

тропогенных факторов на социально-экономические проблемы» Рязанский ГМУ. г. Рязань, 2000. – С. 114-121.

3. Сооружения и способы очистки природных и сточных вод. Сб. н. т. ЛИСИ, Ленинград, 1990. – 94 с.

4. Загрязнение окружающей среды и здоровья населения. Материалы международной научно-практической конференции СГМА, Смоленск, 1994. 269 с.

5. Восстановление и охрана малых рек. Бостон – Лондон / пер. с англ; под ред. К. К. Эдельштейна. – М.: ВО. «Агропромиздат», 1989. – 312 с.

6. Ларьков, В.В. (в соавторстве). Экологический и рыбохозяйственный мониторинг существующих прудов и водохранилищ // Материалы международной научно-практической конференции. Горки: РИО БГСХА, 2001. – С. 238-242.

*УДК 627.82.(088.8)*

В.М. Ларьков (БГСХА, г. Горки)

### **ВОДОСЛИВНАЯ ПЛОТИНА С РЕШЕТЧАТЫМ ВОДОСЛИВОМ НА Р. БЫСТРАЯ (20 ЛЕТ ЭКСПЛУАТАЦИИ)**

Водосливная плотина облегченного типа с решетчатой сливной гранью и камерой гашения предложена и исследована в Белорусской сельскохозяйственной академии (В.М. Ларьков А.С. СССР. 1019050). Производственное внедрение конструкции осуществлено в Республике Беларусь по типовому проекту института Белгипроводхоз: "Водосбросы открытого типа на расход воды от 50 до 700 м<sup>3</sup>/с с напором 4-12 м для прудов и малых водохранилищ" (Приказ Минводхоза СССР N 431 от 31.12.1981).

Облегченная плотина новой системы используется в качестве водосброса-водоспуска водохранилищного гидроузла комплексного назначения на р. Быстрая Могилевской области (рисунки 1).

Емкость водохранилища при отметке НПУ – 2 млн. 770 тыс. м<sup>3</sup>; полезная водоотдача из водохранилища – 2 млн. 200 тыс. м<sup>3</sup>; пло-

щадь зеркала при НПУ – 131 га, максимальный напор на сооружение – 8,5 м; расчетный паводковый расход через водосбросное сооружение - 150 м<sup>3</sup>/с.

Водосброс-водоспуск имеет два поверхностных и два донных отверстия шириной по 5 м. Отверстия перекрываются плоскими металлическими затворами с электрифицированными винтовыми подъемниками. Нижний бьеф оборудован водпостом и системой измерения гидродинамических и гидростатических нагрузок на элементы сооружения.

В конструктивном отношении водосливная плотина состоит из напорной стенки- диафрагмы, оголовка-водослива, сливной плиты-решетки, фундаментной плиты, которая со стороны верхнего бьефа имеет удлиненную консоль, а со стороны нижнего бьефа выполнена по типу водобойного колодца. На гребне водосливов установлены плоские металлические затворы, при помощи которых регулируется сброс воды и пропуск плавающих предметов. В напорной стенке-диафрагме имеются донные отверстия для опорожнения водохранилища, пропуска строительных расходов и сброса части паводковых вод. На входе в донные отверстия установлены сорозадерживающие решетки. Между напорной стенкой-диафрагмой, сливной плитой-решеткой и плитой водобоем образуется камера-гаситель.

Плотина такой конструкции обеспечивает сброс воды через гребень, пропуск воды через донные отверстия, а также возможна совместная работа поверхностных и донных отверстий. Гидравлический эффект данной конструкции достигается за счет разделения потока, многократного дробления и соударения струй. Экономический эффект получен за счет сокращения длины водобоя и рисбермы, уменьшения объема тела плотины, рациональности формы и статической модели конструкции.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями определена пропускная способность решетчатого водослива, построенного по координатам Кригера-Офицера. Установлено, что такой водослив, в зависимости от величины (полноты) напора, может работать в вакуумном и безвакуумном режимах. При глубине потока на водосливе, равном профильному напору Нпр, коэффициент расхода  $m = 0,48$ . При напорах на водосливе больше профильного коэффициент расхода увеличивается до  $m = 0,56 - 0,57$ . При подтоплении сливного оголовка со стороны нижнего бьефа вакуумный ре-

жим переходит в безвакуумный. Значения коэффициента подтопления для такого водослива близки к известным, установленным для классических профилей.

Выявлены три режима работы камеры-гасителя: напорный, безнапорный и полунапорный. Режим работы камеры зависит от высоты плотины, глубины воды нижнего бьефа, величины сбросного расхода, соотношения расходов, пропускаемых поверхностными водосливами и донными отверстиями. Для безнапорного режима работы камеры-гасителя характерно сопряжение бьефов в форме самозатопляющегося прыжка.

При напорном режиме работы камеры-гасителя сопряжение бьефов за решетчатой плотиной может быть в виде совершенного затопленного прыжка, или прыжка волны в виде отогнанного прыжка. Наличие камеры-гасителя и решетчатой сливной грани увеличивает интенсивность гашения кинетической энергии сбросного потока по сравнению с совершенным прыжком плоской задачи на 20-35 %. Это дает возможность соответственно уменьшить размеры водобойного колодца.

Предложенная конструкция плотины дает экономию материала (железобетона 1150м<sup>3</sup>) и денежных затрат на 21 %, сокращает срок строительства.

Строительство водосливной плотины велось в течении 1982-1983 г.г. Наполнение водохранилища началось в 1984г. Пропуск расхода р.Быстрая в период строительства земляной плотины осуществлялся через донные отверстия водосброса, начиная с осени 1983 г.

Характерным является зимний период эксплуатации водосброса.

В этот период один из затворов (левосторонний) был приподнят над бытовым уровнем водотока, а второй был опущен под уровень на глубину 0,6...0,8 м. Поэтому левостороннее отверстие работало как водослив с широким порогом, а правостороннее – в режиме истечения из-под цита.

В районе объекта зима 1983-1984 была сравнительно суровой. Максимальные отрицательные температуры достигали 30...32 °С.

Обследование объекта до таяния льда и наступления паводка показали, что камера-гаситель левостороннего (открытого) пролета полностью покрыта льдом толщиной 0,6-0,8 м. При этом в камере остался вмерзший в лед строительный мусор (бревна, доски и т.д.).

Правосторонний пролет камеры-гасителя, с прикрытым донным отверстием был почти полностью свободен от льда, а перед затвором сохранилась майна шириной 0,3-0,5 м.

Такое состояние объекта можно объяснить "аэродинамическим эффектом" т.е. развитием усиленной циркуляции холодного воздуха через открытое отверстие как через аэродинамическую трубу. Это подтвердилось измерением скорости воздушного потока в этой области при помощи анероида.

При отсутствии ветра скорость воздуха в камере достигала 4...6 м/с, вследствие чего происходило более интенсивное охлаждение и замерзание водного потока в левосторонней части камеры.

С наступлением весенней оттепели лед в камере-гасителе растаял в течении двух суток. А с подъемом воды в верхнем бьефе на 1...1,5 м весь строительный мусор был вынесен потоком из камеры-гасителя.

При натурных испытаниях изучались три основных рабочих случая – пропуск бытового расхода только донным отверстием, только поверхностным отверстием и при совместной работе донных и поверхностных отверстий.

Наблюдения в зимний период выявили еще один четвертый особый случай, характерный для пропуска бытового зимнего стока в автоматическом режиме путем перелива воды через верхнюю кромку (гребень) затворов поверхностных отверстий. Этот режим наблюдался достаточно суровой зимой 1984...1985 г.г. при температуре наружного воздуха до -30...-31 гр С. Через водосброс проходил расход от 3 до 5 м<sup>3</sup>/с при толщине сбросной струи на гребне затвора 0,25...0,45 м. При падении струи происходит интенсивная аэрация и дробление потока. По физике явления должно бы произойти обмерзание водослива и балок решетки. Однако природа поступила "мудро". Из замерзшего колодца начался процесс намерзания льда в сторону верхнего бьефа. В результате этого процесса над решетчатой гранью образовался ледяной "козырек", который стал служить термоизоляционным "щитом", предохраняющим сбросную струю от переохлаждения. Между сливным оголовком и ледяным козырьком образуется майна. Она сохраняется в течении всего морозного периода благодаря динамическому и термическому воздействию падающей струи и более теплomu воздушному потоку (пара), восходящему из камеры-гасителя.



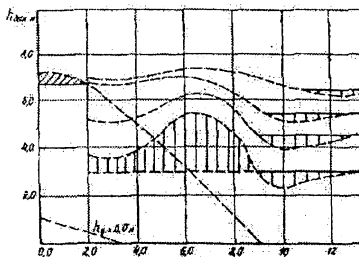


Рисунок 2 – Графики гидродинамического давления на водобой при работе поверхностного водослива:  
 $q=8,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $H_1=10 \text{ м}$ .

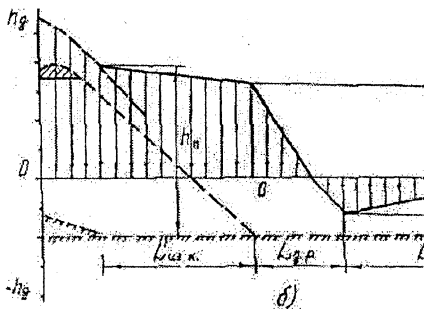
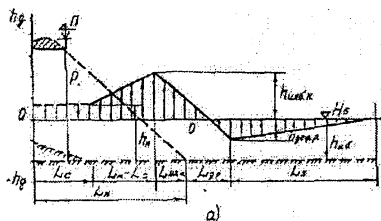


Рисунок 3 – Обобщенные эпюры гидродинамического давления на плиту водобоя при работе поверхностного отверстия:  
 а – безнапорный режим;  
 б – напорный.

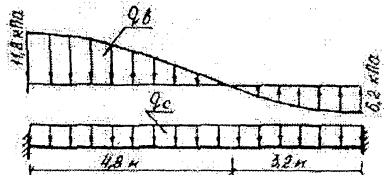
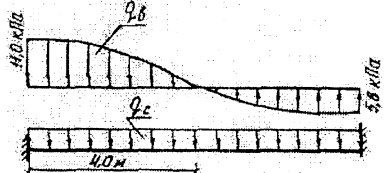
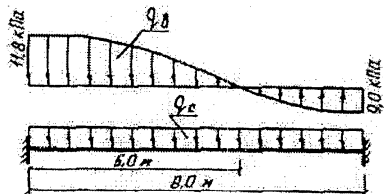
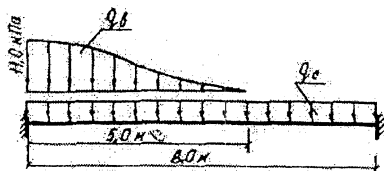


Рисунок 4 – Эпюры гидродинамического давления на элементы давления на элементы решетки: 1 –  $h_{нб} < h_c$ ; 2 –  $h_{нб} = h_c$ ; 3 –  $h_{нб} > h_c$ ; а – по данным модели; б – по натуре ( $H_1=8 \text{ м}$ ).

Наблюдения за гидравлическим режимом работы водосброса при других эксплуатационных случаях подтвердили адекватность натурных и экспериментальных данных.

В целях стабилизации режима камера-гаситель плотина оборудована воздуховодами. Воздуховоды выполнены из металлических труб  $d = 300\text{мм}$  и установлены в разделительной стенке (быке) и в обоих устоях. Т.е. в каждую камеру воздух поступает с двух сторон. Для более равномерного его распределения по ширине камеры в потолке оголовка сделан распределительный канал. Для замера количества воздуха, поступающего в камеру, входное отверстие воздуховодов было оборудовано шторной задвижкой, вакууметром и анероидом.

С помощью вакууметра определялся вакуум в камере, возникающий при закрытии воздуховодов, а с помощью анероидов - измерялась средняя скорость воздушного потока в трубах.

Результаты наблюдений показали, что наибольший вакуум возникает при работе поверхностных отверстий плотины. Максимальное его значение в период наблюдений достигло  $0,3\text{ мм в.ст.}$  При этом скорость воздуха в подводящих трубах составляла  $8,2 \dots 12,5\text{ м/с.}$

При закрытии воздуховодов в нижнем бьефе появляется раскочка потока, периодически происходило повышение и снижение свободной поверхности (глубины) потока на сливной решетке.

Визуальные наблюдения и инструментальные замеры отводящего русла за плотинной с решетчатый водосбросом показали, что за двадцатилетний срок эксплуатации русло практически не претерпело каких либо существенных деформаций. Это факт весьма существенный, если иметь в виду, что в течение ряда лет через створ проходил достаточно высокий паводок ( $P_{10-15}\%$ -ой повторяемости), а также периодически осуществлялся эксплуатационный незапланированный сброс во время профилактических осмотров затворов и в период проведения натурных исследований. При этом следует отметить, что при натурных испытаниях происходил тяжелый неустановившийся режим движения потока. Максимальный сбросной расход в период натурных исследований достигал проектного (расчетного) значения  $Q = 150\text{ м}^3/\text{с.}$

Установлено, что после всего периода эксплуатации практически сохранился начальный (строительный) профиль русла. Незначи-

тельные деформации (размыв до 1,3 м) наблюдался в русловой части по оси пролета.

Модель водосливной плотины ПРК с неоновым оформлением потока (исполнение Минскинжпроект) демонстрировалась на ВДНХ СССР и получила диплом 2-ой степени и награждена серебряной медалью.

Анализируя полученные данные можно сделать следующие выводы:

1. Двадцатилетний период эксплуатации водосливной плотинной с решетчатым водосливом и камерой гашения подтвердил высокую гидравлическую и экономическую эффективность и надежность в эксплуатации.

2. Решетчатая (сквозная) конструкция водослива обеспечивает интенсивное гашение кинетической и пульсационной энергии потока, способствует равномерному его растеканию без сбоя и отрывных течений при достаточно большом (до  $25^0$ ) угле бокового расщирения стенок водобоя-рисбермы.

3. Результаты натурных измерений величины деформации русла в НБ оказались близкими к модельным, что подтверждает достаточную адекватность физического моделирования русловых процессов на участке сопряжения бьефов по предложенной нашей методике [5].

4. Экономический эффект на одном сооружении составил 25...27%

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гидротехнические сооружения. Под ред. доктора техн. наук, проф. Н.П. Розанова, Москва: Агропромиздат, 1985.

2. Студеничников, В.И. Защита от размыва русла нижних бьефов водосбросов. М.: ВНИИ Водгео, 1974.

3. Мирцхулава, В.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. М.: Колос, 1970.

4. Ларьков, В.М. Водопропускные сооружения низконапорных гидроузлов. Минск: Ураджай, 1990.

5. Ларьков, В.М. Моделирование размыва русла за водосбросными сооружениями с учетом критерия размывающей способности потока. Минск: Вышэйшая школа. Т. 15, 1986.