

Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 17: «Қазіргі аграрлық ғылым: цифрлық трансформация» атты халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференцияға материалдар = Материалы международной научно – теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 17: «Современная аграрная наука: цифровая трансформация», посвященной 30 – летию Независимости Республики Казахстан.- 2021.- Т.1, Ч.2 - С.375-379

АНАЛИЗ РАБОТЫ ГИДРОТУРБИН

*Кошумбаев Марат Булатович, д.т.н., академик Международной Академии Информации при ООН
Курмангалиев С.Д., магистрант 1 курса
Казахский Агротехнический Университет им. С.Сейфуллина, г. Нур-Султан*

Аннотация. Проведен анализ оценки гидроэнергетического потенциала малой гидроэнергетики. Изучены действующие малые гидроэлектростанций на территории Казахстана и других стран. Рассмотрены рабочие режимы различных типов гидравлических турбин. Приводится математическое описание выбора гидравлических турбин для малых гидроэлектростанций.

Ключевые слова: малая гидроэлектростанция, гидротурбина, гидроэнергетический потенциал, водохранилище, напор, расход.

Основная часть. Главным трендом в электроэнергетике являются развитие распределенной генерации и увеличение доли возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе. Так, в Казахстане планируется довести их долю до 50% к 2050 г., в том числе за счет использования малых ГЭС (МГЭС) [1].

Основные ресурсы малой гидроэнергетики Казахстана сосредоточены в горных районах Восточно-Казахстанской области, Алматинской и Южно-Казахстанской областей. В большинстве случаев предполагается, что МГЭС устанавливаются на малых реках и водотоках. МГЭС могут работать на зарегулированном стоке или без подпора на естественном стоке. Для МГЭС используют также холостые сбросы через плотины крупных гидроузлов и шлюзов, перепады уровней больших масс воды на промышленных предприятиях, сбросы воды горно-обогатительных комбинатов, ТЭЦ, ГРЭС, АЭС и т. д. МГЭС используются также на ирригационных каналах.

МГЭС не влияют на экологию и окружающую среду на этапе строительства. При эксплуатации малых ГЭС качество питьевой воды не меняется, она полностью сохраняет природные свойства. Речная вода после прохождения через турбину остается пригодной для водоснабжения населения. Важным отличительным свойством МГЭС от других видов возобновляемых источников энергии является отсутствие зависимости от изменения погоды и обеспечение бесперебойной подачи электроэнергии потребителю.

К МГЭС относятся гидроэнергетические объекты разного типа с установленной мощностью менее 25 МВт, в том числе совсем небольшие –

микроГЭС мощностью от 3 до 100 кВт. В настоящее время малая гидроэнергетика в Казахстане не развита. Это связано не только с отсутствием соответствующего оборудования, но и отсутствия мотивации на их применение в энергосистеме.

К малой гидроэнергетике относятся различные гидроэнергетические сооружения с установленной мощностью до 25 МВт. Принципиальное отличие малой энергетики от обычной заключается в отсутствии необходимости сооружения крупных гидротехнических объектов, что упрощает строительство [2]. С учетом технических и технологических особенностей объектов малой гидроэнергетики, в частности отсутствия крупных водохранилищ и наличия ограничений по регулированию стока рек, к актуальным научным задачам при сооружении МГЭС относятся определение гидроэнергетического потенциала рек и выбор оптимальных характеристик гидравлических турбин по расчетным параметрам водотока (рисунок 1).

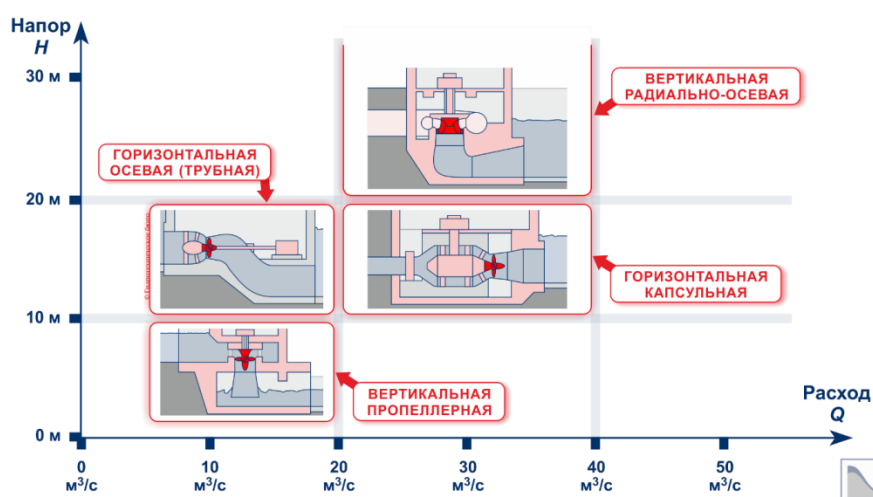


Рисунок 1 – Зависимость существующих гидротурбин от напора и расхода.

На рисунке 1 показаны рабочие диапазоны действующих гидротурбин. Несмотря на многолетнюю эксплуатацию таких машин, как показывает практика, пока нет универсальной турбины, которая бы работала при больших изменениях расхода и напора.

Анализ данных гидрологических исследований для объектов малой гидроэнергетики показывает, что технической гидропотенциал Казахстана составляет 170 млрд. кВтч, а экономический – лишь около 23,5 млрд. кВтч [5]. Однако использование данного потенциала реализовано не более чем на 1% [6].

На территории Южного Казахстана суммарные потенциальные энергетические ресурсы региона определены в размере 10 млрд. кВт/ч. Северный и Центральный Казахстан располагает минимумом водно-энергетических ресурсов, на их долю приходится всего около 2,08 млрд. кВт/ч, или 1,7% потенциальных гидроэнергетических ресурсов республики.

Водно-энергетический потенциал рек Западного Казахстана оценивается в 2,8 млрд. кВт/ч.

Наиболее перспективными для гидроэнергетического строительства значительной мощности являются следующие реки региона: Или, Чарын, Чилик, Каратал, Коксу, Тентек, Хоргос, Текес, Талгар, Большая и Малая Алматинки, Усек, Аксу, Лепсы, Ырғайты.

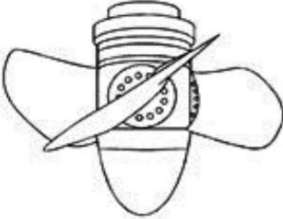
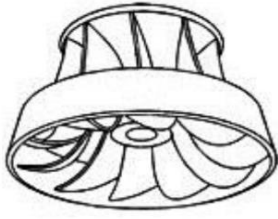
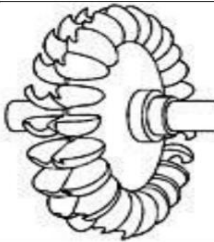
Реки горных районов отличаются большой водоносностью и обладают значительными уклонами (что особенно важно для малой гидроэнергетики). Эти реки представляют наибольший интерес в энергетическом отношении при строительстве новых и реконструкции старых малых ГЭС. Для обеспечения балансирующей мощности рекомендуется сооружение каскадов малых ГЭС и ГАЭС.

В 1940-е годы была построена система малых ГЭС рядом с г. Алматы. Каскад Алматинских ГЭС эксплуатируется до сих пор, мощность всех станции составляет около 40 МВт. В связи с перспективой перехода энергосистемы Алматинской области в самодостаточный режим работы рассматривается возможность увеличения установленной мощности Каскада малых ГЭС с реконструкцией гидроузлов. В связи с этим актуальной научной задачей является оценка технического и экономического гидропотенциала и обоснование выбора типов гидравлических турбин.

Анализ конструкции и оборудования действующих МГЭС показывает, что с учетом малых значений напора или расхода воды и малой мощности гидроагрегатов на МГЭС может применяться особенные конструкции турбин. Технические характеристики наиболее распространенных турбин для МГЭС приведены в таблице 1. Путем обобщения характеристик составлена диаграмма, характеризующая области применения различных видов турбин (рисунок 2).

Проведенный анализ эксплуатационных характеристик турбин показал, что области их применения с точки зрения параметров водотока различаются. Поворотно-лопастные турбины имеют подвижные лопасти рабочего колеса, что позволяет максимально эффективно использовать энергию потока воды на низконапорных равнинных реках с сильными колебаниями уровней верхнего и нижнего бьефа. Радиально-осевые турбины первыми были запущены в промышленное производство и на данный момент являются наиболее распространенным типом гидротурбин. Они обладают наиболее широким рабочим диапазоном напоров и в настоящее время используются преимущественно на высоких и сверхвысоких напорах от 40 до 700 м, где невозможно или нецелесообразно применять другие типы гидротурбин, а также максимально возможным КПД до 97% в широком диапазоне напоров.

Таблица 1. Параметры гидротурбин для МГЭС

Тип турбины	Поворотно-лопастные	Радиально-осевые	Ковшовые
Внешний вид			
Напор	От 1,5 до 85 м	От 10 до 700 м	От 70 до 1200 м
Мощность	От 0,2 кВт до 200 МВт	От 0,2 кВт до 500 МВт	От 0,3 до 350 МВт
Диаметр колеса	От 0,5 до 10 м	От 0,4 до 7,5 м	От 0,5 до 4 м

Ковшовые гидротурбины применяются при небольших расходах воды на высоких и сверхвысоких напорах до 1200 м, не достижимых для других типов турбин, как правило, в горной местности.

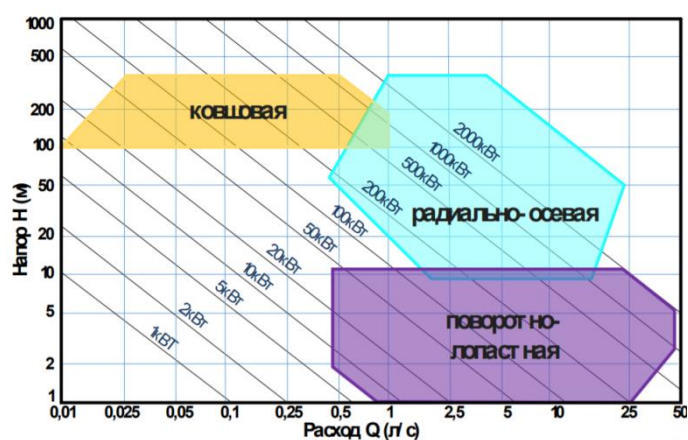


Рисунок 2 – Области применения гидротурбин.

Анализ нормативных документов показывает, что технико-экономическое обоснование выбора типа турбин для МГЭС по их пропускной способности, скорости вращения ротора и способности развивать максимальную мощность осуществляется на основе приведенных величин: расхода Q_1' и частоты вращения n_1' [7]:

$$Q_1' = \frac{Q}{D_1^2 \sqrt{H}}; \quad (3)$$

$$n_1' = \frac{n D_1}{\sqrt{H}}, \quad (4)$$

где Q – расчетный расход, $\text{м}^3/\text{с}$; H – расчетный напор, м; D_1 – диаметр рабочего колеса турбины, м; n – частота вращения, об/мин. Полное представление об энергетических, эксплуатационных параметрах гидравлической турбины во всех режимах ее работы дает универсальная характеристика, представляющая собой семейство кривых равных значений

КПД в координатах приведенной скорости вращения n_1' и приведенного расхода Q_1' .

Подбор гидротурбины ведется по режимной точке, для которой расход Q и напор H являются расчетными. По отметке нормального подпорного уровня и кривой связи отметки нижнего бьефа с расходами воды в реке находится соответствующий расчетный напор. В зависимости от напора с учетом эксплуатационно-экономических показателей намечают типы возможных для применения гидротурбин в каждом конкретном случае [7]. В ходе исследований гидрологических особенностей рек Северного и Центрального Казахстана было установлено, что ввиду равнинного характера ландшафта местности на реках не представляется возможности создания плотины с подпорным уровнем, необходимого для рабочего режима гидротурбины. С учетом результатов проведенного анализа характеристик гидравлических турбин было установлено, что для этого региона необходимо разработать новые конструкции гидротурбин, адаптированных к местным условиям.

В то же время с учетом перспектив развития энергосистемы региона представляется целесообразным использовать малые ГЭС в качестве высокоманевренных генерирующих мощностей для покрытия максимумов суточного графика нагрузки. Однако поскольку речная сеть Северного и Центрального Казахстана характеризуются ограничениями по объему воды в верхнем и нижнем бьефах водохранилищ, то выбор турбинного оборудования должен производиться с учетом данных ограничений на суточное регулирование и возможного применения ветровых устройств для подачи воды в верхнее водохранилище. В связи с этим проработка вопросов использования объектов малой гидроэнергетики для оптимизации режима энергосистемы Северного и Центрального Казахстана является актуальной научной задачей для перспективной проработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колосовский, А.М. Оценка гидроэнергетического потенциала Калининградской области / А.М. Колосовский // Водопользование и задачи гидромеханики – Калининград: Издво ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2009. – С. 44-49.
2. Великанов, Н.Л. Проблемы развития гидроэнергетики Калининградской области / Н.Л. Великанов // Вестник Российской Академии естественных наук [Текст] : сб. науч. тр., посвящ. 20-летию образования Рос. академии естеств. наук / ФГОУ ВПО "КГТУ", 2011. –196 с.
3. Разработка методологического обеспечения процесса автоматизированного вычисления гидроэнергетического потенциала рек с использованием геоинформационных систем / Н.В. Баденко [и др.] // Инженерно-строительный журнал. 2013. – №6(41). – С. 62–76.
4. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик. 5. Ясинский, В.А. Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ / В.А. Ясинский, А.П.

Мироненков, Т.Т. Сарсембеков // Отраслевой обзор №14. – Алматы. 2011. – С.21-25.

5. Ясинский, В.А. Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ / В.А. Ясинский, А.П. Мироненков, Т.Т. Сарсембеков // Отраслевой обзор №14. – Алматы. 2011. – С.21-25.

6.

<https://zen.yandex.ru/media/id/5caeed5bf6607000af80da76/gidroenergeticheskii-potencial-respubliki-kazahstan-5cb59d52004f3a00b5de5b2f>

7. Гидравлический расчет водопроводящих трактов гидроэнергетических установок: учеб.-метод. пособие / сост. С. В. Артемчук. – Минск: Изд-во МГЭУ им. Сахарова, 2010. – 102 с.

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

*Кошумбаев Марат Булатович, д.т.н., академик Международной
Академии Информации при ООН
Ниязов А.З., магистрант 1 курса
Казахский Агротехнический Университет им. С.Сейфуллина, г. Нур-
Султан*

Безопасность гидротехнических сооружений (ГТС) имеет большие риски по мере длительности эксплуатации. Моральный и физический износ ГТС приводит к старению материалов, из которых производилось их строительство. Одним из важных событий является авария на Саяно-Шушенской ГЭС (СШ ГЭС), которая является самым крупным водным объектом России.

Авария на СШ ГЭС произошла 17 августа 2009 года. Ей предшествовали несколько катастрофических событий. Первая авария на этом объекте произошла в момент строительства в 1979 году.

Одной из ошибок данного проекта является отсутствие строительного канала или туннеля. Поэтому весенний паводок перехлестнул через недостроенную плотину, повредив крепления нижнего бьефа, в том числе и водобойный колодец. Следующий паводок 1986 года привел к разрушению водобойного колодца и скального основания, что привело к деформации плотины. По проекту должен был быть боковой поверхностный водосброс, который должен был сбросить лишнюю воду в водобойный колодец. Но так как водобойный колодец был разбит паводком и в нем образовалась яма размыва, то руководство станции приняло решение не достраивать боковой водосброс. Регулирование уровня воды в водохранилище производилось работой генераторов.

Авария 2009 года показала, что такое регулирование имеет свои недостатки, в результате которых агрегат № 2 сильно закрутило и под

воздействие закрутки ротор вылетел из статора, разрушил здание ГЭС и вернулся на свое место.

Через несколько дней официально было заявлено, что не закрутили гайки на генераторе. Это было страшным приговором для СШ ГЭС, т.к. такая дезинформация могла привести к полному развалу гидрообъекта. Поэтому наше обращение руководству России было услышано и наше предложение о строительстве каскадного водосброса принято (рисунок 1).

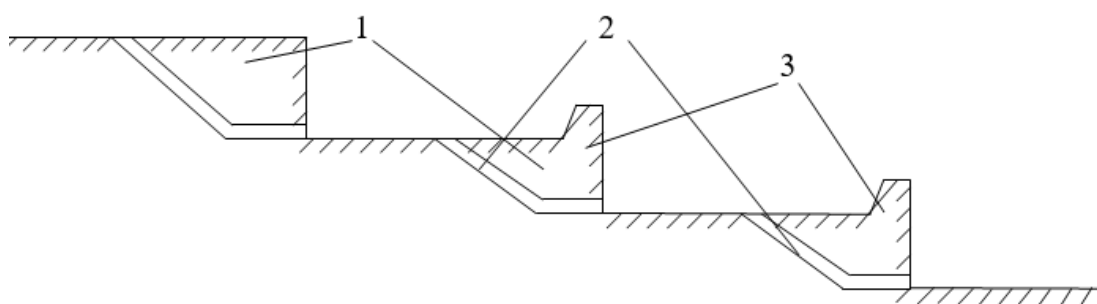


Рисунок 1 - Гидротехнический перепад.

На рисунке 1 изображены: 1 – ступени перепада, 2 – сквозные отверстия на ступенях, 3 – водобойная стенка [1].

Каскадный водосброс был построен за 1 год и имел пропускную способность более 3000 м³/с (рисунок 2, 3).



Рисунок 2 – Каскадный водосброс СШ ГЭС.



Рисунок 3 – Рабочий режим каскадного водосброса СШ ГЭС.

В Казахстане также была авария на гидротехническом сооружении в п. Кзыл-Агаш в 2010 году. Из-за обильных осадков паводок прошел через гребень плотины, размывая низовой откос земляной плотины. В результате п. Казыл-Агаш был затоплен двухметровой волной разлившейся воды. (рисунок 4)



Рисунок 4 – Разрушенное село после прорыва плотины.

1 мая 2020 года произошел прорыв плотины в Узбекистане, пострадали жители Узбекистана и юга Казахстана [2]. В двух странах был объявлен режим чрезвычайной ситуации. Жители затопленных районов эвакуированы в безопасные участки.

Следующие аварии произошли 19 мая в США: две плотины - Эденвилл и Сэнфорд в Мичигане были разрушены в результате длительных осадков. В зоне затопления оказался Мидленд, город с населением 42 000 человек, который находится в 8 милях вниз по течению от плотины Сэнфорда. На рисунке 2 хорошо видно, что вода стала переливаться через гребень и размывала тело плотины. Катастрофический расход воды вызван большими осадками в течении нескольких дней. Перелив воды через гребень плотины объясняется неудовлетворительной работой водосбросов, что подтверждается рисунком 9. Анализ наводнений 2019 года показал большие проблемы в вопросах управления водой и инфраструктурой, потери от наводнений составили 20 млрд долларов [3].

Ежегодные разрушения гидроузлов происходят в КНР, России, Южной Америке. Несмотря на тяжелые последствия, многие страны не принимают серьезных мер по снижению рисков катастрофических наводнений. В прошлом году в Казахстане появилась угроза прорыва плотины в Акмолинской области. Отсутствие водосброса создавало угрозу прорыва плотины [4]. Несогласованность действий руководителей региона привели к разрушению плотины и затоплению областного центра.

Международный опыт проектирования, строительства и эксплуатации гидросооружений показывает, что опасность наводнений может быть устранена или значительно снижена с помощью системы предотвращения аварийных ситуаций. Одним из мер предупреждения является создание эффективной государственной системы безопасности плотин.

Для повышения безопасности гидротехнических сооружений требуются проведение комплексных научных исследований по разработке новой конструкции повышенной пропускной способностью и высокими параметрами надежности при длительной эксплуатации, а также максимально адаптированные к местным условиям.

Литература

- 1 Патент № 13051 KZ. Гидротехнический перепад / Кошумбаев М.Б.; опубликован 15.05.2003, Бюллетень изобретений Казахстана № 5.
- 2 <https://www.zakon.kz/5020378-proryv-damby-v-uzbekistane-v.html>
- 3 https://thewaternetwork.com/_/river-restoration/article-FfV/portions-of-mississippi-and-missouri-rivers-are-most-endangered-in-u-s-FA7Go3e4hm1ta1giea0nTQ
- 4 <https://news.mail.ru/incident/36805438/?frommail=1>