



ПК «ИНСТИТУТ КАЗГИПРОВОДХОЗ»

Алибаев К.У.

**ВОДОХРАНИЛИЩА НА РЕКЕ ИРТЫШ.
БУХТАРМИНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ
(Литературный обзор)**



АЛМАТЫ 2020 г.

Инженерный справочник водохранилища представляет собой общие технические сведения по Бухтарминскому водохранилищу на реке Иртыш в Восточно-Казахстанской области Казахстана.

Справочник составлен по материалам многолетних наблюдений и обследований, а также материалам декларации безопасности плотины.

Инженерный справочник может быть использован при водно-балансовых расчетах реки Иртыш, проектировании модернизации водохранилища и разработке программ развития Восточно-Казахстанской области.

Свои замечания и предложения просим направлять в ПК «Институт Казгипроводхоз» , по адресу г.Алматы, пр.Сейфуллина д.434, эл.адрес: kazgipro@mail.ru.

Выпуск подготовил: Алибаев К.У. - главный инженер проекта.

(моб. +7 771 7663367, +7 7012290987)

эл.адрес: karimalibaev@mail.ru

1. ВВЕДЕНИЕ

Бухтарминское водохранилище на реке Иртыш, самое крупное водохранилище в Республике Казахстан. Располагается в 15 км ниже устья реки Бухтарма, в 350 км от истока реки Иртыш из озера Зайсан. Подпор, создаваемый плотиной Бухтарминской ГЭС, перекрывает естественные уровни озера Зайсан на 5-6 метров, образуя водохранилище емкостью 49,6 км³ и площадью зеркала 5490 км².

Бухтарминская ГЭС сдана в эксплуатацию 12 августа 1968 года. Создание Бухтарминской ГЭС сегодня решает многие вопросы энергетики, транспорта и рыбного хозяйства. Условия работы водного транспорта после постройки гидроэлектростанции резко улучшились вследствие образования глубоководного пути на расстоянии 500 км и пропуска через гидроузел зарегулированных расходов.

Для прохода судов через гидроузел в составе его сооружений имеется четырехкамерный судоходный шлюз, который имеет верхний и нижний подходные каналы с причальными стенками и туннельным водосбросом из второй камеры.

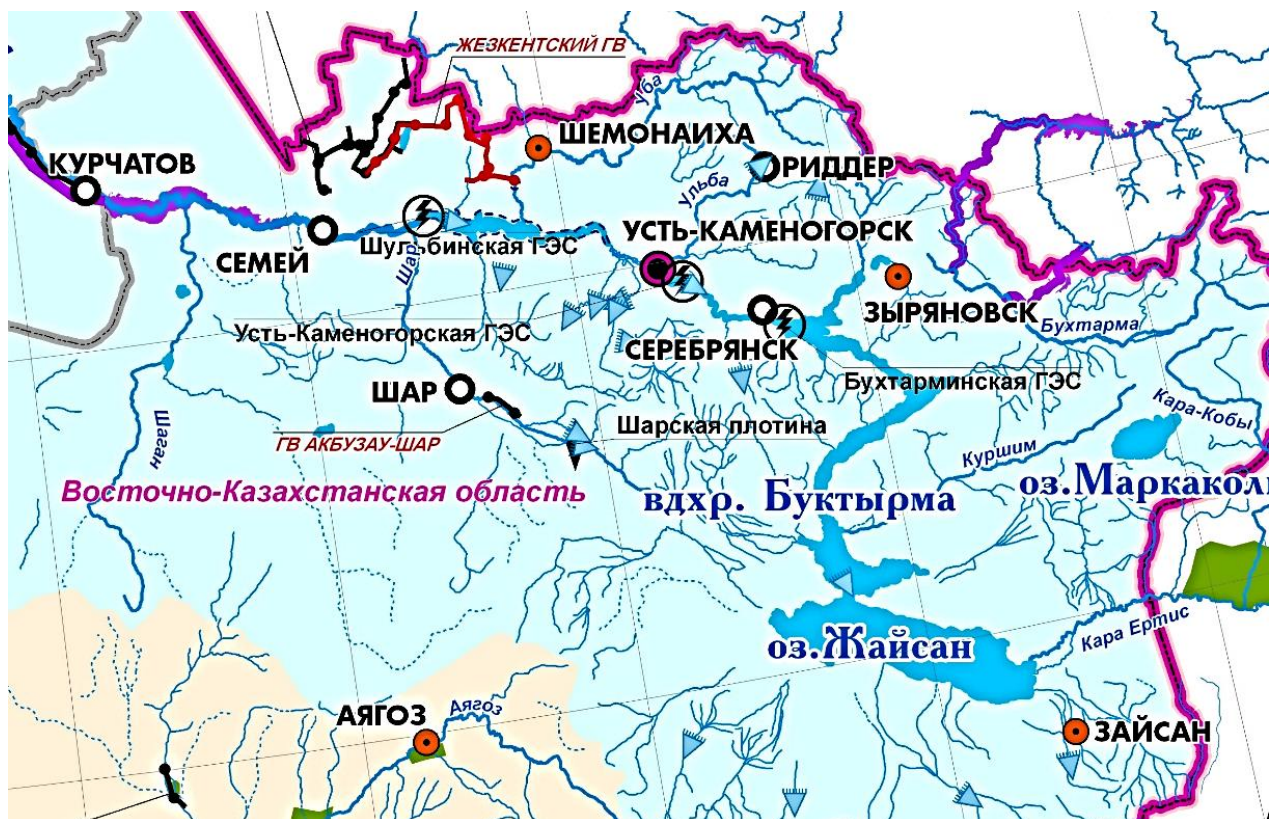


Рис.1.1 Схема местоположения Бухтарминского водохранилища в ВКО.

Со временем пуска первого гидроагрегата БГЭС выработало 111,5 миллиардов кВт/ч электроэнергии. БГЭС полностью автоматизировано и оснащена турбинным оборудованием. В восьми блоках ГЭС установлены радиально-осевые турбины, а седьмом блоке, впервые в Советском Союзе, установлена и эксплуатируется уникальная диагональная турбина такой же мощности. Введена в действие и турбина с двухподводной спиральной камерой.

Бухтарминская ГЭС является очень экономичной гидроэлектростанцией, как в отношении удельной величины объемов работ, так и в части стоимостных показателей производства электроэнергии.

Большой объем водохранилища, и высокая зарегулированность стока позволяет использовать Бухтарминскую ГЭС в пиках графиков нагрузки и в аварийном резерве системы Казахстана. Напорный фронт Бухтарминского гидроузла создается бетонной плотиной.

Плотина гравитационная, длиной по гребню - 380 м и максимальной строительной высотой - 90 м, шириной по верху – 19 м, по низу – 70 м. Расчетный напор на плотину – 68 м.

При строительстве гидротехнических сооружений Бухтарминской ГЭС впервые в Союзе использовался так называемый «жесткий бетон», для укладки которого применялась специально разработанная технология.

В 2002 году были взяты пробы бетона из 60-ти различных точек и направлены для анализа в две независимые лаборатории результаты получены одинаковы: Прочность бетона повысилась по сравнению с периодом строительства.

На Бухтарминской ГЭС впервые в Советском Союзе была установлена и эксплуатируется уникальная диагональная турбина, а также турбина с двухподводной спиральной камерой. Эти новинки техники дали возможность использовать передовой опыт для дальнейшего развития гидроэнергетики. Турбинное оборудование изготовлено Ленинградским металлическим заводом, а гидрогенераторы – Новосибирским заводом «Сибэлектротяжмаш».

Бухтарминское водохранилище осуществляет многолетнее регулирование стока р. Иртыш, принимая на себя основную роль в формировании попусков (природоохранных, судоходных, энергетических) с учетом прогнозируемой и фактической водности в бассейне реки с целью обеспечения оптимальных режимов уровней и расходов во все периоды года.

Попуски из водохранилища Бухтарминской ГЭС производятся согласно диспетчерскому графику Бухтарминского водохранилища. Режимы работы гидроузла в период пусков половодья определяется ростом уровня воды в водохранилище. Наивысшая отметка к концу половодья 402м. При этом максимальный зарегулированный расход, сбрасываемый в нижний бьеф, составит 2120м³/с, в том числе 1140м³/с - через агрегаты ГЭС.



Рис.1.2. Космоснимок Бухтарминского водохранилища



Рис.1.3. Космоснимок местоположения Бухтарминской ГЭС

2. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАЕКТИРИСТИКИ

Река Иртыш, берет начало на южных склонах Алтая в Китайской Народной Республике. В пределах Казахстана протекает по территории Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей.

Общая длина р. Иртыш в пределах Казахстана 1698 км. Площадь водосбора в пределах Казахстана составляет - 250438 км².

От границы КНР до впадения в озеро Зайсан Кара Иртыш протекает по безводной степи. При впадении в озеро река образует заболоченную дельту площадью около 500 км². Ниже впадения р. Бухтарма Иртыш постепенно приобретает черты горной реки.

В пределах Восточно-Казахстанской области р. Иртыш имеет разветвленную сеть притоков, причем наиболее развита гидрографическая сеть правобережья, где формируются крупные и многоводные притоки Иртыша (Бухтарма, Оба, Ульби), что обусловлено орографическими и климатическими условиями. Реки левобережья невелики и роль их в стоке Иртыша весьма незначительна.

Особое место занимает обширная засушливая Зайсанская котловина. Множество речек, стекающих к оз. Зайсан со склонов горных хребтов (рр. Кендирлик, Уйдене, Кандысу, Уласты и др.), часто не доходят ни до озера, ни до р. Иртыш. Реки либо теряются в мощных конусах, либо теряют воду на испарение и орошение.

Ниже г.Усть-Каменогорск примыкающие к долине холмистые возвышенности постепенно уступают место равниной степи, бассейн реки увеличивается, а в районе впадения р. Ульба имеет наибольшую ширину – 440 км. Русло разбивается на рукава, появляется пойма. Ширина поймы от с. Шульба до с.Семярское порядка 2 км.

Пойма р. Иртыш на всем протяжении от с.Семярское до северной границы Павлодарской области двухсторонняя, во многих местах отделена от русла береговым валом.

На территории бассейна 2365 озер общей площадью 8960 км². Самым крупным является оз.Зайсан, которое вместе с Бухтарминским водохранилищем имеет площадь зеркала около 5510 км². Второе по величине пресноводное озеро Маркаколь имеет площадь около 450 км².

В бассейне расположено около 80 водохранилищ и прудов, 9 водохранилищ имеют емкость более 10 млн. м³. Суммарная полезная емкость наиболее крупных водохранилищ – 32,6 км³, общая площадь зеркала - 5786 км². Многие мелкие водохранилища и пруды подлежат ликвидации или реконструкции для предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций.

Водоохранилище Бухтарма с оз. Зайсан выполняет многолетнее и неограниченное суточное регулирование, являясь основным регулятором каскада, управляя почти 70% стока бассейна реки.

Сток р.Иртыш в створе Шульбинского водохранилища определяется, главным образом, режимом попусков из водохранилища Бухтарма и боковой приточностью между этими водохранилищами.

Основным документом, регламентирующим использование водных ресурсов водохранилищ, являются «Правила использования водных ресурсов Верхне-Иртышского каскада водохранилищ», утвержденные КВР МСХ РК 4.03.2002 года.

Основные сведения о наиболее крупных действующих водохранилищах

NN п/п	Наименование водохранилища	Водоток или место образования водохранилища	Ёмкость по проекту, млн. м ³	
			Полная	Полезная
1	Бухтарма (оз. Зайсан)	р. Иртыш (Иртыш)	49620	30810
2	Уйденинское	р. Уйдене	75,5	65,5
3	Кандысуйское	р. Канды-Су	43,67	42,04
4	Усть-Каменогорское	р. Иртыш (Иртыш)	655	36
5	Шульбинское	р. Иртыш (Иртыш)	2390	1470
6	Мало-Ульбинское	р. Малая Ульба	87,7	85,3
7	Шарское	р. Шар (Чар)	80	75

Максимальные расходы воды на р. Иртыш и других реках бассейна приходится на период весенне-летнего половодья. Начало половодья на р. Иртыш в естественных условиях в среднем приходилось на апрель месяц. Окончание половодья отмечалось в конце августа - середине сентября. На притоках р. Иртыш, в большинстве случаев, максимальные расходы воды наблюдаются в апреле-мае. Начало половодья в среднем приходится на первую декаду апреля. Продолжительность половодья зависит от его дружности и составляет от 40-50 до 150-180 дней.

В условиях зарегулированного Бухтарминским и Шульбинским водохранилищами стока максимальные расходы в створе Шульбинской ГЭС определяются расходами сбросов воды из Бухтарминского водохранилища и боковой приточностью между Бухтарминской и Шульбинской ГЭС, в створе г. Павлодар – сбросными расходами из Шульбинского водохранилища.

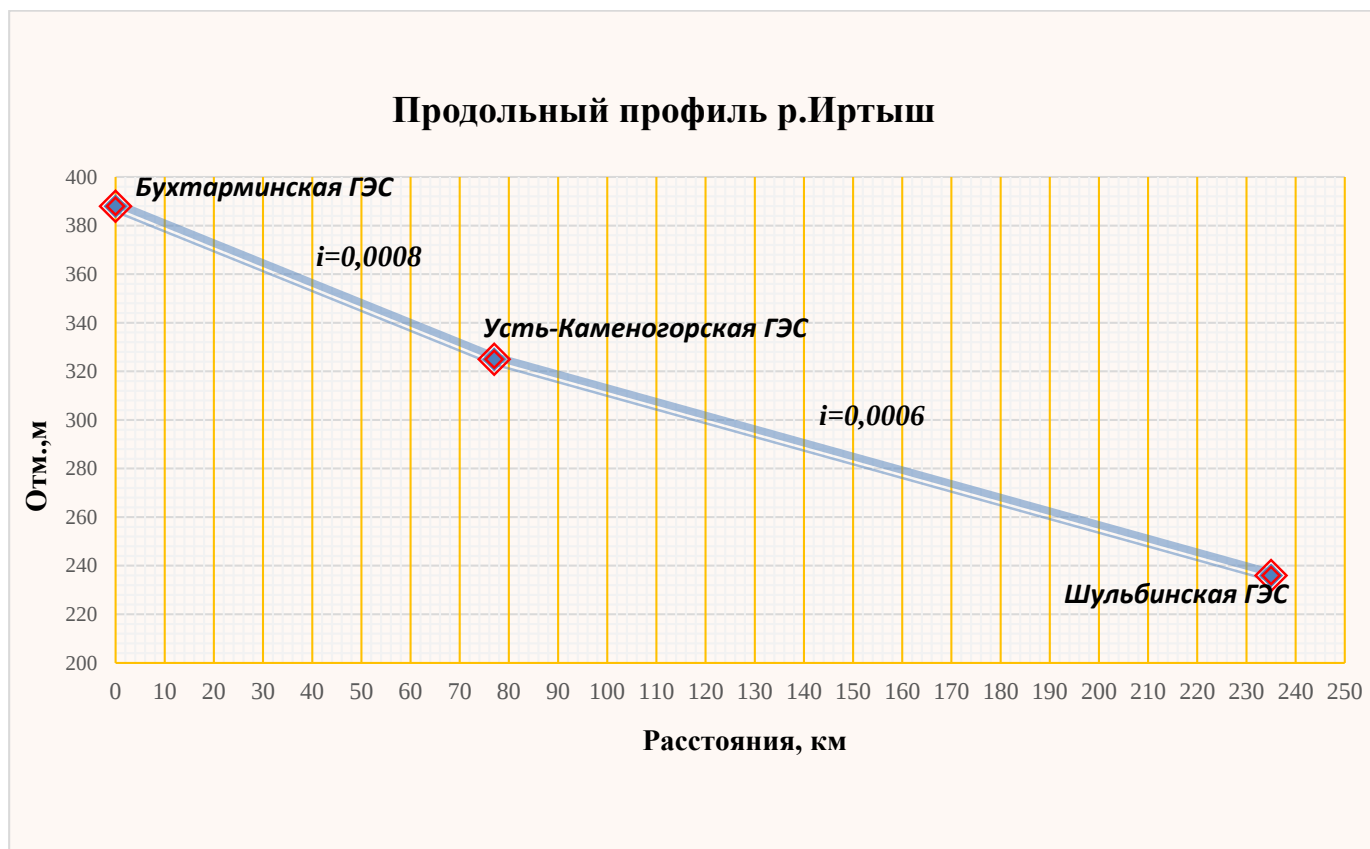


Рис.2.1 Продольный профиль реки Иртыш между водохранилищами

3.ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА

Бухтарминская гидроэлектростанция расположена на реке Иртыш, в 5 км вверх по течению от города Серебрянска.

В состав сооружений Бухтарминского гидроузла входят:

- бетонная плотина,
- здание ГЭС приплотинного типа с 9 агрегатами,
- четырехкамерный судоходный шлюз.

Плотина состоит из следующих частей:

а) станционной (длиной 210 м), в которой расположены на разных отметках девять водоприемных отверстий с напорными трубопроводами диаметром 5.6 м;

б) водосливной (длиной 26 м) с одним водосбросным пролетом размером 18×12 м;

в) двух глухих, имеющих на участках сопряжения с правым и левым берегом общую длину 144 м.

Судоходный шлюз имеет верхний и нижний подходные каналы с причальными стенками и направляющими палами, пять голов, четыре камеры размером 100×18 м, туннельный водосброс из второй камеры и открытый водосброс из четвертой камеры.

Здание электростанции расположено в русле у низовой грани плотины и занимает среднюю и левую части русла, примыкая к левому берегу. Оно состоит из 9 агрегатных секций и секции монтажной площадки. Агрегатные секции 1–7 имеют длину 19 м и ширину 34.6 м; длина секций 8 и 9 составляет 20 м.

Установленная мощность ГЭС - 675 МВт. Среднегодовая выработка электроэнергии - 2220 МВт ч.

Водохранилище:

Максимальный напор	68.0 м
НПУ -	402,0 м
ФУ -	403,0 м

УМО- 395.0 м.

Максимальный сбросной расход - 2110 м³/с

Сведения о расходах и стоке:

- Водосборная площадь бассейна реки – 141680 км²
- Среднегодовое расхождение – 609 м³/с
- Среднегодовое сток – 19.25 млн. м³
- Среднемесячный летний минимальный расход – 430 м³/с
- Среднемесячный зимний минимальный расход – 400 м³/с
- Абсолютный суточный максимальный расход – 11860 м³/с
- Абсолютный суточный минимальный расход – 130 м³/с
- Расчетный паводковый расход:
- 0,01 % – 11860 м³/с
- 0,1 % – 8520 м³/с
- 1 % – 6260 м³/с

Согласно Постановлению Правительства Республики Казахстан от 10 марта 2015 года № 115 «Об утверждении Правил, определяющих критерии отнесения плотин к декларируемым, и Правил разработки декларации безопасности плотины», плотина Бухтарминской ГЭС относится к I классу.



Рис.3.1. Вид на плотину Бухтарминской ГЭС.



Рис.3.2. Вид на плотину Бухтарминской ГЭС (нижний бьеф)

4. ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОТИНЫ БУХТАРМИНСКОЙ ГЭС

4.1. Общие данные:

Класс плотины принят в зависимости от объема I водохранилища более 1000 млн. м³ – I класс.

Плотина – бетонная гравитационная. Предназначена для создания напора и водохранилища. Длина плотины – 380 м. Грунты основания скальные габбро и амфиболиты. Максимальный напор на плотину при НПУ – 68 м, отметка гребня – 408 м, превышение гребня над НПУ – 6 м.

Плотина разрезана температурными швами на секции. Конструкция сопрягающих устройств: деформационные швы, имеющие уплотнения – нержавеющая сталь, битумная шпонка, просмоленный канат.

Таблица 4.1.

Характеристики плотины Бухтарминской ГЭС

Параметр плотины	Норматив	Проект	Категория
Водохранилище. Объем, млн. м ³	Более 1 000	49 620	I
Принятая категория			I
Плотина, железобетон. (Основание А, скала), м	от 60 до 100	90	II
Принятая категория			I
Число постоянно проживающих людей, которые могут пострадать от аварии гидротехнических сооружений, чел.	Более 3 000	Более 3000	I
Принятая категория			I

Противофильтрационные устройства – цементационная завеса в основании плотины, площадная цементация по всей площади от напорной грани до оси дренажа с заглублением в скалу на 5 м.

В основании плотины расположен ряд дренажных скважин, место их выпуска – смотровая галерея.

Конструктивные части плотины.

- правобережная глухая плотина и правобережный устой;
- водосливная плотина;
- щитовая стенка 1 – 7 секции;

- щитовая стенка 8 – 9 секции;
- отдельный устой и шандорохранилище;
- левобережная глухая плотина;
- здание гидроэлектростанции приплотинного типа.

4.2. Правобережная глухая плотина и правобережный устой

Протяжённость по гребню – 95 м. Состоит из семи секций, разделённых температурными швами. Ширина секций № 1–5 по 13 м, отметка гребня – 405,0; № 6–7 по 15 м, отметка гребня – 408,0. Седьмая секция является правобережным устоем. Отметка основания в месте сопряжения с водосливной плотиной 317,0 м, в месте примыкания к шлюзу 378,0 м. По высоте плотина меняется от 91 м до 27 м. В пределах 5–7 секций по гребню проходят пути козлового крана. На пятой секции имеется шандорохранилище.

По низовой грани 6 и 7 секций, проложены пути наклонного подъёмника грузоподъёмностью в 10 тс.

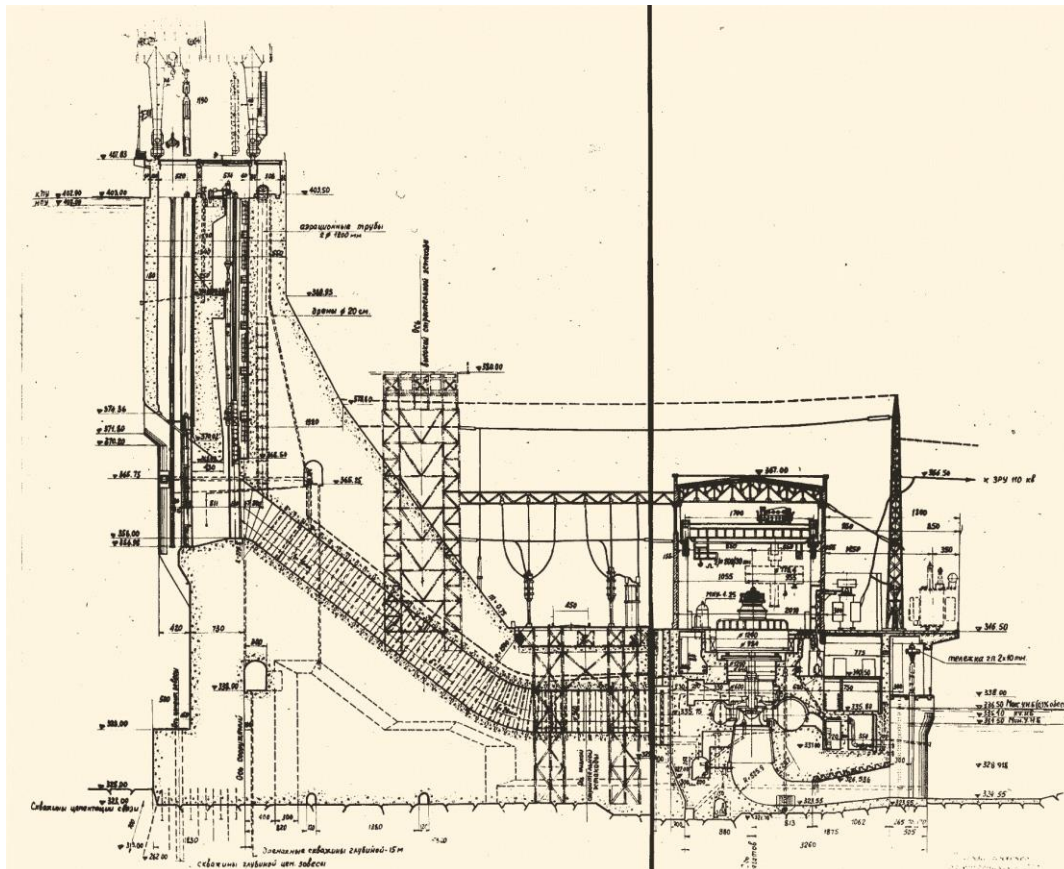


Рис.4.1. Поперечный разрез по оси гидроагрегатов Бухтарминской ГЭС

4.3. Водосливная плотина

Водосливная плотина служит для сброса воды при регулировании водохранилища и при паводковых сбросах. Примыкает к правобережной глухой плотине, имеет один водосбросной пролёт. Отметка порога водослива 390,0 м.

Водосливная часть плотины безвакуумного профиля по Офицерову – Кригеру. Отброс струи от сооружения – 90 м. Длина трамплина – 30 м. Пропускная способность отверстия при пропуске расчетного расхода при НПУ – 750 м³/с. Чтобы уменьшить воздействие потока на откосы правого берега, выполнен закреплённый участок водобоя, отводящий поток в сторону русла.

4.4. Щитовая стенка 8 – 9 секции

Щитовая стенка служит для размещения напорных трубопроводов турбин гидроагрегатов №8, №9 и связанного с их обслуживанием оборудования.

Отметка порога водоприёмных отверстий – 378,0 м.

Количество водоприёмных отверстий 2 шт., размеры отверстий: высота – 8 м; ширина – 8 м.

Расчётный расход воды через одно отверстие при НПУ – 126 м³/с.

– максимальный напор – 44 м.

– основные размеры – пролёт 6 м, высота 8 м.

На низовой грани плотины размещены стальные обетонированные напорные трубопроводы турбин. Напорный трубопровод гидроагрегата №8 с отметки 378,0 м до отметки 364,83 м выполнен одинарным Ø 5,6 м, а с отметки 363,83 м до отметки 333,15 м – двойным трубопроводом, каждый Ø 4 м. Длина трубопроводов – 84 м.

4.5. Раздельный устой и шандороохранилище

Отметка гребня – 408,0 м, длина – 37 м, максимальный напор – 68 м. ширина по гребню – 16 м, по подошве – 78 м. Состоит из 2-х секций шандороохранилища по 12 м (против монтажной площадки) и раздельного устоя – 13 м.

4.6. Щитовая стенка 1 – 7 секции

Щитовая стенка – бетонная гравитационная плотина с расширенными (4 м) межсекционными швами, в секциях которой размещены напорные стальные трубопроводы $\varnothing$ 5,6. Длина трубопроводов: № 1–2 – 72 м; № 3 – 6 – 80 м; № 7 – 82 м;

Отметка гребня – 408,0 м, длина – 133 м, отметка основания 320,0 – 323,0 м, ширина по гребню – 16 м, по подошве – 78 м, максимальный напор – 68 м.

Отметка порогов водоприёмных отверстий № 1, 2 – 358,0 м; № 3–6 – 370,0 м №7 – 370,0 м. Размеры отверстий: высота 8 м, ширина 8 м.

Расчётный расход воды через одно отверстие: при НПУ – 126 м³/с.

В пределах секций по гребню проходит путь козлового крана на отметке 408,0 м. На отметке 403,0 расположено помещение холодного коридора, помещение гидроподъёмников и коридор аэрационных труб.

4.7. Левобережная глухая плотина

Служит для сопряжения сооружения напорного фронта с левым берегом.

Отметка гребня 405 м. Длина – 52 м, ширина по гребню – 16 м, по подошве – 60 м. Наибольшая высота – 83 м. По длине плотина разбита температурными швами на 4 секции. Ширина секций № 1–2 по 15 м, № 3 – 14 м, № 4 – 6 м. Подошва плотины имеет ступенчатую форму и заглублена в скальный берег на 20 м.

4.8. Щитовая стенка

Рабочий затвор:

- тип затвора – плоский, глубинный, скользящий;
- количество затворов – 9 шт;

Сорудерживающие решётки сварные, ригельные, двухсекционные. Количество 9 шт. В помещении гидроподъёмников расположены гидроприводы грузоподъёмностью 250тн, предназначенные для поднятия и опускания рабочего затвора. Монтаж и ремонт затворов осуществляется с помощью козлового крана грузоподъёмностью 2х100 / 2х37,5 тс.

4.9. Водосливная плотина

Водосливной пролет перекрывается плоским двухсекционным рабочим и ремонтным затворами.

- тип затвора – плоский, колёсный, секционный, сварной конструкции;
- максимальный напор – 12,17 м;
- масса затворов: рабочего – 150 т, ремонтного – 150 т;
- основные размеры рабочего и ремонтного затворов – пролёт 18 м, высота 12,17 м.

Монтаж, эксплуатация и ремонт затворов осуществляется с помощью козлового крана грузоподъёмностью 2х100 т и 2х37,5 т.



Многолетний опыт эксплуатации гидротехнических сооружений показывает, что использование расходных характеристик, полученных только на основании расчетов по действующим техническим нормам, приводит к погрешностям в определении расходов воды, особенно при решении задач распределения стока между водопотребителями. В первую очередь эти погрешности возникают из-за невозможности предвидеть и учесть местные условия работы сооружения, такие как сбойность течения, отложения наносов, неравномерный пропуск воды по фронту сооружения и т.д. Поэтому, несмотря на достаточную теоретическую разработку принципиальных методов гидравлических расчетов сооружений, практическое использование этих

методов для расчета характеристик конкретных эксплуатационных характеристик затруднено.

Уточнение гидравлических характеристик, полученных расчетным путем, может быть произведено либо исследованием сооружений на модели, либо проведением полноценных натурных испытаний.

Как известно, результаты натурных испытаний водопропускных сооружений, главным образом поверхностных водосливных и глубинных напорных отверстий, рассматриваются в основном с точки зрения анализ полученных расходных характеристик, их сравнения между собой и с проектными предположениями.

Приводимые значения коэффициентом расхода полученные в натурных условиях, могут служить ориентиром при расчетах пропускной способности сооружений в проектной и эксплуатационной практике.

Коэффициент расхода должен учитывать помимо гидродинамических свойств оголовка, условия, связанные с подтоплением, боковым и вертикальным сжатием, влиянием бычков, пазов, забральных стенок и других конструктивных особенностей водосливной плотины.

В этой связи, на Бухтарминской ГЭС испытания способом контрольного отверстия были проведены весной 1967 года. Особенность условий испытаний на этой плотине состояла в том, что нижний бьеф Бухтарминской ГЭС находится в зоне влияния подпора от Усть-Каменогорской ГЭС. Поэтому потребовалось некоторые дополнительные ограничения по режиму не только Бухтарминской, но и Усть-Каменогорской ГЭС; также дополнительно потребовалось при проведении испытаний учитывать возникновение волны опорожнения или наполнения, возникающей в Усть-Каменогорском водохранилище при изменении режима Бухтарминской ГЭС.

На Бухтарминской плотине, с правой стороны от здания ГЭС имеется одно водосливное отверстие шириной в свету 18 м. Высота порога 63 м. Отверстие перекрывается плоским затвором. Профиль порога – практический, более полый, чем безвакуумный; очертание выполнено произвольным в связи

с изменением проекта в ходе строительства. Напор над гребнем 12 м. По проектным данным (расчетного характера) при свободном переливе коэффициент расхода выполненного оголовка $m=0,48$ (расход воды $1590 \text{ м}^3/\text{с}$). Бычки выступают в верхний бьеф на 3 м от порога; в бычках два ряда пазов; для ремонтного и основного затворов.

Период движения этой волны до Усть-Каменогорской ГЭС и обратно составил, как было получено путем натурных наблюдений за уровнями, около 6 часов. Этот отрезок времени являлся критическим сроком для продолжительности опыта.

По эксплуатационным условиям испытания были проведены при двух открытиях затвора (2,4м и 3,6м); результаты испытаний были проконтролированы использованием водобалансового метода (это удалось благодаря малой длине Усть-Каменогорского водохранилища и отсутствию боковой приточности). Полученные результаты хорошо согласовались с данными непосредственных испытаний. Коэффициент расхода при относительном открытии затвора 0,4Н составил по формуле (1) $\varphi_{\varepsilon}=0,67$, по формуле (2) $m=-0,60$.

$$Q=\varphi_{\varepsilon}ab(2g(H-a/2))^{0,5} \quad (1)$$

$$Q=mab(2gH)^{0,5} \quad (2)$$

6. ИСТОРИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА БУХТАРМИНСКОЙ ГЭС.

19 апреля 1960 года — является днем рождения Бухтарминского водохранилища.

Одним из звеньев плана ГОЭЛРО (Государственная комиссия по электрификации России) предусматривалось использование дешевых водных сил Иртыша. В шестидесятых годах прошлого века для быстро развивающихся цветной металлургии и сельского хозяйства Восточно–Казахстанской области требовались мощные энергетические источники.

Построенные здесь в 1920–1930–ые годы Лениногорский каскад ГЭС и давшая первый ток 21 декабря 1952 года Усть–Каменогорская ГЭС на

Иртыше (принята в эксплуатацию 22 февраля 1955 года) не могли полностью удовлетворить потребности в дешевой энергии. К проектированию первой ступени Иртышского каскада гидроэлектростанций — Бухтарминской ГЭС — приступили еще до ввода в эксплуатацию Усть-Каменогорской ГЭС, в 1951 году.

Проектирование ГЭС осуществлялось Ленинградским отделением Всесоюзного научно-исследовательского института «Гидропроект» имени С.Я.Жука. Проектировщики во главе с главным инженером проекта Мироновым М.А. очень удачно выбрали створ гидроэлектростанции, что определило экономичность ее строительства. Предстояло провести огромный объем работ по подготовке зоны затопления площадью в 332,8 тысяч гектаров на территории Восточно-Казахстанской и Семипалатинской областей, в том числе и Зыряновского района. Переселению подлежало 95 населенных пунктов, 9600 семей (27,5 тыс. человек), затоплялись земли 50 колхозов и одного совхоза (в Зыряновском районе – трех колхозов), 11 тысяч гектаров лесов, ряд предприятий местной промышленности, а также пять нефтебаз, 6 пристаней, 97 километров дорог.



Рис.6.1. Перекрытие русла реки Иртыш.

Строительство ГЭС началось в 1953 году, первый агрегат пущен в 1960 году, на полную мощность станция введена в 1966 году.

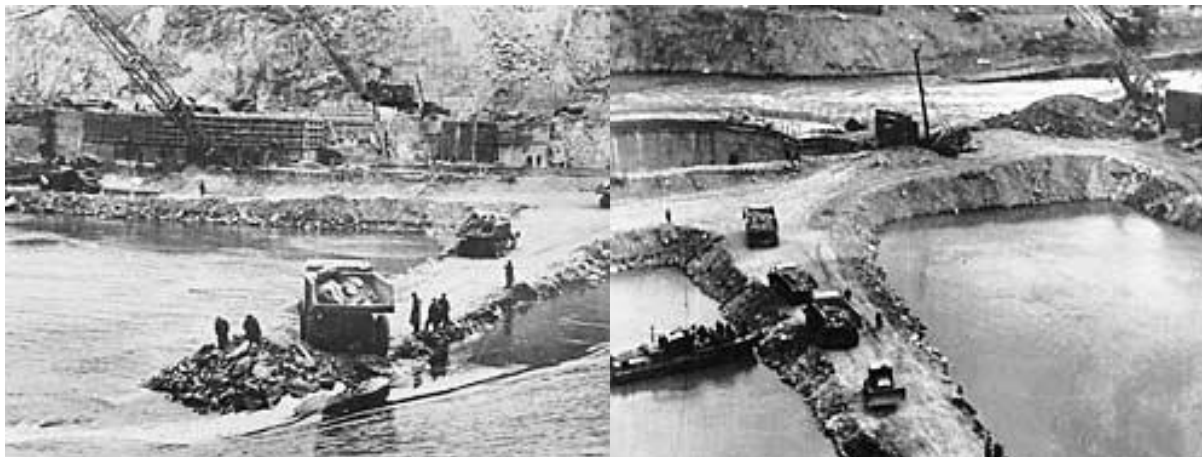


Рис.6.2. Перекрытие русла реки Иртыш.

Строительство производилось в незатопленных котлованах, огражденных перемычками. Перемычки возводились в две очереди. За перемычками первой очереди, возводимыми у правого берега, строилась водосливная плотина, а за перемычками второй очереди сооружалась собственно гидроэлектростанция. Строительство Бухтарминской ГЭС осуществлялось трестом «ИртышГЭССтрой». Был внедрен метод перекрытия реки с помощью плавучего моста оригинальной конструкции, который был впервые применён на строительстве Усть–Каменогорской ГЭС и нашёл широкое применение в советском гидростроительстве, строители Бухтарминской ГЭС впервые в мировой практике применили новую технологию укладки жестких бетонов в длинные блоки зимой путем применения передвижных шатров.

В октябре 1957 года русло реки Иртыш было перекрыто путем отсыпки крупных камней весом до 15–20 тонн. 5 августа 1960 года в 19 часов 5 минут на холостые обороты был поставлен первый агрегат. В течение 1960 года были сданы в эксплуатацию еще два агрегата, в 1961 году — четвертый, пятый, шестой. В 1965 году электроэнергия Бухтарминской ГЭС влилась в объединенную энергосистему Казахстана. Последняя девятая турбина была сдана 30 ноября 1966 года.

К первому октября 1968 года строительство ГЭС было завершено, а 2 января 1969 года приказом Министра энергетики и электростанций СССР Бухтарминская ГЭС была принята в эксплуатацию полностью. По утвержденному проектному заданию предусматривалась мощность гидроэлектростанции 435МВт.

В процессе строительства мощность гидроэлектростанции была увеличена до 675 МВт, и вместо шести гидроагрегатов введено девять. Первоначально на ГЭС были установлены турбины мощностью по 75 МВт, в том числе впервые в СССР была установлена экспериментальная диагональная гидротурбина (позднее турбины этого типа были установлены также на Зейской и Колымской ГЭС), а также турбина с двухподводной спиральной камерой.

Заполнение водохранилища началось в 1960 году с помощью плотины Бухтарминской ГЭС. С 1966 г. осуществляет многолетнее регулирование стока. Водохранилище состоит из 2 участков: речного — по долине реки Иртыш, и озера Зайсан, на месте которого образовался широкий плёс. После сооружения плотины образовался подпор высотой 67 м., который распространился по Чёрному Иртышу на 100 км., в результате чего уровень озера Зайсан поднялся на 6 м., площадь озера увеличилась в 3 раза и оно стало частью Бухтарминского водохранилища.

При строительстве гидротехнических сооружений Бухтарминской ГЭС впервые в СССР использовался так называемый **«жесткий бетон»**, для укладки которого применялась специально разработанная технология. В 2002 году были взяты пробы бетона из 60-ти различных точек и направлены для анализа в две независимые лаборатории. По итогам анализа были получены результаты, по которым прочность бетона повысилась по сравнению с периодом строительства. Таким образом, в 2002 году этот объект признан лучшим в мире в области гидроэнергетики.



Рис.6.3. Укладка бетона в тело плотины.



Рис.6.4. Строительство плотины

При строительстве Бухтарминской ГЭС выполнены большие объемы работ, которые составили:

По выемке мягкого грунта — 185 тыс.м³

По выемке скалы — 1190 тыс.м³

По образованию насыпей и обратной засыпке — 327 тыс. м³

По бетону и железобетону — 1180 тыс.м³

По металлоконструкциям и механизмам — 11,6 тыс.тн.

Хроника строительства Бухтарминской ГЭС

1.	15.11.1952	Совет Министров СССР принял решение начать строительство Бухтарминской ГЭС на р. Иртыш.
2.	17.12.1953- 08.03.1954	Работы по рубке ряжей перемычки 1-й очереди.
3.	01.12. 1955	Организована Дирекция строящейся ГЭС. Построена подстанция «Козловка» и ЛЭП «УК ГЭС-Серебрянка».
4.	14.06.1956	Начата укладка первого бетона в водосливную плотину.
5.	10.10.1957	Перекрытие реки Иртыш.

6.	01.07.1958	Начата укладка бетона в основание 1-го гидроагрегата.
7.	09.10.1958	Начато строительство закрытого распредустройства ЗРУ-110 кВ.
8.	06.10.1959	Начато строительство здания ГЭС.
9.	24.10.1959	Закрыт последний пролет плотины.
10.	19.04.1960	Начато затопление Бухтарминского водохранилища.
11.	22.04.1960	Начат монтаж 1-го гидроагрегата.
12.	14.08.1960	Пуск 1-го гидроагрегата.
13.	30.10.1960	Пуск 2-го гидроагрегата.
14.	28.12.1960	Пуск 3-го гидроагрегата.
15.	18.03.1961	Пуск 4-го гидроагрегата.
16.	04.12.1961	Пуск 5-го гидроагрегата.
17.	24.12.1961	Пуск 6-го гидроагрегата.
18.	25.09.1964	Пуск 8-го гидроагрегата.
19.	16.08.1965	Пуск 7-го гидроагрегата.
20.	27.11.1966	Пуск 9-го гидроагрегата.
21.	20.10.1968	Приказом Министерства энергетики и электрификации СССР от 12.08.1968 г. № 275/р Бухтарминская ГЭС сдана в постоянную эксплуатацию.

В 2001—2010 годах в рамках масштабной реконструкции были заменены рабочие колеса гидротурбин и реконструированы гидрогенераторы, что позволило увеличить мощность станции (в настоящее время 750 МВт).

7. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

7.1. Климат

По климатическому районированию согласно СНИП РК 2.04.01–2010 «Строительная климатология» район относится к зоне 1В, I-му климатическому подрайону. Климат района резко континентальный с продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом, с большими суточными колебаниями температуры воздуха. Классифицируется как «умеренно–холодный». Данные приведены в таблице 1.4.

Таблица 7.4

Климатические характеристики

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Показатели
1	Среднегодовая температура воздуха	°С	+2,8
2	Средняя температура января	°С	-16.2
3	Средняя температура июля	°С	+20.7
4	Среднегодовое количество осадков	мм	480÷500
5	Максимальная высота снежного покрова	см	90
6	Преобладающее направление ветра	направление	СВ
7	Максимальная скорость ветра	м/с	28

7.2. Геолого-морфологические условия

Участок р. Иртыш, выбранный для размещения Бухтарминского гидроузла, размещен на куполообразном массиве, образованным интрузивным телом габбро. Интрузия пререзает толщу древних (D_3-C_1) метаморфических сланцев разнообразного состава. Породы интрузии метаморфизованы и представлены амфиболитовыми габбро и амфиболитами.

Породы интрузивного комплекса рассечены трещинами отдельности небольшой (до 1 м) протяженности, образующими блоки с длиной ребра от 0,2 до 1 м. В амфиболитах размеры блоков меньше, чем в габбро.

Подавляющее большинство трещин залечено кварцем и кальцитом, развитыми в виде жил и линз, местами полностью замещающими основную породу.

В коренных породах распространены подземные трещинные воды гидрокарбонатно-кальциевого состава, мягкие, по отношению к бетону, неагрессивные. Проницаемость пород низкая, зависит от степени открытой трещиноватости пород низкая, зависит от степени открытой трещиноватости пород, средняя величина удельного водопоглощения составляет 0,03 л/мин.

7.3. Сейсмические условия

В соответствие СНиП РК 2.03-30-2006 (по состоянию на 11.07.2014 г.) «Строительство в сейсмических районах» сейсмичность района строительства

Бухтарминской ГЭС оценивается в 7 баллов (по 12-балльной системе MSK-64).

В 2005–2006 гг. Центром службы геодинимических наблюдений в энергетической отрасли (ЦСГЭНО) по договору № С-15/2005-455 выполнялась работа «Уточнение исходной сейсмичности района расположения основных сооружений ГЭК ТОО «Казцинк» на р. Иртыш, определение параметров сейсмических воздействий и расчетная оценка сейсмостойкости сооружений гидроузла».

В результате работ по микросейсморайонированию были определены расчетные сейсмические воздействия для ГТС БГЭС: расчетное значение интенсивности при проектном землетрясении (ПЗ) – 8 баллов; расчетное значение при максимальном расчетном землетрясении (МРЗ) – 9 баллов.

7.4. Основные морфологические и водохозяйственные характеристики водохранилища

В состав водохранилища вошло озеро Зайсан и дельта реки Черный Иртыш. По морфологическим и гидрологическим особенностям водохранилище разделяется на два участка. Верхний участок – это бассейн оз. Зайсан с дельтами рек Черный Иртыш и Кокпекты – с небольшими глубинами. Нижний участок – Иртышский отрог, – в свою очередь, делится на два:

Большой Иртыш, от истоков до с. Камышинка, – типично равнинного характера со слабо изрезанной береговой линией, средними глубинами. Иртыш, от с. Камышинка до плотины ГЭС, – горного характера с изрезанной береговой линией, здесь преобладают глубины до 20 м.

Площадь водосбора в створе гидроузла 141680 км², средний годовой сток 18600 млн. м³, за половодье – 13000 млн. м³.

При НПУ 402,0 м площадь водохранилища составляет 550 тыс. га, при УМО 395,0 м – 314 тыс. га (на озерную часть оз. Зайсан приходится около 360 тыс. га, на Иртышский отрог – 190 тыс. га).

Полная вместимость 49620 млн. м³, полезная – 30810 млн. м³.

Длина водохранилища 510 км, в том числе по оз. Зайсан – 110 км, по р. Иртыш – 350, по р. Черный Иртыш – 50 км. Ширина в устьях рек Бухтарма и Нарын до 16 км, в озерной части – более 30, по Иртышскому отрогу – 5–7 км. Средняя глубина 40 м, у плотины – 80 м. Площадь с глубинами до 7,5 м 245 тыс. га, или 46 % общей площади, с глубинами свыше 20 м – 53 тыс. га, или 10 % общей площади. Зимняя сработка уровня составляет 2–3 м. Водохранилище Бухтарминской ГЭС не должно срабатываться ниже отметки УМО – 395.0 м.

Объемы сезонного притока к Бухтарминскому водохранилищу

Таблица 7.1

Сезон		Гидрологический объект	Параметры				Сезонный сток (км ³) вероятностью превышения		
			$\bar{W}$, км ³	% от год.	C_v	C_s	5 %	50 %	95 %
Весеннее половодье	(IV – VII)	Приток к БГЭС	13.61	70.70	0.29	2 C_v	20.56	13.23	8.11
Лето – осень	(VIII–X)	Приток к БГЭС	3.43	17.80	0.36	2 C_v	4.55	3.38	2.17
Зима	(XI–III)	Приток к БГЭС	2.21	11.50	0.22	2 C_v	3.07	2.18	1.60

Максимальные расходы притока различной обеспеченности в естественных условиях

Таблица 7.2.

Водоток, створ	Параметры			Расходы, м ³ /с вероятностью превышения				
	Q , м ³ /с	C_v	C_s	0,01 %	0,1 %	1 %	5 %	10 %
р. Иртыш, Бухтарминская ГЭС	2930	0.35	4 C_v	11860	8520	6260	4860	4250

8. ОСНОВАНИЕ ПЛОТИНЫ

Основанием бетонных сооружений напорного фронта служат преимущественно габбро и амфиболиты примерно в равных соотношениях. Изучение свойств габбро и амфиболитов показало, что породы характеризуются идентичными классификационными показателями и в инженерно-геологическом отношении должны рассматриваться как

однородная по свойствам среда. Тектоническая трещиноватость не приводит к изменению свойств основания плотины, так как в подавляющем большинстве случаев трещины вертикальные и имеют небольшое раскрытие, а те из них, что сопровождаются расланцеванием и катализом пород, обычно сцементированы прочным минеральным заполнителем – кварцем или кальцитом.

Значения расчётных характеристик для двух основных пород основания приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Название пород	Плотность, т/м ³	Предел прочности на одноосное сжатие, Мпа (кгс/см ²)	Модуль деформации, Мпа (кгс/см ²)		Коэффициент Пуассона		Параметры прочности	
				для зоны разгрузки	для сохранных пород	для зоны разгрузки	для сохранных пород	φ	С, кПа (кгс/см ²)
1	Габбро	2,9	110 (1100)	8000 (8000)	40000 (400000)	0,25	0,2	0,7	300 (3)
2	Амфиболит	2,9	110 (1100)	30000 (300000)	40000 (400000)	0,25	0,2	0,7	300 (3)

9 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА (КИА)

Обслуживание и контроль состояния гидротехнических сооружений и их механического оборудования осуществляет персонал гидротехнического цеха, в том числе группа наблюдений из двух осматривающих под руководством инженера по контролю за гидротехническими сооружениями. Обслуживание механического оборудования осуществляет персонал механической группы электромашинного цеха. Контроль состояния механического оборудования осуществляют инженерно-технические работники МЦ и оперативный персонал станции.

Состав и периодичность проводимых натурных наблюдений за гидротехническими сооружениями соответствует рекомендациям ВНИИГ, нормативным материалам. Данные по наблюдениям заносятся в специальные журналы, а также на ПК.

Согласно требованиям Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей, проводят инженерно-сейсмометрические наблюдения на гидротехнических сооружениях Бухтарминского ГЭК, как сооружениях первого класса, расположенного в районе с сейсмичностью 7 баллов.

Сведения о составе контрольно-измерительной аппаратуры

Таблица 9.1

<i>Наименование сооружения и место установки аппаратуры</i>	<i>Наименование аппаратуры</i>	<i>Количество, шт</i>
Бетонная плотина	Пьезометры	72
	Щелемеры	87
	Прямые отвесы	2
	Дрены	128
	Реперы	247

Состав установленной контрольно-измерительной аппаратуры (КИА)

Фильтрационная КИА, шт.

1	Пьезометры	1 раз в месяц	72
2	Дренажные скважины	1 раз в месяц	40
3	Мерные водосливы	1 раз в месяц	20

Геодезическая и прочая КИА, шт.

4	Щелемеры	1 раз в месяц	87
5	Прямые отвесы	3 раза в месяц	2
6	Марки	сокращенный цикл	121
7	Контрольные пункты	измерений проводится – 2	28
8	Опорные пункты створы	раза в год; полный цикл	7
9	Постоянные репера	измерений – один раз в пять лет	11
10	Места измерения температуры в галереях	1 раз в месяц	
11	Внешние воздействия	УВБ и УНБ 1 раз в месяц; Т воздуха, Т воды верхнего и нижнего бьефа 5 раз в неделю	5

Визуальные наблюдения

12	Трещины	по плану ежемесячных визуальных наблюдений	
----	---------	--	--

Состав наблюдений, проводимых для контроля состояния плотины:

- 1 Общие гидрометеорологические наблюдения:
 - а) уровни воды ВБ, НБ
 - б) температурный режим воды
ВБ – поверхностные слои
НБ – поверхностные слои
 - в) толщина льда перед затворами
- 2 Температурные режимы плотины:
 - а) температура и влажность воздуха в галереях
 - б) температура воды в расширенных швах
 - в) температура донного слоя воды в пьезометрах № 20, 32
 - г) температура наружного воздуха
- 3 Наблюдения за раскрытием швов и трещин:
 - а) раскрытие ТШ по щелемерам
 - б) раскрытие трещин и строительных швов
- 4 Наблюдения за общими деформациями сооружений:
 - а) относительные смещения по прямым отвесам
 - б) осадки и смещения – геодезический метод
- 5 Наблюдения за противодавлением в основании сооружений:
 - а) уровни воды в безнапорных пьезометрах и неизливающих дренах
 - б) давление в напорных пьезометрах и дренах
 - в) уровни воды в расширенных швах
- 6 Периодичность поверка работы пьезометра и дрен:
 - а) испытание чувствительных пьезометров
- 7 Наблюдения за фильтрацией в теле и основании сооружений:
 - а) фильтрационный расход через ТШ
 - б) расходы фильтрации в кюветах галерей
 - в) определение количества осадка в дренах основания, по мере необходимости – очистка
- 8 Визуальные наблюдения:
 - а) состояния гидротехнических сооружений
 - б) состояние стен и сводов
 - в) состояние м/к: затворов, щитов, ферм мостов
 - г) состояние мостов при t ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (осмотр)
 - д) состояние КИА
- 9 Наблюдения за состоянием бьефов и берегов:
 - а) промеры и водолазные осмотры НБ
 - б) промеры и водолазные осмотры ВБ

в) осмотры состояния склонов: левого, правого

Состав и периодичность проводимых натурных наблюдений за гидротехническими сооружениями соответствуют рекомендациям и нормативам.

10. СОСТОЯНИЕ ПЛОТИНЫ

Регулярные наблюдения за противодавлением в основании плотины проводятся по 45 контактным пьезометрам продольного створа, расположенным за цементационной завесой. А также по пьезометрам в 6-ти поперечных створах, установленным в подошве правобережного и раздельного устоев, секции 2 щитовой стенки, 1 и 2 секциях левобережной глухой плотины (ЛГП), в створе температурного шва между 2 и 3 секциями ЛГП.

С начала эксплуатации Бухтарминской плотины пьезометрические напоры в русловой части остаются стабильными, практически не превышающими уровень расчетного противодействия.

Перемещение тела плотины измеряется по показаниям прямых отвесов, расположенных в теле плотины. Измеренные перемещения по прямым отвесам не превышают критериальных значений.

Наблюдения за раскрытием межсекционных швов производится на отметках 405.0 м, 384.0–378.0 м, 364.0–358.0 м, 338.0 м. Раскрытие температурных швов не превосходит предельно допустимых значений. В целом закономерность раскрытия температурных швов, наблюдаемая по щелемерам, установленным на швах за последнее время не изменилась.

По данным геодезических измерений, производимых один раз в 5 лет, перемещений и осадок плотины незначительные (смещения не превосходят 1 мм/год).

Величина фильтрационных расходов незначительная и соответствует сезонному изменению УВБ. Расход воды через дренаж основания плотины

незначительный, большая часть дебита приходится на дрена Б-4, расположенную в основании второй секции левобережной глухой плотины.

Таблица 3.3 – Суммарная величина фильтрационного расхода по годам

<i>Конструктив</i>	<i>Ед. изм.</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>
ПБГП	л/час	547	674	655	719	655
ЛБГП	л/час	550	632	582	504	582
ВП и ЩС	л/час	444	372	639	1031	639
Всего	л/час	3554	3692	3891	4270	3893
	л/с	0,99	1,03	1,08	1,19	1,08

Водомерные посты, установленные в районе правобережной глухой плотины в районе ЗРУ-110 кВ, показывают сезонное изменение расхода воды. Максимальный фильтрационный расход поста в районе правобережной глухой плотины в 2017 г. составил 639.0 л/ч (625.0 л/ч в 2016 г.). В зимнее время расход значительно уменьшается в связи с промерзанием дренажа.

Максимальный расход поста в районе ЗРУ-110 кВ – 479.0 л/ч (600.0 л/ч в 2016 г.), фильтрация наблюдается только в период навигации при работе шлюза.

Приборы, установленные в теле плотины, показали стабильную работу сооружения. По ряду приборов, указанных в таблице и реагирующих на сейсмические толчки изменений, не наблюдается. Изменений по фильтрации в основании и температурных швах не наблюдается, что показывает удовлетворительную работу противифльтрационного контура. Проведены замеры по всем щелемерам температурных швов – работа температурных швов стабильна, отклонений по данным замеров не наблюдается.

По визуальным осмотрам плотины машзала и здания ЗРУ следует отметить удовлетворительную работу сооружений, дефектов не обнаружено. Пролетные строения и металлоконструкции мостов находятся в удовлетворительном состоянии.

Данные натурных наблюдений свидетельствуют о том, что сооружения плотины находятся в удовлетворительном состоянии. Противодействие в основании плотины ниже расчетного, фильтрация имеет практически

постоянный характер. В 2012 году проведены работы по ремонту ПБ дренажа в обход плотины, что позволило устранить растекание фильтрационных вод по безнапорной грани ПБ глухой плотины.

Водопроницаемость напорного фронта плотины и ее скального основания низкая, что свидетельствует о надежном состоянии системы «плотина – основание».

Значения противодействия в основании плотины в подавляющем большинстве случаев ниже проектных. Незначительное превышение проектной величины противодействия в левобережной глухой плотине (ЛГП) не представляет опасности для сооружения (Научно-технический отчет ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. ВЕДЕНЕЕВА» «Оценка состояния плотины и здания ГЭС Бухтарминского гидроэнергетического комплекса по данным натурных наблюдений за 2005–2009 гг. и корректировка критериальных значений диагностических показателей состояния плотины»).

11. ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛОТИНЫ

На объекте имеется Инструкция по эксплуатации гидротехнических сооружений Бухтарминской гидроэлектростанции ИЭ 07/06-01-22, разработанная в соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Республики Казахстан» РД 34 РК.20.501-02, инструкции И 20-(50-29)-01 «Порядок разработки и оформления инструкций по эксплуатации оборудования» и предназначена для персонала гидротехнического цеха, осуществляющего техническое обслуживание и ремонт гидротехнических сооружений.

На гидротехнических сооружениях БГЭС регулярно проводится планово-предупредительные ремонты гидротехнических сооружений (капитальный и текущий), организуемые в соответствии с действующими «Инструкцией по организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций, тепловых и электрических сетей» (РД 122.04181-03) и «Правилами технической

эксплуатации электрических станций и сетей Республики Казахстан» (РД 34 РК.20.501-02).

12. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОПАСНОСТИ

Природные факторы. Землетрясения, ураганные ветры, снегопады, ливневые дожди, катастрофические паводки.

Техногенные факторы. Нарушение правил эксплуатации.

Для бетонных плотин: снижение прочности основания в результате размыва в нижнем бьефе водосбросов, в результате повышенной фильтрации в основании плотины, пониженная прочность бетона из-за выщелачивания, превышения уровня воды ВБ выше расчётного, перелив воды через гребень плотины с размывом основания.

Для здания ГЭС: затопление при пуске гидроагрегата после ремонта из-за несогласованных действий персонала, повышенные вибрации гидроагрегатов при работе не в расчётных режимах, системные аварии в электросетях с полным отключением ГЭС. Террористические акты.

На гидротехнических сооружениях БГЭК возможны *следующие аварии:*

- нарушение нормальной работы цементационной завесы сооружений;
- возможны выявления трещин в сварных швах металлоконструкций, при сильных морозах (закладные части, подкрановые балки, фермы мостов и т.д.);
- трещины в бетонных массивах или ненормальное раскрытие температурных швов; нарушение работы дренажа;
- разрыв байпасных трубопроводов и затопление потерны;
- обмерзание пазов и затворов водосливной плотины, аэрационных труб, пазов отсасывающих труб.

Гидродинамическая авария- Проведенные расчеты плотины с учетом воздействия сейсмических нагрузок при 9-ти балльном землетрясении на прочность и устойчивость, современное состояние плотины и мероприятия,

обеспечивающие ее работоспособность при длительном сроке эксплуатации, подтверждают надежность плотины. Кроме того, при площади поверхности водохранилища 5500 км² при НПУ нивелируются природные максимумы расходов притока, что исключает внезапный подъем уровня ВБ с переливом воды через гребень плотины. В этих условиях вероятность гидродинамической аварии сводится к нулю и необходимость расчета последствий катастрофического паводка отпадает.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Технический паспорт гидроэлектрических сооружений электростанции Бухтарминская гидроэлектростанция на реке Иртыш. 1983 г., г. Серебрянск.
2. Научно-технический отчёт «Корректировка диагностических показателей и создание информационно-диагностической системы плотины Бухтарминской ГЭС». Договор №356. 29 июня 2005 г.
3. План гидротехнических сооружений Бухтарминской ГЭС.
4. Декларация промышленной безопасности опасного производственного объекта Бухтарминского гидроэнергетического комплекса ТОО «Казцинк». г. Серебрянск. 21.01.2015 г. Файл PDF.
5. Инструкция по эксплуатации гидротехнических сооружений Бухтарминской гидроэлектростанции. ИЭ 07/06–01–22, 2017 г., г. Серебрянск.
6. Постановление Правительства Республики Казахстан от 10 марта 2015 года № 115 «Об утверждении Правил, определяющих критерии отнесения плотин к декларируемым, и Правил разработки декларации безопасности плотины» с изменениями МСХ РК от 2 августа 2016 года №351.
7. Технический паспорт гидротехнических сооружений электростанции Бухтарминская гидроэлектростанция на реке Иртыш. 1983 г., г. Серебрянск.
8. Методика оценки уровня безопасности гидротехнических сооружений, разработанная ОАО «НИИЭС», Москва, 2004 г.
9. Официальный сайт АО Бухтарминская ГЭС «История ГЭС», 2020 г. <http://bges.kz/ru/hotline.htm>
10. Выпуск 46. Серков В.С., А.С. Воробьев, А.П. Гурьев, Л.Н. Байчиков «Пропускная способность водосбросов гидроэлектростанций, Энергия, М 1974 г.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____