



ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Рассмотрены вопросы восстановления и реконструкции малых ГЭС на территории Украины. Гидрологические процессы фильтрации воды через отдельные виды сооружений гидроэлектростанции – основной фактор, влияющий на безопасность и надежность плотины. Особо внимания требует контроль технического состояния самой плотины, состояния водосливных сооружений, а также аварийных водосбросов. Геологические условия местности, в свою очередь, являются одним из основных факторов, влияющих на конфигурацию, расположение и компоновку малой ГЭС.

К л ю ч е в ы е с л о в а: гидрология, гидроэлектростанция, фильтрация, реконструкция.

В настоящее время вопрос о восстановлении и реконструкции существующих малых гидроэлектростанций на территории Украины приобретает все большее и большее значение. Необходимость ввода в эксплуатацию малых ГЭС вызвана нехваткой энергетических мощностей, особенно – регулирующих.

Во времена СССР по всей территории Союза было построено около 1,5–2 тыс. малых гидроэлектростанций, третья часть из которых располагается на множестве малых рек Украины. На сегодняшний день успешно функционируют меньше 100 станций. Остальные станции заброшены, оборудование выведено из строя и разграблено, гидротехнические сооружения постепенно разрушаются. Особую тревогу и опасность вызывают заброшенные безнадзорные плотины, которые в течение длительного времени не контролируются с точки зрения фильтрационного состояния, особенно при повышенных напорах.

Реконструкция и восстановление малых ГЭС в основном затрагивает строительную и силовую части гидроузла, а именно: плотины, водоприем-

ники, водозаборные сооружения, водосбросы, трубопроводы, здания малых ГЭС, гидроэнергетическое и механическое оборудование.

Одними из основополагающих факторов, которые непосредственно оказывают влияние на технологию и ход реконструкции малых ГЭС, являются гидрологические условия рек и геологические условия местности.

Понятие гидрология объединяет в себе такие разделы как «гидрология суши», «гидрология рек» а также «инженерная гидрология». Наибольший интерес для проектирования и реконструкции МГЭС имеют данные о расходах воды в реках, которые являются основой всех расчетов использования и регулирования речного стока, которые абсолютно необходимы для проектирования оборудования. Измерения режима рек позволяют создавать математическую модель речного стока. Такая модель дает возможность анализировать закономерности стока рек с момента начала измерений и до момента начала эксплуатации, реконструируемой МГЭС. Данные многолетних гидрологических измерений, сведенные в хронологический график расхода воды в реках,

называется гидрографом (Рис. 1). Важным условием можно считать то, что при проектировании и восстановлении МГЭС необходимо руководствоваться среднееголетним распределением расхода воды в реке в течение года. Данные гидрографа о межени, паводках и половодьях реки являются базовыми при восстановлении гидроузла для расчета мощности ГЭС и количества турбин.

В отличие от больших рек малые реки не вызвали особого интереса своим энергетическим потенциалом и гидрологией, чем объясняется отсутствие гидрографов у большинства малых рек Украины. Этот фактор значительно усложняет

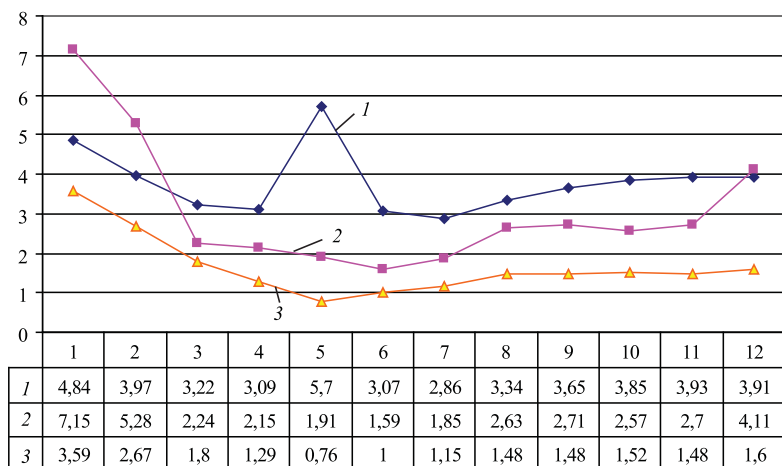


Рис. 1. Гидрограф р. Ятрань

1 – Среднеегодоводный; 2 – Среднееголетнее распределение стока;
3 – Модель маловодного года



принятие правильных экономических и технических решений при восстановлении существующих малых ГЭС. Гидрограф непосредственно используется при выборе конструктивных и технологических решений в ходе расчётов и реконструкции силовой части ГЭС. Но для создания хотя бы приближённого гидрографа необходимы, как минимум, десятилетние гидрологические измерения. В таких случаях целесообразно воспользоваться имеющимся гидрографом подобной реки, чтобы с достаточным приближением определить характер годовых колебаний расхода в рассматриваемой реке.

Такое решение использовано в ходе реконструкции малой ГЭС на р. Горный Тикич, гидрограф которой отсутствует. При расчетах параметров турбины был использован гидрограф р. Ятрань, которая по своему характеру схожа с р. Горный Тикич, что было подтверждено практически измерениями и наблюдениями. Динамика колебания расхода в течение 12 месяцев года была определена пропорционально среднеголетнему распределению стока в р. Ятрань. В результате была определена установленная мощность $N_{уст} = 180$ кВт (изначально мощность ГЭС составляла $N_{уст} = 160$ кВт), которая рассматривалась в двух вариантах:

- 1 гидроагрегат мощностью 180 кВт;
- 2 гидроагрегата мощностью по 90 кВт.

Известно, что годовая выработка электроэнергии станцией напрямую зависит от динамики колебания расхода воды в течение года. С учётом особенностей режима реки получается, что одна более мощная турбина не сможет работать эффективно в условиях маловодного периода, так как в межень расход будет меньше минимального рабочего расхода данной турбины. В то же время, в условиях малого расхода воды, но при наличии двух турбин, ГЭС сможет эффективно, с высоким КПД работать с одной турбиной.



Рис. 2. Аварийное разрушение плотины МГЭС на р. Горный Тикич

Следующим немаловажным фактором, влияющим на надёжность и безопасность сооружений, входящих в состав напорного фронта, являются гидрологические процессы фильтрации воды через отдельные виды сооружений. Вода просачивается под бетонными сооружениями, сквозь тело земляных плотин, в местах примыкания элементов из местных материалов к поверхностям бетонных сооружений, к береговым поверхностям и т. п. Особое внимание при восстановлении и реконструкции ГЭС должно уделяться контролю технического (фильтрационного) состояния самой плотины, состояния и исправности водосливных сооружений и их оборудования, аварийных водосбросов. Прорыв или размыв плотины создаёт огромную опасность для расположенных ниже населённых пунктов с населением, дорог, мостов и других, прилегающих к реке, сооружений.

В зависимости от применяемых строительных материалов плотины, как известно, разделяются на земляные, каменно-набросные, бетонные



Рис. 3. Катастрофическая деформация сооружения аварийного водосброса плотины на р. Згар



и железобетонные. Основание плотин, независимо от строительного материала, при проектировании рассчитывается на определённый допустимый уровень фильтрации. Но, в процессе длительной эксплуатации (существования) гидроузла основание плотины в той или иной степени остается проницаемо для воды. По различным причинам фильтрация воды под гидротехническим сооружением может увеличиться, а это влечет за собой следующие негативные последствия, например:

- на Рис. 2 показано, что при абсолютной сохранности бетонной водосливной плотины — глухая земляная полностью отсутствует.

- происходит повышенное замачивание тела плотины, снижение плотности, что приводит к потере её устойчивости;

- как видно на Рис. 3, фильтрация достигла открытого потока воды, который подмыл сооружение аварийного водосброса и привел к недопустимым деформациям сооружения. Разрушение может произойти в любой момент.

- фильтрующая вода оказывает гидростатическое подъёмное давление на подошву сооружения и, тем самым, уменьшает сопротивление сдвигающим сооружение горизонтальным силам;

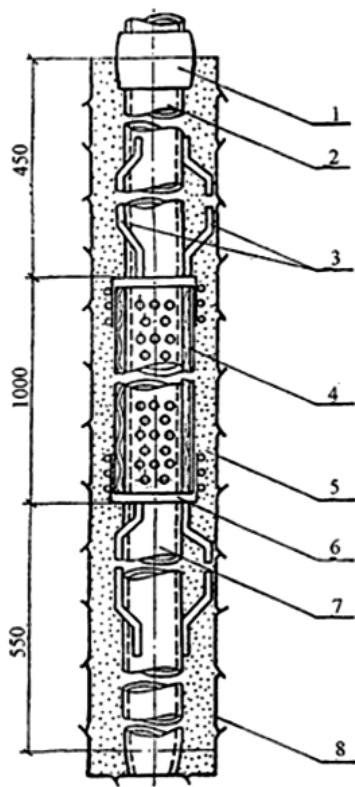


Рис. 4. Типовая конструкция водоприемника опускного пьезометра

1 — соединительная муфта $\varnothing 2''$; 2 — виниловая труба $\varnothing 2''$;
3 — направляющие скобы; 4 — фильтр из гофрированной виниловой сетки и стеклоткани; 5 — песчаная обсыпка; 6 — опорное кольцо; 7 — отстойник (виниловая труба $\varnothing 2''$); 8 — стенки скважины.

- в несвязных грунтах фильтрация может приводить к ослаблению основания, осадкам его и всего сооружения, что может закончиться разрушением плотины и всей ГЭС.

На Рис. 2 показана заброшенная малая ГЭС на р. Горный Тикич (в настоящее время ГЭС восстановлена), у которой глухая земляная часть плотины размывта, вероятно, из-за повышенной фильтрации. На р. Згар (Рис. 3) чрезмерная фильтрация под сооружением аварийного водосброса привела к значительным просадкам грунта и катастрофическим деформациям конструкции сооружения.

Следовательно, при восстановлении и реконструкции для обеспечения безопасной эксплуатации зданий и сооружений малых ГЭС необходимо выполнять контроль фильтрации сквозь плотину с определением кривой депрессии, обосновывая надёжность сооружения соответствующими расчетами.

Под понятием «фильтрация» понимается движение жидкости в пористой или трещиноватой среде грунта. Фильтрационный поток может принимать установившийся и неуставившийся характер, а также быть напорным либо безнапорным. В том случае, если уровень грунтовых вод располагается ниже подошвы сооружения — в нижнем бьефе возникает безнапорный поток, в случае если уровень воды совпадает с дном нижнего бьефа или находится выше его — появляется напорный поток. При безнапорном установившемся свободном движении воды в грунте проявляется кривая свободной поверхности, которую принято называть кривой депрессии.

Таким образом, положение депрессионной кривой — один из показателей (критериев) безопасности гидротехнических сооружений.

Известно несколько групп фильтрационных исследований: аналитические (основаны на физико-математических расчетах), экспериментальные и гидравлические.

Наиболее распространенными методами определения фактических данных фильтрации воды являются экспериментальные натурные исследования.

Проведение натурных экспериментальных фильтрационных исследований подразумевает непосредственное определение положения поверхности депрессии в теле плотины и прилегающих берегах, контроль распределения пьезометрических напоров в области фильтрации плотины и основания, фильтрационных расходов, поступающих через противофильтрационные элементы и основание, развития порового давления

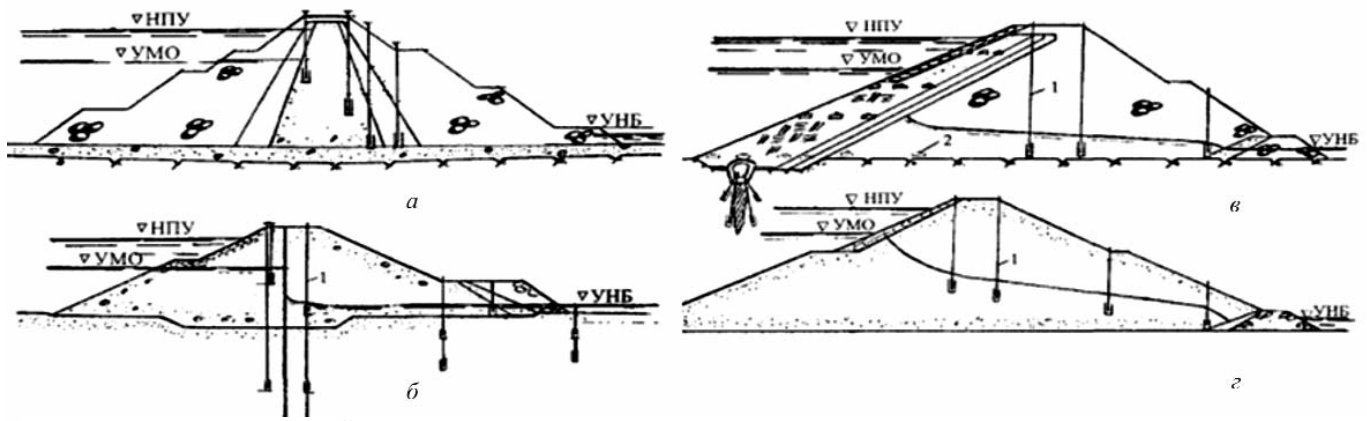


Рис. 5. Принципиальные схемы размещения пьезометров в грунтовых плотинах:

a – каменно-набросная плотина с ядром; *б* – однородная плотина с диафрагмой и с дренажной призмой; *в* – каменно-набросная плотина с экраном; *г* – однородная плотина с дренажной призмой; 1 – пьезометр; 2 – датчик давления воды (ПДС) [2]

воды в глинистых элементах тела плотины и грунтах основания. В особых случаях необходимо контролировать температуру фильтрующей воды, её химический состав, солёность и т. п.

Суть исследований заключается в установке в теле плотины, в плоскости, перпендикулярной её оси, датчиков – различного типа трубных пьезометров (Рис. 4). Первый по линии тока измерительный прибор устанавливается на гребне плотины вблизи бровки напорного откоса. Последний – у входа фильтрационного потока в дренаж, а промежуточные делят расстояние между крайними приборами на несколько равных частей (Рис. 5).

Следующим немаловажным фактором, который оказывает непосредственное влияние на технологию реконструкции заброшенных малых гидроэлектростанций, являются геологические условия местности.

Как известно, комплекс инженерно-геологических условий местности включает в себя 5 составляющих:

- геологическое строение местности и характер слагающих её пород;
- рельеф;
- гидрогеологические условия;
- мерзлотные условия;
- современные геологические процессы.

Геологическое строение местности и характер слагающих её пород дают возможность составить модель поведения массивных конструкций во время всего жизненного цикла МГЭС, в том числе позволяют определить нормы осадок конструкций, их характер, а также мероприятия по укреплению оснований.

В зависимости от типа грунта в основании малой ГЭС реконструкция, в некоторых случаях, строительство зданий машинных залов проводится с определенными способами усиления оснований, задействованием противопросадочных мероприятий. На сегодняшний день при восстановлении большинства заброшенных станций МГЭС стоит вопрос о необходимости строительства нового здания ГЭС. Выбор расположения здания машинного зала осуществляется на основе подробного изучения рельефа местности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Самойленко Є.Г.* Основи проектування гідроенергетичних вузлів: підручник/ Самойленко Є.Г. – Запоріжжя, ЗДІА, 2011. – 388с.
2. *РД 153-34.2-21.546-2003* – Правила организации и проведения натурных наблюдений и исследований на плотинах из грунтовых материалов, Минэнерго СССР.
3. *Поташич С.І., Карамушка О.М.* Безпечна експлуатація гідротехнічних споруд гідроелектростанцій України на сучасному етапі./Гідроенергетика України, – 2013. – № 2. – С. 2–5.
4. *Лавров Н.П.* Гидротехнические сооружения для малых ГЭС. Учебное пособие / Кыргызско-Российский Славянский университет. – Бишкек, 2001. – 150 с.
5. *Михайлов Л.П., Фельдман Б.Н., Марканова Т.К. и др.* Малая гидроэнергетика/ Под рез Л.П. Михайлова. – М.: Энергопромиздат, 1989. – 184 с.
6. *Волков, И. М.* Проектирование гидротехнических сооружений [Текст] / И.М. Волков. – М.: Колос, 1977. – 400 с.
7. *Гидротехнические сооружения* [Текст] / Под ред. Н. П. Розанова. – М.: Стройиздат, 1978 – 568 с.
8. *Иванов, В.М.* Расчет и проектирование гидротехнических сооружений для гидроэлектростанций малой мощности и объектов водоснабжения: учебное пособие. Часть I / В.М. Иванов, Б.В. Сёмкин, А.А. Блинов, Т.Ю. Иванова; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. – 101 с.

