иметь место в случае внезапного снижения уровня воды водохранилища. Такая мера, как минимум вдвое уменьшит объем вытекшей из водохранилища массы воды. К тому же жидкость будет обладать меньшим (процентов на двадцать- тридцать) удельным весом. С целью удержания в водохранилище при аварии еще больших объемов воды, предлагается сооружение над дноукрепляющими линиями преграды потоку воды из гибкого (кордного) материала [5]. Для исключения помех при пропуске паводка и недопущения уменьшения КПД гидроузла, эта преграда (в сложенном состоянии) закреплена в верхнем бьефе на дне водохранилища. При прорыве плотины устройство приводится в рабочее состояние (с помощью пневматических поплавков) и принимает на себя функции разрушенной дамбы.

Работу устройства иллюстрирует схема (рис.1), на которой представлен поперечный разрез конструкции. Расчетная схема (рис. 2) поясняет вывод дифференциального уравнения, отражающего взаимосвязь координат гибкой поверхности, находящейся под полной нагрузкой, где: Но – глубина водоема, Fx и Fy – проекции на соответствующие координатные оси силы F, разрывающей гибкую поверхность.

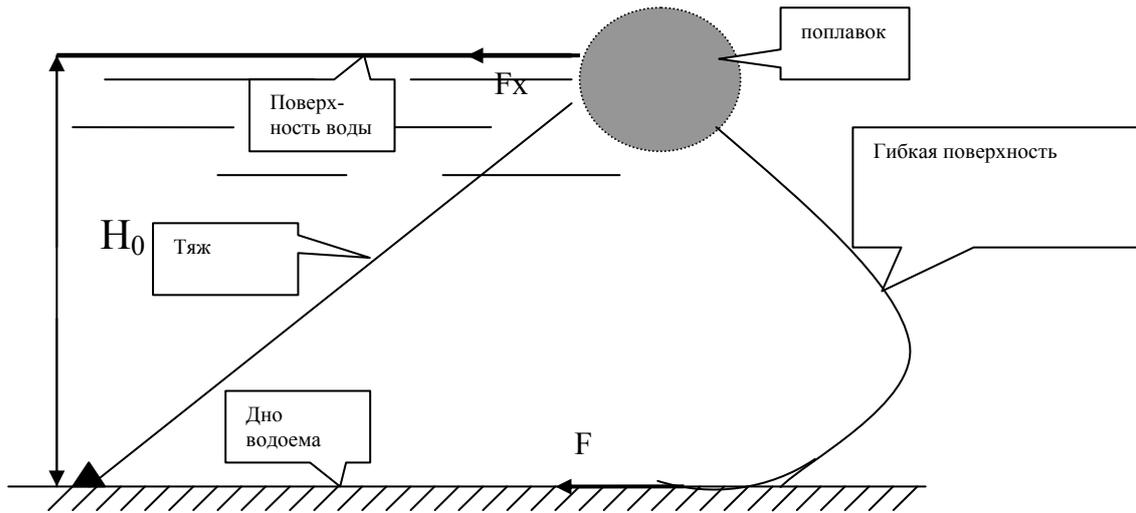


Рис. 1. Схема конструкции

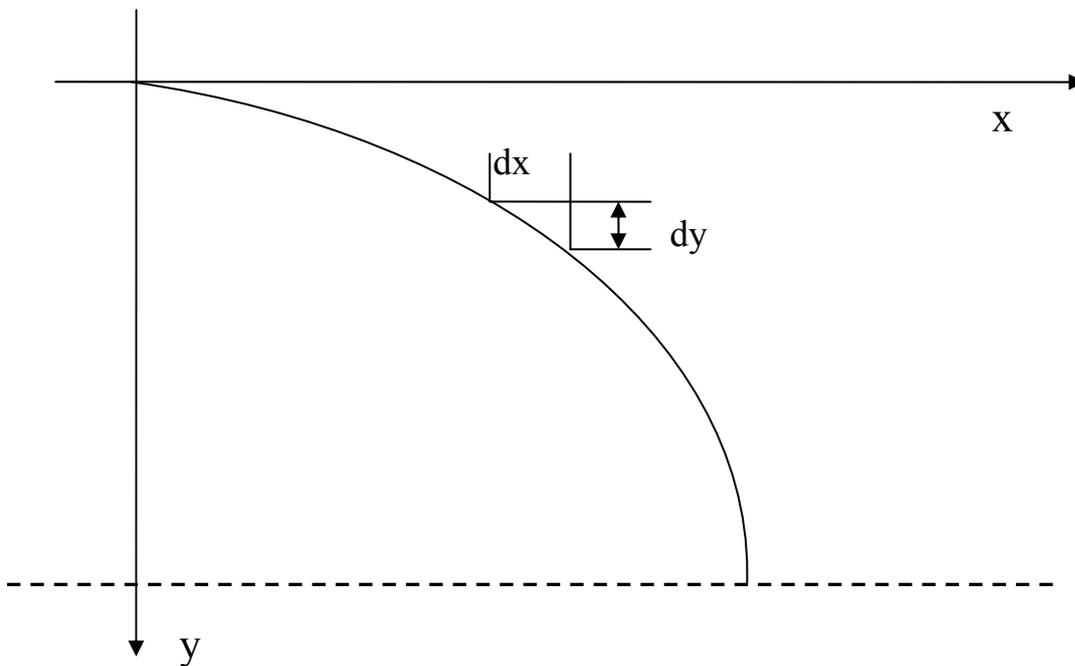


Рис. 2. Расчетная схема

$$y=f(x) \text{ – уравнение гибкой поверхности;} \quad (1)$$

На основании законов гидростатики и теоретической механики:

$$F_x = - F_0 + \gamma (y^2/2) \quad (2)$$

где: γ – удельный вес жидкости; F_0 – значение горизонтальной составляющей силы F в начале координат (y поверхности воды).

Из условий гибкости

$$F_y / F_x = y', \quad (3)$$

$$(F_x)^2 + (F_y)^2 = F^2. \quad (4)$$

Совместное решение этих уравнений приводит к результату:

$$((-F_0 + \gamma(y^2/2))/\sqrt{F^2 - (-F_0 + \gamma(y^2/2))^2}) dy = dx. \quad (5)$$

Интегрирование этого уравнения численными методами с помощью составленных авторами компьютерных программ позволило впервые решить задачу оптимизации технических параметров этой конструкции.

Для полного завершения проекта осталось сделать два заключительных шага:

- решить вопрос фиксации устройства на дне водохранилища. Для этого необходимы сведения о топографии донной поверхности и физических свойствах донных отложений,
- проверить эффективность устройства на натуральных моделях (моделирование по критерию Фруда в гидравлическом лотке).

Вторая проблема

Второй проблемой Днепровского бассейна является преобразование Днепровских водохранилищ в болота с почти нулевой продуктивностью рыбного хозяйства [6, 7]. Разрешением проблемы может оказаться реализация предлагаемого авторами проекта, суть которого – превращение водохранилища в меандрирующую реку с сохранением его полезного объема и площади свободной поверхности.

Смысл предложения поясняет схема с изображением плана водохранилища (рис. 3).

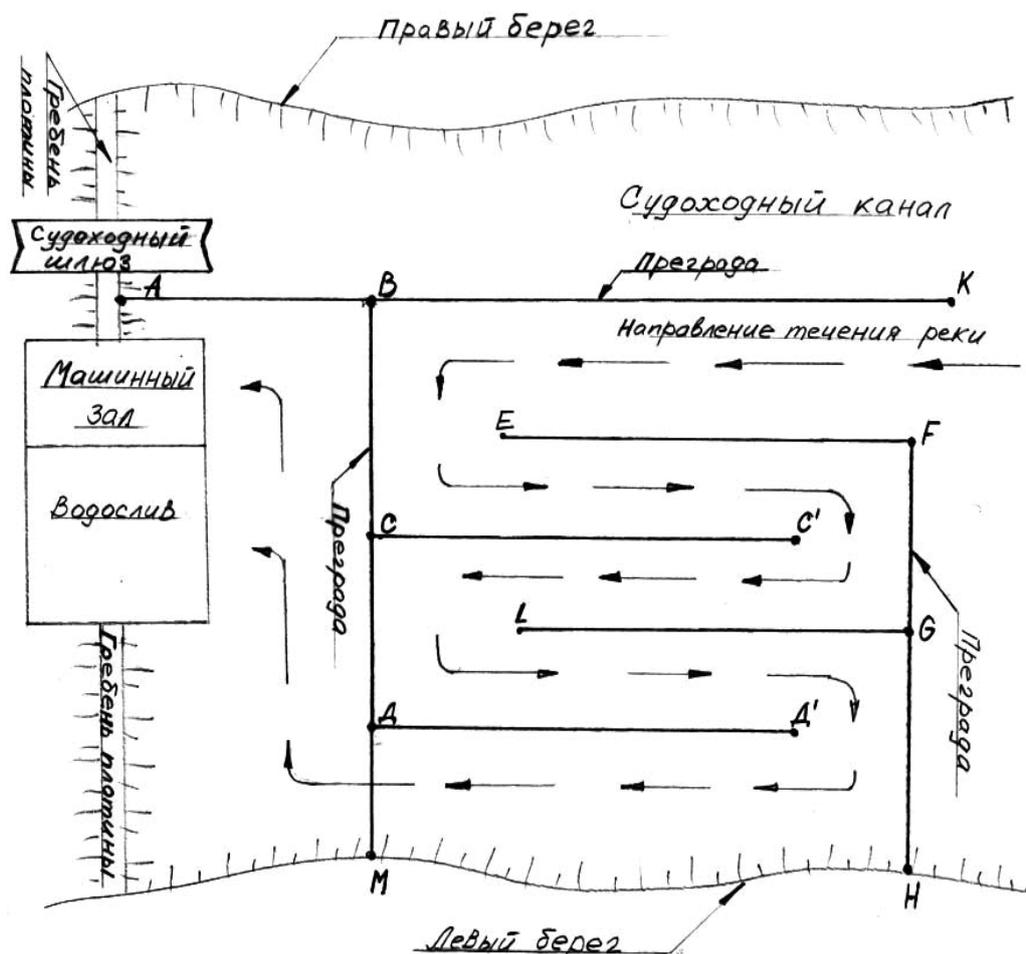


Рис. 3. Схема водохранилища в плане с пятикратным увеличением проточности за счет наличия преград

Преграды, направленные вдоль русла реки – стационарные (глухие). Поперечные преграды (BC, CD, FG и GH) позволяют пропустить через себя (с минимальными

потерями напора) паводковый расход. Эти преграды представляют собой гидротехнические сооружения, обеспечивающие пропуск через них расхода воды, поддержание необходимой разницы напоров и предохранение от размыва прилегающего к ним участка русла. Преграда ДМ в нормальном режиме не функционирует и только в случае аварии гидроузла (с разрушением плотины) приводится в рабочее состояние. В последнем случае вся система преград работает на удержание основной массы воды в водохранилище, т.е. на уменьшение негативных последствий аварии.

Определение оптимальных параметров предлагаемой системы преград

Оптимальными параметрами будем считать такие характеристики, при которых требуемый эффект достигается с меньшими затратами. В нашем случае требуется решить следующую задачу оптимизации. С одной стороны, увеличение площади живого сечения потока жидкости в меандрах уменьшает потери напора по длине течения, т.е. уменьшает потери мощности ГЭС, с другой стороны возрастают капитальные затраты на создание этого искусственного русла (меандр). Пока данная задача решалась в упрощенной постановке. Предполагалось, что продольное течение равномерное и применима формула Шези. Русло трапецидальное с углом бокового откоса и горизонта – 30° . Коэффициент Шези определялся по формуле Н.Н. Павловского при коэффициенте трения равном 0,012. Например, для расхода $2000 \text{ м}^3/\text{с}$ и глубине потока 10 м при скорости течения 1 м/с потери напора на 100 км составили 0,94 м и потери напора на повороте – 0,1 м, а для тех же условий при расходе $1500 \text{ м}^3/\text{с}$ и соответственно скорости 0,75 м/с потери напора на расстоянии 100 км – 0,53 м и на повороте – 0,057 м. При увеличении глубины меандрирующего русла потери напора по длине уменьшатся за счет увеличения гидравлического радиуса и, соответственно, уменьшатся потери гидроэнергетики. А при уменьшении глубины – они возрастут, но уменьшатся затраты на углубление русла.

О целесообразности осуществления проекта

Целесообразность осуществления проекта определяют следующие факторы:

1) Создание в водохранилище искусственных меандрирующих петель увеличит скорость течения воды

$$V_m = 2 \cdot V \cdot N + V,$$

где: V_m – средняя скорость течения воды в меандрирующем русле, V – средняя скорость течения воды в водохранилище до осуществления проекта, N – количество петель. Кроме того, на участках резкого изменения направления течения возникнет поперечная циркуляция, способствующая интенсивному насыщению придонных слоев воды кислородом. Оба этих фактора снижают эвтрофикацию, что обеспечит условия возрождения рыбного хозяйства.

2) Судходство, получив в свое распоряжение судходный канал, избавится от тягот, связанных с опасностью штормов.

3) Оздоровление 70-ти процентов населения Украины за счет улучшения качества днепровской воды.

4) Снятие фобии страха аварии плотины у населения, проживающего в вероятной зоне затопления.

5) Уменьшение в десятки раз цены риска аварии гидроузлов днепровских плотин.

Издержки проекта:

- капитальные затраты на строительство примерно 0,5 млрд грн. на три водохранилища (Каневское, Кременчугское и Каховское),
- потеря мощности соответствующих трех ГЭС примерно на 10%,
- эксплуатационные расходы примерно 3 млн грн. в год.

Выводы

Чрезвычайно высокая цена риска аварий днепровских гидроузлов и негативные процессы, имеющие место в водохранилищах Днепровского каскада требуют разработки и проведения мероприятий, направленных на предупреждение аварий. Необходимо выделение средств или проведение работы по поиску инвестиций для решения затронутых здесь проблем. Желательно проведение конкурса проектов. Авторы надеются, что изложенные ими соображения послужат толчком к поиску путей улучшения ситуации.

1. Філоненко С. 330 тисяч вагонів радіоактивного мулу біля Києва. Газета „Україна і світ сьогодні”, 6-12 листопада 2008 р. – №19 (468).
2. Борейко В.Е. В ближайшие 5 лет будет наводнение, которое смочит все дома на берегах Днепра. Газета «Комсомольская правда в Украине», 16 декабря 2009г.
3. Дмитриев А.Н. Плотины безопасных не бывает: они по замыслу таковы. 2009. <http://www.proza.ru/2009/09/02/81>
4. Ляпичев Ю.П. Гидрологическая и техническая безопасность гидросооружений: уч. пос. М.: РУДН. – 2008. – 222 с.
5. Волосухин В.А., Бондаренко В.Л. Строительные системы охраны водных ресурсов с использованием конструкций из тканевых материалов. Новочеркасск. – 2008.
6. Лянсберг О.В., Костыря Ю.А. Анализ влияния абиотических экологических факторов на экосистему Днепровско - Бугского лимана // Тез. докл. Третий Междунар. экол. форум «Чистый город. Чистая река. Чистая планета». – Херсон. – 2011.
7. Шапар А.Г., Скрипник О.О., Сметана С.М. Проблеми і задачі переводу території басейну р. Дніпро до сталого функціонування. / Тез. докл. Третий Междунар. экол. форум «Чистый город. Чистая река. Чистая планета». – Херсон. – 2011.

Ю.С. Лапшин, Н.Ю. Голубцова

ДО ПИТАННЯ ПРО СТАН КИЇВСЬКОГО ГІДРОВУЗЛА ТА ІНШИХ ВОДОСХОВИЩ ДНІПРОВСЬКОГО КАСКАДУ

Висвітлюється технологія утримання значної частини води в водосховищі у випадку руйнування греблі. Технологія передбачає побудову бар'єру водотоку з гнучких матеріалів. Конструкція в доаварійному режимі в складеному стані закріплена на дні водосховища. Вона набуває (в момент аварії) робочого стану за допомогою пневматичних пристроїв. Викладені математичні принципи розрахунку навантаження на конструкцію.

Yu.S. Lapshin, N.Yu. Golubtsova

ABOUT THE STATE OF KYIV HYDROSYSTEM AND OTHER DNEIPER CASCADE RESERVOIRS

The technology of keeping a large part of the water in the water reservoir in case of breaking the dam was considered. Technology includes building of watercourse barrier from flexible materials. Construction in the pre-accident mode in folded state is fixed on the bottom of the water reservoir. It is work (in the moment of accident) because of pneumatic facilities. Mathematical calculation principles on the construction load were presented.