

УДК 627.83  
DOI: 10.36979/1694-500X-2022-22-12-115-119

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПАРАМЕТРОВ

*Н.У. Кайыпова, Б.А. Ботоканова, У.К. Нурудинов, Ж.Г. Мамасалиев*

**Аннотация.** Рассмотрены методы исследований гидротехнических сооружений для определения параметров водозаборных сооружений из горных рек. Проведен расчет устойчивости нижнего бьефа водозаборного сооружения для обеспечения надежности эксплуатации водозабора. Описаны конструктивные особенности и недостатки существующих автоматизированных водозаборных гидроузлов. На основе расчета устойчивости нижнего бьефа водозаборного сооружения рекомендована толщина крепления дна нижнего бьефа и материалы для опояски стенки. Материалы статьи могут быть использованы в проектах по реабилитации и проектированию сооружений малых водохозяйственных систем в горно-предгорной зоне, а также в учебном процессе для студентов, обучающихся по направлению ГТС.

**Ключевые слова:** водозаборные сооружения; устойчивость; эмпирическая информация; математическая модель; напор; нижний бьеф; деформация; тектоника; гидроузел.

---

## ГИДРОТЕХНИКАЛЫК КУРУЛМАЛАРДЫ ИЗИЛДӨӨ МЕТОДДОРУ ЖАНА АЛАРДЫН ПАРАМЕТРЛЕРИН АНЫКТОО

*Н.У. Кайыпова, Б.А. Ботоканова, У.К. Нурудинов, Ж.Г. Мамасалиев*

**Аннотация.** Бул макалада тоо дарыяларынан суу алуучу курулмалардын параметрлерин аныктоо үчүн гидротехникалык курулуштарды изилдөө методдору каралат. Суу алгычтын эксплуатациясынын ишенимдүүлүгүн камсыз кылуу үчүн суу алуучу конструкциянын төмөнкү бассейнинин туруктуулугун эсептөө жүргүзүлгөн. Колдонулуп жаткан автоматташтырылган суу алуучу гидросистемалардын конструкциялык өзгөчөлүктөрү жана кемчиликтери баяндалат. Алуучу конструкциянын ылдыйкы агымынын туруктуулугун эсептөөнүн негизинде ылдыйкы агымдын түбүнүн бекиткичтеринин калыңдыгы жана дубалдын курчоосу үчүн материалдар сунушталат. Макаланын материалдары тоо этектериндеги зоналардагы чакан суу чарба системаларынын курулмаларын реабилитациялоо жана долбоорлоо боюнча долбоорлордо, ошондой эле гидротехникалык курулмалар багыты боюнча окуп жаткан студенттер үчүн окуу процессинде колдонулушу мүмкүн.

**Түйүндүү сөздөр:** суу алуучу курулмалар; туруктуулук; эмпирикалык маалымат; математикалык модель; басым; төмөнкү бьеф; деформация; тектоника; суу түйүнү.

---

## RESEARCH METHODS OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES AND DETERMINATION OF THEIR PARAMETERS

*N.U. Kaiypova, B.A. Botokanova, U.K. Nurudinov, Zh.G. Mamasaliev*

**Abstract.** The paper considers methods for studying hydraulic structures to determine the parameters of water intake structures from mountain rivers. The calculation of the stability of the lower pool of the water intake structure is determined to ensure the reliability of the operation of the water intake. The design features and shortcomings of the existing automated water intake hydrosystems are also considered. The calculation of the stability of the downstream of the intake structure is determined, where, on the basis of this calculation, the thickness of the fastening of the bottom of the downstream and the materials for the wall lining are taken. The materials of the article can be used in projects for

the rehabilitation and design of structures for small water management systems in the mountainous foothill zone and in the educational process of students studying in the GTS direction.

*Keywords:* water intake structures; stability; empirical information; mathematical model; pressure; downstream; deformation; tectonics; hydroelectric.

При проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции гидротехнических сооружений широко применяются различные современные технологии, а использование современных строительных материалов и конструктивных элементов на их основе существенно повышает эксплуатационную надежность и устойчивость гидротехнических сооружений [1].

В мировой практике существуют различные методы и методики расчета для снижения риска аварийных ситуаций надземных и подземных гидротехнических сооружений при сейсмических, деформационных силах и тектонических смещениях с учетом рельефа местности, что становится довольно актуальной задачей, особенно для горных районов [1].

Изучение самых актуальных вопросов применительно к гидроузлам и их сооружениям происходит как в лабораторных, так и в натуральных условиях гидротехнических сооружений, что позволяет обеспечить контроль качества сооружений в период строительства и дальнейшей их эксплуатации [2].

Лабораторные исследования физических моделей водозаборных сооружений, в соответствии существующими методиками исследований, включают в себя следующие эксперименты [3]:

- эмпирическую проверку известной теории;
- составление поискового плана по сбору эмпирической информации для уточнения намеченных вариантов компоновки или конструкций.

При математическом моделировании описываются прогнозирование и анализ физических процессов, развитие событий на натуральных объектах ГТС в виде функциональных зависимостей, которые изучают сущность исследуемых вопросов и включают четыре основных этапа [4]:

- формулирование законов, связывающих основные объекты модели;
- исследование математических задач для создания математической модели;
- определение согласованности установленных закономерностей, которые показывают, удовлетворяет ли принятая гипотетическая математическая модель критерию практики о том, согласуются ли результаты натуральных исследований с теоретическими выводами и количественными параметрами математической модели в пределах точности наблюдений;
- определение корректности задач и модернизации математической модели в с накоплением данных изучаемых процессов или явлений.

Рассмотрим, например, расчет устойчивости нижнего бьефа водозаборного сооружения. Ввиду поднятия порога водозаборного речного пролета над средним дном бытового русла реки  $\Delta P = 1,5 м$ , обусловленного требованиями гарантированного забора воды в канал, стабилизации руслового процесса в подводящем зарегулированном русле, а также во избежание занесения русла в нижнем бьефе сооружения, увеличивается напор гидроузла, а в нижнем бьефе сооружения происходит размыв русла. Для обеспечения безопасных условий работы сооружения от размыва и разрушения производится расчет устойчивости нижнего бьефа [5].

При расчете определяются глубина и длина размыва и устанавливаются отметка низа крепления дна русла и глубина заложения концевой конструкции, подбирается крупность камня для крепления воронки размыва. Расчету размыва предшествует анализ отложения в русле – аллювиальные или скальные грунты, в зависимости от которых назначаются удельные расходы воды водосбросных отверстий [6].

Для аллювиальных грунтов русла удельные расходы рекомендуются принимать в пределах  $qГ = 5 - 15 м^2/с$  на 1 метр, а для скальных грунтов –  $qГ = 15 - 30 м^2/с$  на 1 метр. Удельные расходы зависят от ширины водосбросных отверстий.

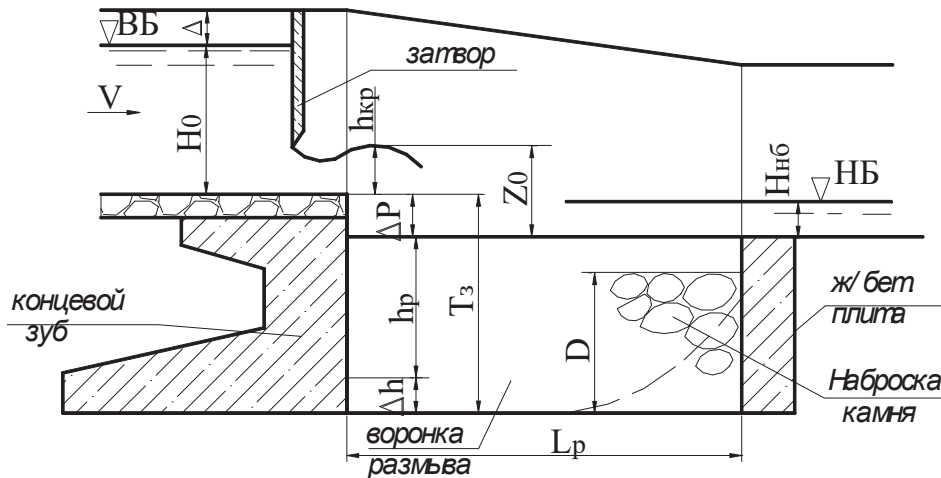


Рисунок 1 – Расчетная схема нижнего бьефа водозаборного сооружения

При принятой величине поднятия порог водосброса  $\Delta P = 1,5$  м и установленной отметке порога, а также глубине воды перед сооружением  $H_0 = 3,2$  м, составляется расчетная схема и производится расчет нижнего бьефа (рисунок 1).

Определяем длину воронки размыва НБ по формуле [7]:

$$L_p = (3,5 \div 5) \cdot \Delta P \cdot \left( \frac{1,2 \cdot q^2}{g} \right)^{1/3}, \quad (1)$$

где  $L_p$  – расчетная длина воронки размыва нижнего бьефа, м;  $\Delta P$  – высота поднятия порога,  $\Delta P = 1,5$  м;  $q$  – удельный расход водосбросного сооружения, при  $Q_{1\%}$  м<sup>3</sup>/с на 1 метр, определяется по формуле:

$$q = \frac{Q_{1\%}}{B_c}, \quad (2)$$

здесь  $Q_{1\%}$  – расход 1 %-ной обеспеченности,  $Q_{1\%} = 58,0$  м<sup>3</sup>/с;  $B$  – ширина водосбросных отверстий, состоящих из речного отверстия, равного 4 м, холостого сброса, равного 6 м, и катастрофического водослива шириной 3 м.

$$B = 4,0 + 3,0 + 6,0 = 13,0 \text{ м},$$

тогда, подставив значения в формулу (2), получим:

$$q = \frac{58,0}{13} = 4,4 \text{ м}^2/\text{с на 1 м};$$

$g$  – ускорение силы тяжести,  $g = 9,81$  м<sup>3</sup>/с, тогда длина воронки размыва будет равна:

$$L_p = 5 \cdot 1,5 \cdot \left( \frac{1,2 \cdot 4,4^2}{9,81} \right)^{1/3} \approx 8 \text{ м}.$$

Определим глубину размыва в НБ по формуле [7]:

$$h_p = \frac{1,8 \cdot q^{0,75} \cdot \Delta P}{g^{0,375} \cdot d_{кр}^{0,5}} \cdot \left( \frac{z_0}{D} \right)^{0,2} \cdot k\mu, \quad (3)$$

где  $h_p$  – глубина воронки размыва в НБ;  $\Delta P$  – высота поднятия порога над средним дном русла,  $\Delta P = 1,5 \text{ м}$ ;  $q$  – удельный расход отверстия водосброса, при  $Q_{1\%}$ ,  $\text{м}^2/\text{с}$  на 1 метр;  $q\Gamma = 14 \text{ м}^2/\text{с}$ ;  $q = 14,5 \text{ м}^2/\text{с}$  на 1 п. м;  $d_{кр}$  – диаметр камня для крепления воронки, определяется по формуле [7]:

$$d_{кр} = 0,38 \cdot \sqrt[3]{q^2} = 0,38 \cdot \sqrt[3]{4,4^2} = 1,06 \text{ м}; \quad (4)$$

$Z_0$  – величина перепада, с учетом скорости подхода, определяется по формуле:

$$Z_0 = \Delta P + 1,5 \cdot \left( \frac{q^2}{g} \right)^{1/3} - H_0 = 1,5 + 1,5 \cdot \left( \frac{4,4^2}{9,81} \right)^{1/3} - 3,2 = 1,92 \text{ м}; \quad (5)$$

здесь  $H_0$  – глубина воды в верхнем бьефе с учетом скорости подхода:

$$H_0 = 3,2 \text{ м};$$

$D$  – толщина крепления воронки размыва, определяется по формуле:

$$D = 2 \cdot d_{кр} = 2 \cdot 1,06 \approx 2,5 \text{ м}; \quad (6)$$

$k\mu$  – коэффициент, учитывающий весовое содержание наносов в потоке,  $k\mu = 0,8$ .

Тогда глубина размыва воронки будет равна:

$$h_p = \frac{1,8 \cdot 4,4^{0,75} \cdot 1,5^{0,375}}{9,81^{0,375} \cdot 1,06^{0,5}} \cdot \left( \frac{1,92}{2,5} \right)^{0,2} \cdot 0,8 = 2,47 \approx 2,5 \text{ м}.$$

Высота концевого зуба равна:

$$T_3 = \Delta P + h_p + \Delta h = 1,5 + 2,5 + 1,0 = 5 \text{ м}. \quad (7)$$

Для предотвращения размыва дна нижнего бьефа принимаем крепление воронки размыва нижнего бьефа на длину 7,5 метра крупногабаритным камнем с условным диаметром  $d_{кр} = 1,2-1,5 \text{ м}$ . В конце предусматриваем ж/бетонный опоясок-стенку  $t = 1,0 \text{ м}$  (рисунок 2).

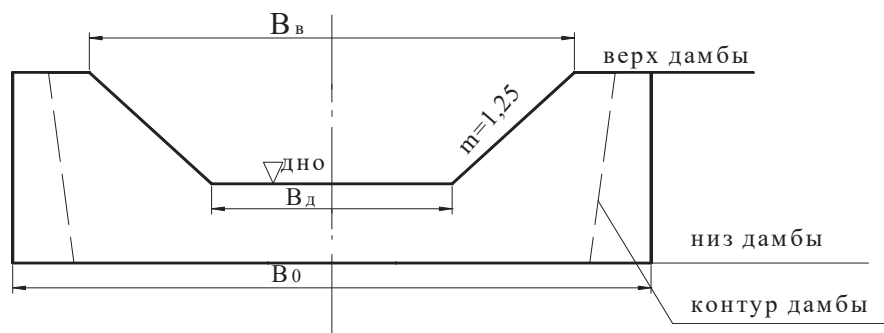


Рисунок 2 – Расчетная схема опояска-стенки

Водобой водосбросного отверстия крепим тесаным камнем  $d = 0,6$  м во избежание истирания наносами.

Опоясок копирует форму поперечного сечения русла с учетом толщины крепления и закладывается на глубину строительной высоты дамбы.

**Выводы.** Таким образом, на основании расчета устойчивости нижнего бьефа водозаборного сооружения приняты: толщина крепления дна нижнего бьефа и материалы для опояска-стенки.

Поступила: 15.06.22; рецензирована: 27.06.22; принята: 29.06.22.

#### *Литература*

1. *Лавров Н.П.* Расчёт и проектирование узла энергетических сооружений малой ГЭС: метод. указания по курсовому и дипломному проектированию / Н.П. Лавров, Г.И. Логинов. Бишкек, 2007.
2. *Лавров Н.П.* Проектирование гидросооружений деривационной ГЭС, подбор основного силового оборудования: метод. указания к курсовому и дипломному проектированию / Н.П. Лавров, Г.И. Логинов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2008. 112 с.
3. Исследование и расчет новых конструкций автоматизированных горных водозаборов и водозаборов-переходов / И.К. Рудаков // Информационный листок № 44(477). Фрунзе: КиргИИТИ, 1968.
4. *Абакумов А.И.* Этапы математического моделирования / А.И. Абакумов. Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуза, 1997. 19 с.
5. *Волков И.М.* Проектирование гидротехнических сооружений / И.М. Волков, П.Ф. Кононенко и др. М.: Колос, 1977.
6. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны / под ред. Н.П. Лаврова. Бишкек: Салам, 2009. 504 с.
7. *Логинов Г.И.* Гидравлические процессы при водозаборе из малых горных рек / Г.И. Логинов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2014. 194 с.