

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт Архитектуры, строительства и энергетики им. Т.К. Басенова

Кафедра Инженерные системы и сети

Гальченко Ярослав Константинович

Технико-экономическое обоснование каскада ГЭС на реке Усек

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

Специальность 5В080500 – Водные ресурсы и водопользование

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт Архитектуры, строительства и энергетики им. Т.К. Басенова

Кафедра Инженерные системы и сети

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
Инженерные системы и сети
канд. техн. наук, ассоц. проф.
 Алимова К.К.
« 08 » 05 2019 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

На тему: “ Техничко-экономическое обоснование каскада ГЭС на реке Усек ”

по специальности 5В080500 – Водные ресурсы и водопользование

Выполнил

Гальченко Я.К.

Руководитель
д-р техн. наук, профессор
 Касымбеков Ж.К.
« 8 » 05 2019 г.

Алматы 2019

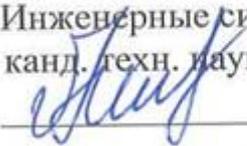
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт Архитектуры, строительства и энергетики им. Т. Басенова

Кафедра Инженерные системы и сети

5В080500 – Водные ресурсы и водопользование

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Инженерные системы и сети
канд. техн. наук, ассоц. проф.
 Алимова К.К.
“04” 03 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Гальченко Ярославу Константиновичу
Тема: Технико-экономическое обоснование каскада ГЭС на реке Усек
Утверждена приказом Ректора Университета №1210-б от 30 ноября 2018 г.
Срок сдачи законченной работы 30 апреля 2019
Исходные данные к дипломному проекту: Параметры ГЭС на р.Усек (по $Q=3,92 \text{ м}^3/\text{с}$, Геодезический напор по ГЭС $H=53,0 \text{ м}$, суммарная мощность $N=25,6 \text{ МВт}$).
Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:
а) основной раздел;
б) технология строительства и эксплуатация проектируемого объекта водопользования;
в) предпроектный анализ.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Головной водозаборный узел; отстойник; ГЭС-1 деривационный канал; станционный узел; дюкер; напорный водовод со зданием ГЭС.
Рекомендуемая основная литература: из 11 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых	Сроки представления руководителю	Примечание
Основной раздел	12.02.2019 г. – 01.04.2019 г.	<i>выполнено</i>
Технология строительства и эксплуатация проектируемого объекта водопользования	01.04.2019 г. – 20.04.2019 г.	<i>выполнено</i>
Предпроектный анализ	20.04.2019 г. – 30.04.2019 г.	<i>выполнено</i>

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Технология строительства и эксплуатация проектируемого объекта водопользования	Ж.К.Касымбеков, д-р техн. наук, профессор	<i>01.04.2019</i>	<i>[Подпись]</i>
Предпроектный анализ	Ж.К.Касымбеков, д-р техн. наук, профессор	<i>20.04.2019</i>	<i>[Подпись]</i>
Нормоконтролер	А.Н. Хойшиев, канд. техн. наук, лектор	<i>10.05.19</i>	<i>[Подпись]</i>

Руководитель

[Подпись] Касымбеков Ж.К.

Задание принял к исполнению обучающийся

[Подпись] Гальченко Я.К.

Дата

“12” 02 2019 г.

АНДАТПА

Дипломдық жобаның технологиялық бөлімінде станцияның бас су алу ғимаратының, суқабылдағыштың, деривациялық каналдың, гидроэнергетикалық көрсеткіштерінің және қысымды бассейнің есептері келтірілген. Құрылысты ұйымдастыру және атқару мәселелері жұмыстың екінші бөлімінде қарастырылған. Экономика бөлімінде технико-экономикалық көрсеткіштер, бір жылдық пайдалану шығындары, судың өзіндік құны анықталған.

АННОТАЦИЯ

В технологическом разделе дипломного проекта приведены расчеты водно-энергетических показателей, головного водозаборного узла, водоприемника, деривационного канала ГЭС и напорного водовода. Вопросы организации и строительства ГЭС и производства работ рассмотрены во втором разделе дипломного проекта. В разделе расчета показателей экономической эффективности изложены результаты расчета ежегодных эксплуатационных расходов, себестоимость продукции.

ABSTRACT

In the technological section of the graduation project, the calculations of water and energy indicators, head intake unit, water intake, derivational canal of hydroelectric power station and pressure water conduit are given. The organization and construction of the hydroelectric power station and production are discussed in the second section of the graduation project. In the section of calculation of indicators of economic efficiency, the results of the calculation of annual operating costs, cost of production.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Основной раздел	8
1.1 Общее описание проекта	8
1.2 Технологические схемы и состав ГЭС	8
1.3 Водно-энергетические расчеты	9
1.4 Расчет головного водозаборного узла	10
1.5 Расчет отстойника	12
1.6 Расчет деривационного канала ГЭС	17
1.7 Расчет напорного бассейна	18
1.8 Расчет напорного водовода	20
1.9 Расчет дюкера	22
2 Технология строительства и эксплуатация проектируемого объекта водопользования	24
2.1 Общие положения по строительству	24
2.2 Организация работ по строительству ГЭС	25
3 Предпроектный анализ (экономические показатели)	27
3.1 Прогнозируемые основные производственные показатели	27
3.2 Основные технико-экономические показатели	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	29
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	30
ПРИЛОЖЕНИЯ	31

ВВЕДЕНИЕ

Строительство каскада ГЭС на реке Усек планируется осуществить на территории Панфиловского района Талдыкорганского региона Алматинской области Республики Казахстан.

Река Усек – относится к бассейну реки Или, площадь ее водосбора – 3860 км², протяженность 142 км, не доходя до реки Или она теряется в болотах Ак-Куга (в 5 км к Югу от аула Коктал). Общее падение реки составляет 2726 м. Потенциальные водно-энергетические ресурсы бассейна реки составляют: мощность - 491 тыс.кВт, энергия - 4306 млн.кВтч в год.

На участке длиной около 15 км (от слияния рек Усек и Малый Усек до пос.Энбекши) река Усек имеет падение 243 м (средний уклон 0,0164) и среднегодовой расход 17,6 м³/с, практически не измененный забором на орошение, т.к. основной отбор стока происходит ниже участка. Это позволяет использовать участок реки в энергетических целях путем строительства ГЭС деривационного типа.

В настоящее время ее гидроэнергетический ресурс не используется.

Водность реки колеблется внутри года и в многолетнем разрезе. Средний годовой расход воды в месте водозабора равен 16,5 м³/с.

Инфраструктура района строительства каскада ГЭС слаборазвита. Дороги полевые, пониженной проходимости.

Каскад ГЭС установленной мощностью 25,6 МВт со среднегодовой выработкой электроэнергии 127,87 ГВтч, поможет удовлетворить спрос на электроэнергию региона.

Целью настоящего дипломного проекта является технико - экономическое обоснование усовершенствованного варианта каскада ГЭС на реке Усек.

1 Основной раздел

1.1 Общее описание проекта

Целью строительства каскада из четырех ГЭС на реке Усек является создание маневренного источника электроэнергии для поставки в дефицитную энергосистему Алматинской области (Южная зона РК) электрической мощности и энергии.

Задачами предварительного технико-экономического обоснования проекта являются: оценка площадки строительства, включая природные условия, транспортные связи и подъезды; изучение возможных вариантов компоновки сооружений ГЭС; оценка стоимости строительства рекомендуемого варианта; оценка энергетических и технических параметров ГЭС; определение технико-финансовых показателей.

Каскад из четырех малых гидроэлектростанций с общей установленной мощностью 33 МВт и объемом вырабатываемой электроэнергии 150,0 ГВтч предназначен для покрытия объектов Алматинского региона Алматинской области РК.

Каждая ГЭС каскада имеет мощность от 7 до 9 МВт и относится в Казахстане к энергопроизводящим организациям, работающим на возобновляемом источнике энергии. Технические данные каскада ГЭС на реке Усек можно просмотреть в таблице А.1.

1.2 Технологические схемы и состав ГЭС

Каскад состоит из четырех малых ГЭС.

ГЭС - 1 – плотинно-деривационного типа, она расположена в голове каскада. В ее состав входят: водозаборный головной узел, включающий земляную плотину, водоспуск, водоприемник и автоматический водослив (рисунок 1).

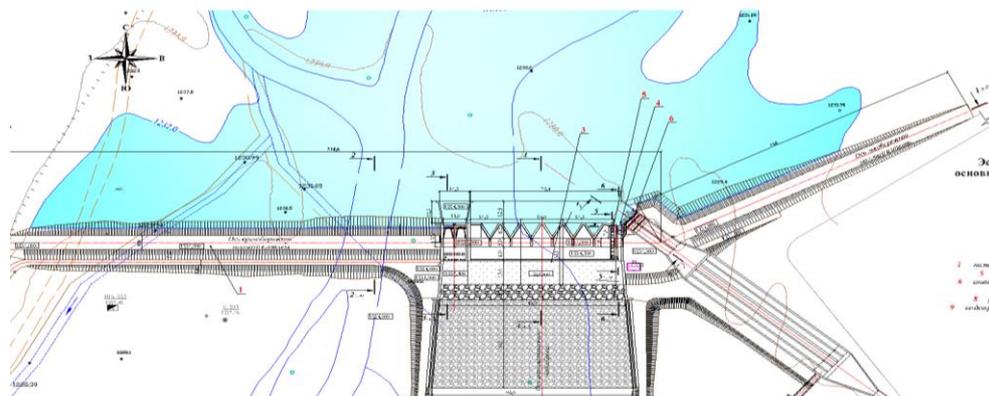


Рисунок 1 - Водозаборный узел ГЭС

В концевой части водопроводного тракта ГЭС находится станционный узел в состав, который входят напорный бассейн, здание ГЭС с четырьмя гидроагрегатами горизонтального исполнения, отводящий канал и сооружения выдачи мощности (рисунок 2).

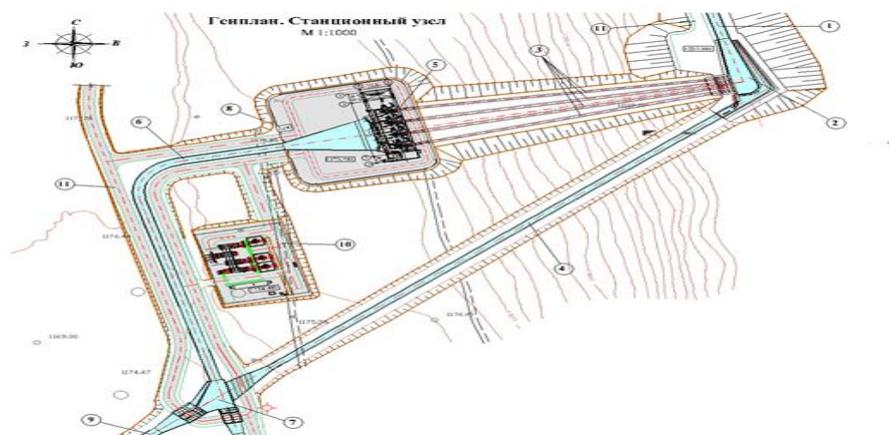


Рисунок 2 - Станционный узел ГЭС

1.3 Водно - энергетические расчеты

Целью водно-энергетических расчетов, проводимых в ТЭО, является подготовка исходных данных для обоснования параметров и выбора основного оборудования ГЭС каскада.

В качестве исходных материалов для водно-энергетических расчетов послужили: данные внутригодового распределения р.Борохудзир в расчетных створах; потери напора в подводящем тракте определялись прямым счетом; коэффициенты полезного действия приняты усреднено, по каталогу завода изготовителя.

Водно-энергетические расчеты выполнены в среднемесячных величинах по гидрологическому ряду 50% обеспеченности.

Мощность ГЭС, КВт определялась по формуле

$$N = k \cdot Q_{\text{ГЭС}} \cdot H_{\text{нетто}}, \quad (1)$$

где k - коэффициент подсчета мощности ($k=9,81 \cdot \eta_m \cdot \eta_e$);

$Q_{\text{ГЭС}}$ - расход воды через агрегаты ГЭС с учетом ограничения по оборудованию, м³/с;

$H_{\text{нетто}}$ - напор с учетом потерь в подводящем тракте ГЭС, м.

Отметка НПУ для ВЭР ГЭС-1 принималась постоянной, так как сработка водохранилища не предусмотрена. Ограничения по мощности были учтены по предварительно выбранному основному гидросиловому оборудованию. Водно-энергетический расчет выполнен в табличной форме.

По установленной энергетической характеристике произведен предварительный подбор следующего оборудования для каждой ГЭС каскада.

На ГЭС-1 рекомендовано устанавливать четыре гидроагрегата с высоконапорными турбинами CJA238-W-115/1x9 и гидрогенераторами типа SFW2000-8/1430, поставщики гидросилового оборудования «Sunny Hydro-Power Equipment Corp» - Китай.

Для ГЭС-2 выбраны четыре гидроагрегата с турбинами HLD54-WJ-60 и гидрогенераторами типа SFW800-6/1180. Предлагаемые поставщики оборудования «Hunan Allonward Hydro-Generating Equipment Co., Ltd» - Китай.

На ГЭС-3 выбраны четыре гидроагрегата с турбинами HLD54-WJ-60 и гидрогенераторами типа SFW800-6/1180. Предлагаемые поставщики оборудования «Hunan Allonward Hydro-Generating Equipment Co., Ltd» - Китай.

Годовой срез расчетов водно-энергетического расчета предоставлен в таблице Б.1.

На ГЭС-4 устанавливаются четыре гидроагрегата с турбинами HL90/D54-WJ-60 с гидрогенераторами типа SFW1000-6/1180. Предполагаемые поставщики гидросилового оборудования «Sunny Hydro-Power Equipment Corp» - Китай. По типу выбранные для ГЭС-2, ГЭС-3 и ГЭС-4 гидротурбины являются быстроходными радиально-осевыми (Francis), для ГЭС-1 тихоходные радиально-осевыми (Francis). Все агрегаты горизонтального исполнения и предназначены для привода синхронного генератора трехфазного тока путем передачи вращения ротору генератора через фланцевое соединение ротора турбины с ротором генератора.

Управление турбиной осуществляется с помощью регулятора скорости, маслонапорной установки, аппаратуры автоматики турбины и МНУ. Подвод воды к спиральной камере от предтурбинного затвора осуществляется входным патрубком. Подвод воды от входного патрубка к направляющему аппарату осуществляется спиральной камерой. Направляющий аппарат является запорным органом гидротурбины. Основным рабочим органом гидротурбины является рабочее колесо; для ГЭС-2, ГЭС-3 и ГЭС-4 диаметр (D1) рабочего колеса равен 60 см, для ГЭС-1 диаметр РК (D1) равен 115см. Отвод воды от гидротурбины осуществляется изогнутой отсасывающей трубой. На всех ГЭС каскада устанавливаются дисковые предтурбинные затворы. В комплект каждого агрегата входит арматура автоматики, предназначенная для контроля работы гидротурбинного оборудования.

Параметры гидротурбин и количество агрегатов должны быть уточнены в рабочем проекте.

1.4 Расчет головного водозаборного узла

Водозабор состоит из водоприёмника, автоматического водосброса, шугосброса, промывного шлюза и земляной плотины.

Расчет водоприемника

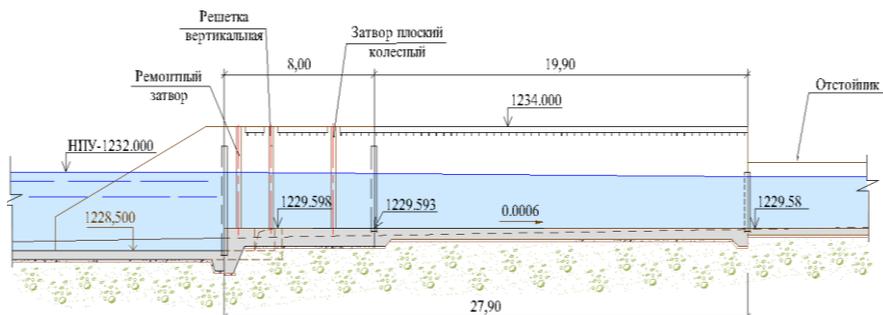


Рисунок 3 - Компонировочная и расчетная схема водоприемника

Расход водоприемника, м³/с

$$Q_{\text{водп}} = \mu \cdot b_1 \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_1} \quad (2)$$

где $\mu = 0,32$ - коэффициент расхода водоприемника;
 $b_1 = 8$ м - ширина водоприемника;
 $h = 2,2$ м - глубина водоприемника;
 $H_1 = 0,52$ м - напор водоприемник.

Для удобства в эксплуатации и выбора затворов, водоприемник делим на две секции. Тогда для водоприемника выбираем 2 - затвора размером 4 x 2,5 м.

Расчет автоматического водослива, м³/с

$$Q = \mu \cdot h^{1,5} \cdot b_2 \cdot \sqrt{2 \cdot g}, \quad (3)$$

где $\mu = 0,45$ - коэффициент расхода;
 $h = 0,95$ м – глубина над водосливом;
 $b_2 = 119$ м – длина фронта водослива;
 $g = 9,81$ - коэффициент гравитации.

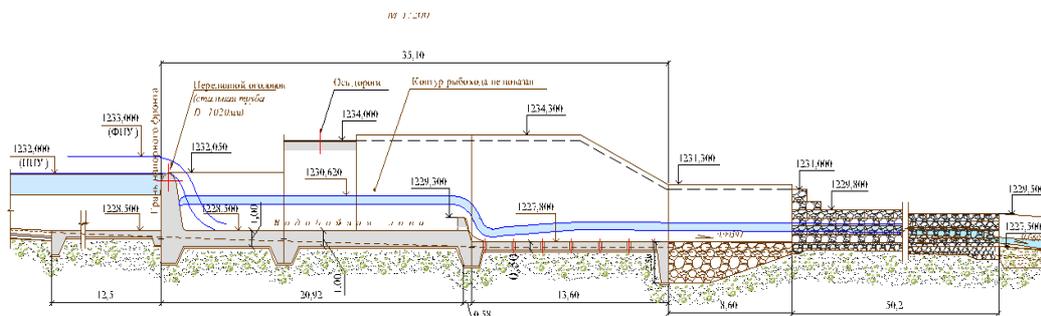


Рисунок 4 - Компонировочная и расчетная схема водослива

Пропускная способность водосброса, м³/с

$$Q = \mu \cdot b \sqrt{2gH} \cdot h \quad (4)$$

где $\mu = 0,58$ - коэффициент расхода;

$b = 5$ м - ширина затвора;

$h = 3,5$ м - глубина затвора;

$H = 1$ м - напор воды.

Двухпролетная водосбросная плотина будет иметь 2 затвора размерами по $5b \times 4h$ $Q=90$ м³/с.

1.5 Расчет отстойника

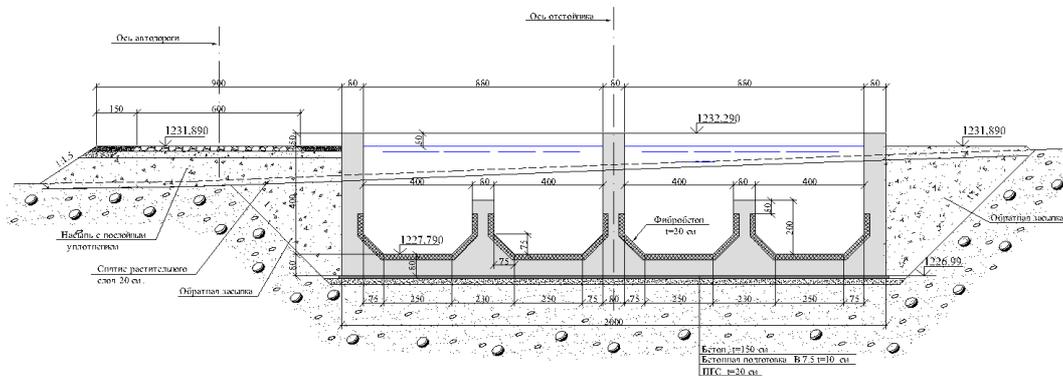


Рисунок 5 - Компонировочная и расчетная схема отстойника

Расчетный исходный расход Q , 18 м³/с;

Весовая мутность p , 2 кг/м³;

Объемный вес наносных отложений $g_i = 1,8$ т/м³;

Расход стока, 36 м³/с;

Средняя скорость воды $V_{cp} = 0,2 - 0,5 = 0,4$ м³/с;

Средняя глубина $H=4$ м.

Высота аккумулирующего объема $h_{ак}$, м

$$h_{ак} = (0,25 \dots 0,3) \cdot H. \quad (5)$$

Расчетная глубина H_p , м

$$H_p = H - h_{ак}. \quad (6)$$

Общая ширина (всех камер) отстойника, м

$$B = \frac{Q}{H_p \cdot v_{cp}} \quad (7)$$

Живое сечение отстойника W , m^2

$$W = B \cdot H. \quad (8)$$

Предварительная длина отстойника S , m

$$S = \frac{K \cdot H_p \cdot V_{cp}}{0,2w}, \quad (9)$$

где K – коэффициент запаса = 1,2...1,5;

$0,2w$ – гидравлическая крупность при $d = 0,2 = 0,17$ мм.

Уклон отстойника $I = 0,02$.

Данные расходов стока наносов приведены в таблице В.1, а расчеты обеспеченности осаждения наносов таблице В.2. Ординату P_k определяем точкой на кривой графика рис.6, начиная от которой кривая становится более полой и дальнейшее повышение обеспеченности вызывает значительное увеличение отношения $\frac{S_i}{H_p}$, берем $P_k = 99,5$, $\frac{S_i}{H_p} = 23,9$, тогда окончательная длина отстойника $S_p = 70$ м.

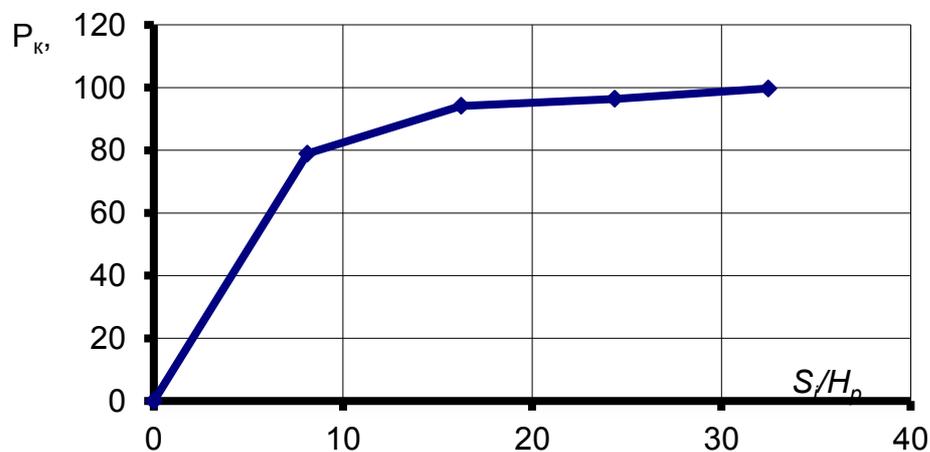


Рисунок 6 - График нахождения длины отстойника

Время заполнения отстойника

I_T - уклон дна при заполнении наносами всего аккумулирующего объема, берем $I_T = 0$.

$W_{1гк}$ - гидравлическая крупность фракций при $d = 0,2$ мм, 0,017 м/сек;

$W_{2гк}$ - гидравлическая крупность фракций при $d = 0,3$ мм, 0,032 м/сек;

$W_{3гк}$ - гидравлическая крупность при $d = 0,5$ мм, 0,054 м/сек;

r - Расход стока для $d = 0,2$ мм, 0,36 кг/сек;

g - Расход стока для $d = 0,3$ мм, 1,08 кг/сек;
 g - Расход стока для $d = 0,5$ мм, 23,76 кг/сек;
 Общий расход стока 25,2 кг/сек.

Средняя глубина заиления в конце данного участка H_i , м

$$H_i = H_p + \frac{h_{ак} + i \cdot S_p}{2}. \quad (10)$$

Средняя глубина заиления в начальном створе H_H , м

$$H_H = H_p + 0,5 \cdot h_{ак}. \quad (11)$$

Средняя скорость, v_j , м/сек

$$v_j = \frac{2 \cdot Q}{(H_i + H_H) \cdot B}. \quad (12)$$

Средний уклон, $i_{ср}$

$$i_{ср} = \frac{i_T + i}{2}, \quad (13)$$

$$\frac{H}{S_p}, \quad (14)$$

$$\frac{H}{S_p} = \frac{4}{70} = 0,06,$$

$$\frac{W_{1ГК}}{V_i} = \frac{0,017}{0,3} = 0,056; \quad \frac{W_{2ГК}}{V_i} = \frac{0,032}{0,3} = 0,11; \quad \frac{W_{3ГК}}{V_i} = \frac{0,054}{0,3} = 0,18. \quad (15)$$

Обеспеченность P % при $\frac{W_{1ГК}}{V_i}$ по графику процента осаждения наносов,
 $P=f\left(\frac{H}{S}\right) = 60$ (рисунок 7), $P\%$ при $\frac{W_{2ГК}}{V_i}$ по графику $P = f\left(\frac{H}{S}\right) = 90$, $P\%$ при $\frac{W_{3ГК}}{V_i}$
 по графику $P = f\left(\frac{H}{S}\right) = 100$.

Количество наносов в этом участке при $\frac{W_{1ГК}}{V_i}$

$$\rho = \frac{P}{100} \cdot \rho, \quad (16)$$

$$\rho = \frac{60}{100 \cdot 0,36} = 0,22.$$

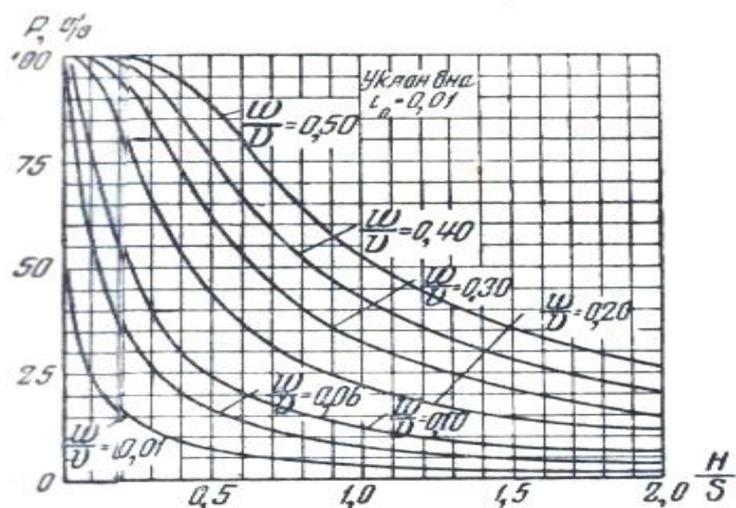


Рисунок 7 - График процента осаждения наносов, $P = f(H/S)$

Количество наносов в этом участке при $\frac{W_{2ГК}}{V_i}$

$$\rho = \frac{90}{100 \cdot 1,08} = 0,97.$$

Количество наносов в этом участке при $\frac{W_{3ГК}}{V_i}$

$$\rho = \frac{100}{100 \cdot 23,76} = 23,76.$$

Тогда общее количество наносов, $P_{\text{общ}} = 24,95$ кг/сек.

Объем отложений за единицу времени в пределах рассматриваемого участка, л/сек

$$W_i = \frac{P_{\text{общ}}}{g_i}. \quad (17)$$

Аккумулирующий объем V_i , м³

$$V_i = B \cdot \left(h_{\text{аа}} + \frac{i \cdot S_p}{2} \right) \cdot S_p. \quad (18)$$

Время заилнения, ч

$$T_i = \frac{V_i}{\left(\frac{W_i}{1000}\right) \cdot 3600}. \quad (19)$$

Промыв отстойника 1-ой камеры

Ширина отстойника 1-ой камеры, $B_{отст1} = 7,75$ м. Промывной расход $Q = 18$ м³/с. Средняя глубина отстойника, $H = 4$ м. Ширина по дну 1-ой камеры, $B_{низ} = 4$ м. Минимальный диаметр частицы, которая должна осаждаться в отстойнике, $d = 0,2$ мм. Минимальная гидравлическая крупность, подлежащая осаждению, $W_{гк} = 0,017$ м/сек. Содержание в процентах по весу в промывном потоке наносов, принимаемое в пределах от 2...8%, $p = 8\%$. Объемный вес отложений наносов, $g = 1,8$ т/м³. Аккумулирующий объем 1-ой камеры отстойника, $V_{ак1} = 944$ м³. Уклон отстойника и промывного тракта $I = 0,02$. Ширина промывной галереи, $b1 = 2$ м.

Глубина воды в галерее, задаются в пределах

$$(0,5-1) \cdot h_{пр} = 0,62 \text{ м}. \quad (20)$$

Промывной расход, м³/сек

$$Q_{пр} = \frac{Q}{2}. \quad (21)$$

Высота аккумулирующего объема $h_{ак}$, м

$$h_{ак} = (0,25 \dots 0,3) \cdot H = 0,26 \cdot 4 = 1 \text{ м}. \quad (22)$$

Расчетная глубина H_p , м

$$H_p = H - h_{ак} = 4 - 1 = 3 \text{ м}. \quad (23)$$

Промывная глубина потока в отстойнике, м

$$h_{пр} = (0,1 \dots 0,3) \cdot H_p = 0,161 \cdot 3 = 0,48 \text{ м}. \quad (24)$$

Удельный промывной расход, м³/сек

$$q_{пр} = \frac{Q_{пр}}{B_{низ}}. \quad (25)$$

Время смыва наносов, мин

$$t_{nn} = \frac{100 \cdot \gamma \cdot V_{ак1}}{\rho \cdot q_{nn} \cdot B_{отст1}}. \quad (26)$$

1.6 Расчет деривационного канала ГЭС

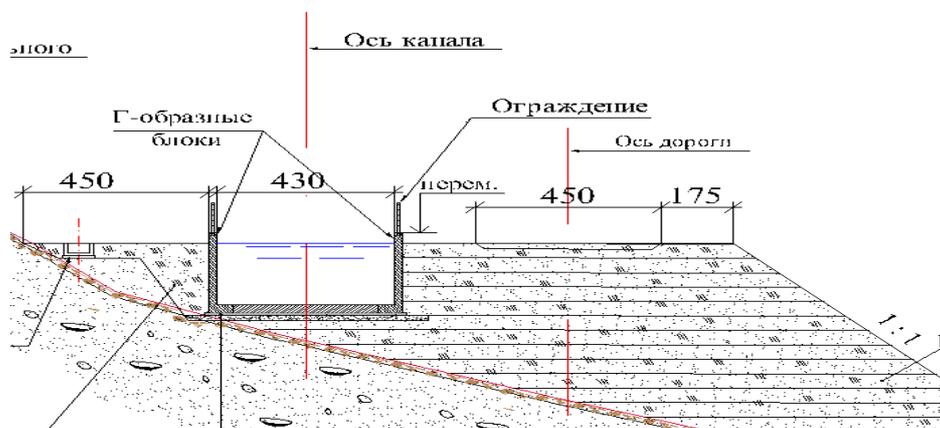


Рисунок 8 - Разрез деривационного канала

Расчет деривационного канала

Предварительно для расчета выбираем следующие параметры канала: глубину канала $h = 2,3$ м; ширину канала, $B = 4,3$ м; уклон канала $i = 0,0006$; шероховатость канала $n = 0,014$.

Живое сечение канала, m^2

$$W = h \cdot B. \quad (27)$$

Смоченный периметр, м

$$X = h \cdot 2 + b. \quad (28)$$

Гидравлический радиус,

$$R = \frac{W}{X}. \quad (29)$$

Коэффициент Шези,

$$C = \frac{R^{0,167}}{n}. \quad (30)$$

Скорость в канале, м/с

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot i}. \quad (31)$$

Расход воды, м³/с

$$Q = v \cdot w. \quad (32)$$

Так как, расчет канала показывает пропуск расхода воды $Q = 18 \text{ м}^3/\text{с}$, то выбранные параметры канала считаются верными. Выбираем канал из г-образных блоков, при общей строительной высоте канала $H = 3 \text{ м}$ и толщине подошвы $0,3 \text{ м}$.

1.7 Расчет напорного бассейна

Ширина напорного бассейна, м

$$B_{\text{нап}} = 4,2 \cdot D_{\text{вод}}, \quad (33)$$

где $D_{\text{вод}} = 1,4 \text{ м}$ - диаметр водовода.

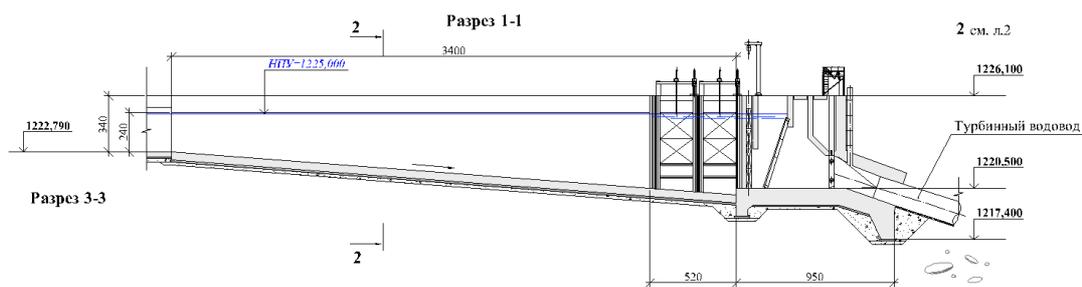


Рисунок 9 - Напорный бассейн

Скорость воды в напорном бассейне, м²/с

$$V_{\text{нап}} = \frac{Q}{B_{\text{нап}} \cdot h_{\text{нап}}}, \quad (34)$$

где $h_{\text{нап}} = 4,5 \text{ м}$ - глубина воды.

Минимальное заглубление, м

$$h_1 = \frac{(V_{\text{вод}}^2 - V_{\text{нап}}^2) \cdot K}{2 \cdot 9,81}, \quad (35)$$

$$\text{где } V_{\text{вод}} = \frac{Q}{W_{\text{вод}}}; \quad (36)$$

$K = 1,7$ -коэффициент запаса.

Площадь сечения воздухоподводящей трубы, m^2

$$W_{\text{воз.тр}} = \frac{1}{4 \cdot W_{\text{вод}}}. \quad (37)$$

Диаметр воздухоподводящей трубы, м

$$D_{\text{воз.тр}} = \sqrt{\frac{W_{\text{воз.тр}}}{\pi}} \cdot 2. \quad (38)$$

Пропускная способность напорного бассейна, m^3/c

$$Q = \mu \cdot w_{\text{вод}} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 (h_{\text{нап}} - a \cdot \varepsilon)}. \quad (39)$$

где $\mu = 0,6$ – коэффициент запаса;

$a = D_{\text{вод}} = 1,2$ м;

$\varepsilon = 0,6$ - коэффициент сжатия.

Напорный бассейн рассчитан и расход $Q_{\text{расч}} = 6$ m^3/c , так как общий расход воды 18 m^3/c , то количество камер напорного бассейна будет $n=3$. Для зимнего пропуска расхода, предусмотрим четвертую камеру на расход $Q = 4$ m^3/c . Для аварийного сброса воды предусмотрен автоматический водосброс, который состоит из водосливной стенки.

Расчет водосливной стенки при пролете $L = 40$ м и глубине над водосливом $h = 0,39$ м.

Расход воды, m^3/c

$$Q = 0,39^{1,5} \cdot \mu \cdot L \cdot \sqrt{2g}, \quad (40)$$

где $\mu = 0,42$ – коэффициент расхода.

Требуемый расход при $Q = 18$ m^3/c при $L = 40$ м пропускает. Гидравлический расчет холостого сброса и водобойного колодца был сделан в программе “excel” в табличной форме (таблица 5). Выбираем канал холостого сброса шириной $B = 1,5$ и глубиной $h = 1,5$ м.

Таблица 5 - Расчет водобойного колодца

Наименование	Значение	Наименование	Значение	Наименование	Значение
скорость, м/с, V	10	число Фруда Fr	11,2	вторая сопряженная глубина, м, h_2	4,2
глубина, м, h_1	1	функция $f(Fr)$	20,5	ширина колодца, м, B_2	15,8
коэффициент Кориолиса, a	1,1	длина прыжка, м, L	20,5	tg	0,3

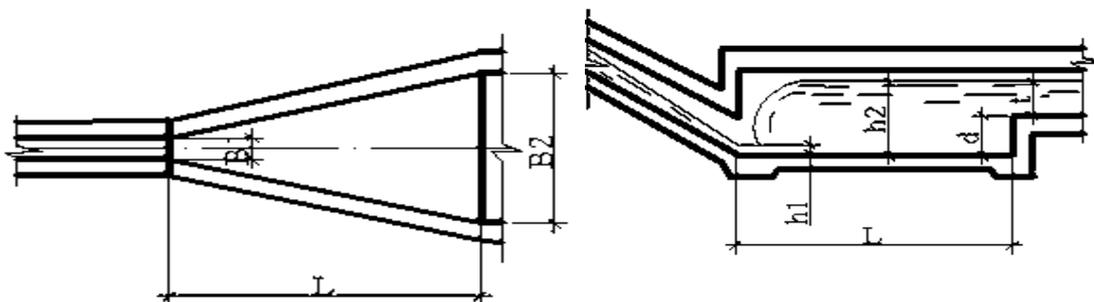


Рисунок 10 - Расчетная схема водобойного колодца

1.8 Расчет напорного водовода

Длина водовода $L=100$ м. Рекомендуемая скорость потока в водоводе $V_{рек} = 2,5-3,7$ м/с. Наивыгоднейший диаметр трубопровода D_0 , м, при напоре воды $H = 86,5$ м и расходе $Q_{max} = 4,2$ м³/с,

$$D_0 = \sqrt[7]{\frac{5,2 \cdot Q_{max}^3}{H}}. \quad (41)$$

Радиус водовода $R = 0,7$ м, расход воды $Q = 6$ м³/с. Площадь живого сечения в туннеле, м²

$$w = \pi R^2. \quad (42)$$

Смоченный периметр, м

$$X=2\pi R. \quad (43)$$

Коэффициент шероховатости при металле трубы $n = 0,014$.
Гидравлический радиус,

$$R = \frac{W}{X}. \quad (44)$$

Коэффициент Шези,

$$C = \frac{R \cdot 0,167}{N}. \quad (45)$$

Коэффициент сопротивления по длине трубопровода,

$$\lambda = \frac{8 \cdot G}{C^2}. \quad (46)$$

Скорость воды, м/с

$$V = \frac{Q}{W}. \quad (47)$$

Потери напора по длине водовода, м

$$h_{\text{пот}} = \frac{\lambda \cdot L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}, \quad (48)$$

где $D = 1,4$ м – диаметр трубы.

При радиусе водовода $R = 0,7$ м, по расчетам получается минимальные потери и капиталовложения при строительстве, так как уменьшение диаметра водовода, влечет за собой увеличение потерь напора.

Минимальная толщина стали водовода, см

$$\delta_{\text{min}} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [Rp]}, \quad (49)$$

где $P = H_{\text{max}} = 70$ м = 7 кг/см² – максимальное давление в водоводе, м.

$$H_{\text{max}} = 1,4 \cdot H_{\text{расч}}, \quad (50)$$

где $H_{\text{расч}} = 50$ м - расчетный напор ГЭС.

$$H_{\text{max}} = 1,4 \cdot 50 = 70 \text{ м.}$$

$R_p = 1980$ - расчетное сопротивление стали.

$$D=R \cdot 2. \quad (51)$$

$$D = 0,7 \cdot 2 = 1,4 \text{ м} = 140 \text{ см} - \text{диаметр трубы.}$$

Для пропуска общего расхода ГЭС $Q_{\text{общ}} = 18 \text{ м}^3/\text{с}$, выбираем 3 нитки турбинных водоводов, тогда

$$Q_{\text{общ}} = Q \cdot n, \quad (52)$$

$$Q_{\text{общ}} = 6 \cdot 3 = 18 \text{ м}^3/\text{с}.$$

1.9 Расчет дюкера

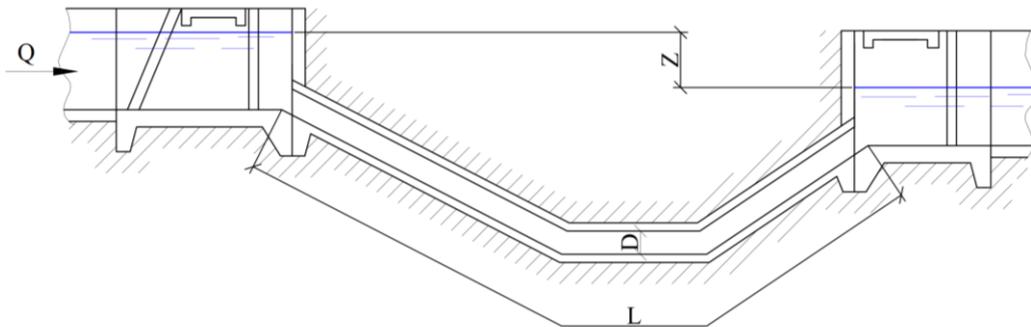


Рисунок 11- Расчетная схема дюкера

Длина трубы $L = 200 \text{ м}$;

Коэффициент шероховатости $n = 0,014$;

Условный диаметр дюкера $D = 3,57$;

Расход $Q = 18 \text{ м}^3/\text{с}$.

Площадь живого сечения, м^2

$$W = \frac{3,14 \cdot D^2}{4}. \quad (53)$$

Скорость воды в дюкере, $\text{м}/\text{с}$

$$V = \frac{Q}{W}. \quad (54)$$

Режим движения R_e ,

$$R_e = \frac{V \cdot 100 \cdot D \cdot 100}{0,0101}, \quad (55)$$

$$R_e = 6\,362\,376.$$

Коэффициент Шези,

$$C = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{0,166}. \quad (56)$$

Квадратичная область $R_{кв}$,

$$R_{кв} = \frac{21,6 \cdot C \cdot D}{0,001}. \quad (57)$$

Должно соблюдаться условие $R_e > R_{кв}$, проверяем $6\,362\,376 > 5\,397\,840$
условие соблюдено.

Коэффициент потери напора λ ,

$$\lambda = \frac{8 \cdot 9,81}{C^2}. \quad (58)$$

Напор, м

$$Z = \left(0,9 + \frac{\lambda \cdot L}{D}\right) \cdot \left(\frac{V^2}{2 \cdot g}\right) + \left(\frac{(V - 0,8)^2}{2 \cdot g}\right). \quad (59)$$

2 Технология строительства и эксплуатация проектируемого объекта водопользования

2.1 Общие положения по строительству

Динамика освоения мощности проекта зависит от технологии и сроков строительства объекта. Срок строительства ГЭС оценивается предварительно в 2 года, включая подготовительный период.

Практика строительства и ввода в эксплуатацию каскадов ГЭС показывает, что при строительстве каскадов, гидроэлектростанции строятся поточным методом. Одноименные сооружения строятся с небольшим разрывом по времени, а то и параллельно. При этом строительные кадры используются на однотипных работах, что в значительной мере сокращает срок строительства. Карьеры и строительные базы при строительстве каскадов используются более рационально.

Развитие инфраструктуры для строительства и эксплуатации проекта в целом предусматривает строительство подъездной автодороги к площадкам станционных узлов, эксплуатационных автодорог для подъезда к основным сооружениям ГЭС, а также временных автодорог строительного периода.

Постоянная инженерная инфраструктура вновь создаваемого предприятия – электроснабжение ЛЭП. Электроснабжение всех зданий и сооружений ГЭС будет осуществляться электроэнергией, производимой на самой станции, от трансформатора собственных нужд. На период полного останова станции, ее электроснабжение будет обеспечено от энергосистемы по ЛЭП-110. В случае отключения линий для пуска станции «с нуля» служит дизель-генератор.

Техводоснабжение будет производиться из подводящего тракта ГЭС, питьевая вода привозная. Согласно СНиП РК 2.02-11-2002, все помещения оборудованы автоматической пожарной сигнализацией и системой оповещения о пожаре подачей звукового сигнала.

Строительные конструкции выполняются из негорючих материалов и обеспечивают требуемый предел огнестойкости. Планировочные решения обеспечивают эвакуацию из всех помещений здания. Пути эвакуации имеют естественное освещение. На кровлю предусмотрена пожарная металлическая лестница.

На каждой ГЭС каскада предусмотрены две системы канализации производственная и хозяйственно-бытовая. Производственная канализация включает в себя систему опорожнения: турбинных водоводов, спиральных камер и отсасывающих труб (вода экологически чистая и не подлежит очистке). Хозяйственно-бытовая канализация сбрасывается в водонепроницаемый выгреб с последующим вывозом, ассенизационной машиной, в место указанное санитарной эпидемиологической службой.

Теплоснабжение (отопление, горячее водоснабжение) здания ГЭС будет осуществляться от батарей типа ТЭН. Подъездные пути, ближайшая железнодорожная станция Сарыозек расположена в 180 км от площадки.

Подъезд с помощью автотранспорта осуществляется по республиканской автодороге Алматы – Жаркент и Сарыозек - Жаркент далее по существующей автодороге районного значения до Жаркент-Арасан. Непосредственно к станционной площадке будет проложена новая автодорога протяженностью около 20 км. Кроме того, будут проложены и внутренние дороги для обеспечения взаимосвязи между всеми сооружениями каскада ГЭС.

Эксплуатационный поселок, учитывая, что каскад ГЭС расположен на небольшом расстоянии от населенных пунктов, постоянное проживание эксплуатационного персонала ГЭС и членов их семей может быть в ауле Кейтын, Жаркент-Арасан, Коктал-Арасан и г.Жаркент.

Производственная база эксплуатации - основная база будет размещена на предприятиях владельца строительства. На площадке будет предусмотрен небольшой хозяйственный двор с БРУ и арматурным цехом мастерской, гаражом и открытой стоянкой служебного автотранспорта. Карьеры строительных материалов расположены на расстоянии не более трех километров от площадок строительства.

2.2 Организация работ по строительству ГЭС

Площадка для размещения баз и вагончиков поселка строительного периода будет расположена поблизости от площадки станционного узла каждой ГЭС согласно очередности строительства. По аналогии со строительством каскада Каратальских ГЭС, для строительства ГЭС-1 с водосбросом потребуется штат строителей 50 человек, для строительства и монтажа оборудования ГЭС 10 человек, итого около 60 человек.

Для строительства головного водозабора необходимо открыть карьеры для разработки суглинка и гравийно-галечниковых грунтов, а также карьер камня и горной массы. Желательно разместить все карьеры в зоне затопления водохранилищем. На карьерах камня и гравийно-галечниковых грунтов следует рассмотреть возможность и целесообразность размещения дробильно-сортировочного хозяйства для получения материалов фильтров дамб и заполнителей для бетона.

Все эти вопросы должны быть рассмотрены в рабочем проекте. В настоящем ТЭО принято, что бетон готовится на месте, карьер суглинка - на расстоянии 6 км, гравийные галечники - на расстоянии не более 3 км.

На площадке будут размещены: участок энергетика; бетонное хозяйство для приготовления бетона, включая расходные склады заполнителей и цемента; участок механизации (разработка котлованов сооружений, прокладка временных автодорог, разработка карьеров стройматериалов, отсыпка плотины; участок бетонных работ); участок арматурных работ; участок

специальных работ; участок монтажа металлоконструкций и механического оборудования; помещение технадзора заказчика и авторского надзора. Внешнее электроснабжение строительной площадки возможно организовать с помощью опережающего строительства ВЛ 110 кВт, предназначенной для выдачи мощности от ГЭС, либо путём строительства временной ВЛ напряжением 6 кВт. Водоснабжение стройплощадки возможно организовать путем постройки водозабора из р. Усек. Канализация и отвод промышленных стоков от стройплощадки потребуют строительства выгребных ям. Необходимо отметить, что в действительности ряд стадий работ совмещаются. Если целесообразность строительства объекта, показанная в ТЭО, не вызывает сомнений и нет проблем с финансированием, возможно разработать пионерную часть рабочей документации строительного периода и начать подготовительные работы непосредственно после рассмотрения и утверждения ТЭО. В состав пионерной РД строительного периода обычно включаются: подъездные автодороги, ЛЭП, временные здания и сооружения. Часто документацию строительного периода в отношении временных зданий и сооружений разрабатывает генеральный подрядчик. В этом случае, конкурс на генподрядные работы проводится на основании ТЭО.

Разработку ПСД на стадии «Проект» для ГЭС с высокими подпорными сооружениями рекомендуется проводить обязательно, учитывая специфику создания ответственных гидротехнических сооружений. На стадии «Проект» должен быть проведен комплекс детальных инженерных изысканий (прежде всего – топогеодезических и инженерно-геологических), на основании которых в «Проекте» принимаются окончательные конструктивные решения. Если целесообразность строительства объекта не вызывает сомнений, а целесообразные типы и компоновка сооружений определены в ТЭО, то проведение детальных инженерных изысканий, как наиболее трудоемкую и длительную часть разработки проекта, можно планировать уже в ходе разработки ТЭО, непосредственно после завершения изысканий для ТЭО. Детальное изучение условий площадки в процессе инженерных изысканий завершается, как правило, созданием обобщенных моделей основания сооружений. На стадии «Проект» выполняются детальные расчеты сооружений. Кроме того, для сооружений I и II класса выполняется физическое моделирование работы подпорных сооружений и сооружений водосброса, а также исследования на гидравлических моделях. В состав «Проекта» включается развернутый перечень и характеристики оборудования. Разработка документации на стадии «Проект» позволяет иметь полноценное представление обо всех основных сооружениях и оборудовании и является надежной основой для разработки стадии «Рабочая документация».

Разработка РД на основные сооружения, строительство которых занимает несколько лет, выполняется на планируемый объем работ последующего года строительства и в очередности, обеспечивающей необходимый раздел документации.

3 Предпроектный анализ (экономические показатели)

3.1 Прогнозируемые основные производственные показатели

В результате проведенных оценочных сметных расчетов, стоимость строительства каскада Панфиловских ГЭС составит 7 950 млн. тенге (включая НДС 12%) в текущих ценах 2013 года. Потребность в финансировании настоящего проекта планируется покрыть за счет собственных средств заказчика проекта.

Прогноз основных производственных показателей осуществлен на основании прогнозов роста среднегодового отпускного тарифа электростанций и тарифа АО «KEGOC» по передаче. Прогноз тарифов представлен вместе с планируемыми объемами выработки электроэнергии, валового дохода в таблице Г.1.

Чистая прибыль исчисляется путем вычета из валового дохода прямых затрат на эксплуатацию каскада, накладных производственных затрат и корпоративного подоходного налога, где прямые затраты состоят из затрат на оплату труда производственного персонала, социального налога и отчислений на их зарплату, затрат на технологическое обслуживание оборудования гидроэлектростанций, расходов на электроэнергию для собственных нужд (2%) и затрат по списанию материалов.

Накладные производственные расходы включают в себя износ основных средств, затраты по охране труда, производственные услуги сторонних организаций и корпоративный подоходный налог в настоящее время составляет 20% от валовой прибыли.

Все финансово-экономические расчеты будут выполнены при разработке ТЭО. Расчеты эффективности инвестиций ограничиваются горизонтом рассмотрения в 35 лет (0 период – 5 лет – подготовка и период строительства, 30 лет – период эксплуатации), не требующим дополнительных капитальных затрат на замену оборудования. Следует отметить, что гидроузлы относятся к капиталоемким объектам, срок службы сооружений которых намного превышает расчетный период.

3.2 Основные технико-экономические показатели

Результаты финансовых расчетов приведены в таблице Д.1.

Предварительный анализ оценки финансовой эффективности строительства каскада ГЭС показывает, что при выполнении заложенных исходных данных проекта строительства каскада Панфиловских ГЭС будет привлекательным для вложения инвестиций.

Реализация проекта с вводом каскада ГЭС к концу 2024 года позволит уменьшить дефицит энергии в Алматинском регионе Алматинской области,

обеспечит покрытие базовых нагрузок, повысит качество электроэнергии, снизит выбросы парниковых газов.

В таблице Е.1 представлены основные технико-экономические показатели каскада из четырех ГЭС.

Общая стоимость проекта по принятому варианту – **21 353,8 млн. тенге**, включая НДС.

Источником финансирования для реализации строительства служат собственные средства инвестора в размере 30% и кредитные средства в размере 70% от общей суммы финансирования.

Строительство первоочередной ГЭС-1 выполняется за 12 месяцев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными потребителями продукции (электроэнергии и мощности) каскада ГЭС на реке Усек будут предприятия Панфиловского района Талдыкорганского региона Алматинской области, с городом Жаркент и Коргас. При этом значительно уменьшатся притоки электроэнергии из южного региона, что положительно скажется на общей надежности энергосистемы в масштабе области.

Таким образом, проект Каскада ГЭС на р.Усек с установленной мощностью 25,6 МВт и среднесуточной выработкой электроэнергии 130,5 ГВтч имеет областной и региональный масштаб. Рациональное использование мощности водного бассейна реки Усек позволит снизить дефицит мощности и электроэнергии, повышение надежности энергоснабжения и качества электроэнергии у потребителей Алматинской области, что инициирует ускоренное развитие сельскохозяйственного и промышленного производства, позволит повысить занятость местного населения. Проблемы социальной сферы могут улучшаться за счет изменения уровня доходов населения, что позитивно повлияет на демографическую ситуацию, где прирост населения вызовет положительную динамику области.

Строительство каскада ГЭС на реке Усек также окажет положительное влияние на инфраструктуру и развитие депрессивного района. После реализации данного проекта изменятся транспортные развязки региона, строительство подъездных путей позволит открыть новые возможности всей области в целом. Важный транспортный узел предоставит возможность изменить статус региона и позволит извлекать дополнительные экономические преимущества.

Также отмечу, что в случае реализации проекта, достигается экономия органического топлива и снижение выбросов парниковых газов, что позитивно влияет на защиту экологической проблемы глобального масштаба.

Учитывая вышесказанное, считаю проект актуальным, своевременным, имеющим важное стратегическое значение в масштабе задач не только региона, но и города в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Каскад ГЭС на р.Усек //Технико-экономическое обоснование предложения, Общая пояснительная записка, Арх № 14-2011- П, -Алматы, ТОО "Казгидро", 2011, - 97с.
- 2 Использование водной энергии: Учебник для вузов, /Под, Ред, Ю.С, Васильева – 4-е изд, перераб и доп, – М,: Энергоатомиздат, 1999,- 608 с.
- 3 Касымбеков Ж,К, Проектирование и строительство малых гидроэлектростанций //Уч, пособие, –Алматы, Изд-во КазНУ, 2017,- 180с.
- 4 Руководство по гидравлическим и русловым расчетам речных гидроузлов, – М, 2007, - 99с.
- 5 Рекомендации по расчету потерь напора по длине водоводов гидроэлектростанций, П-91-80/ВНИИГ, - Л.,:ВНИИГ, 2005, - 24с.
- 6 РД 153-34,2-31,401-2002 «Типовые технические требования к гидротурбинному оборудованию, поставляемому заводами – изготовителями на ГЭС», - М, 2003.
- 7 Александров В.П, В.А Фильков, Технология и организация строительных и гидротехнических работ,- М,Транспорт, 2001,-278с.
- 8 Строительство гидроэлектростанций и монтаж оборудования //Экспресс – информация,-М, 2003, -13с.
- 9 Организация эксплуатации гидротехнических сооружений ГЭС н ГАЭС// Стандарт ОАО «СО ЕЭС»,- М, 2008, – 193с.
- 10 Технико-экономический анализ проекта строительства Исыкской ГЭС //ТОО ЭнергоАлем, - Алматы, 2005.
- 11 Положение о порядке определения экономической эффективности научно-исследовательских работ в области мелиорации и водного хозяйства, – М, 2006, – 156 с.
- 12 СН РК 2.02-11-2002 - Нормы оборудования зданий, помещений и сооружений системами автоматической пожарной сигнализации, автоматическими установками пожаротушения и оповещения людей о пожаре.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица А.1 - Технические данные каскада ГЭС на реке Усек

Наименование	ГЭС-1	ГЭС-2	ГЭС-3	ГЭС-4
Установленная мощность, МВт	6,4	6,4	6,4	6,4
Расчетный напор, м	53,5	53,1	53,0	52,5
Расчетный расход, м ³ /с	0,567x4=2,27	0,98x4=3,92	0,98x4=3,92	0,98x4=3,92
Тип гидротурбины	CJA238-W-115/1x9	HLD54-WJ-60	HL90/D54-WJ-60	HLD54-WJ-60
Количество агрегатов	4	4	4	4
КПД наилучший, %	91	90	90	90
Число оборотов, об/мин	750	1000	1000	1000
Масса (одной турбины), т	10	12	12	12

Таблица Б.1 - Водно - энергетический расчет ГЭС 1 на реке Усек

Месяц	Ед.изм	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Бытовой расход в створе	м ³ /с	1,9	1,7	1,8	2,1	2,3	2,2	2,9	2,2	2,0	2,0	1,8	2,0	2,03
Расход сан.попус	м ³ /с	0,41	0,37	0,37	0,46	0,49	0,44	0,94	0,41	0,37	0,42	0,35	0,43	
Расход ГЭС	м ³ /с	1,49	1,33	1,43	1,64	1,81	1,76	1,96	1,79	1,63	1,58	1,45	1,57	
Отметка-ВБ (напорн.бас-н)	м	1201	1201	1201	1201	1201	1201	1201	1201	1201	1201	1201	1201	
Отметка НБ	м	1065	1065	1065	1065	1065	1065	1065	1065	1065	1065	1065	1065	
Статический напор	м	136,4	136,4	136,4	136,4	136,4	136,4	136,4	136,4	136,4	136,4	136,4	136,4	
Потери напора	м	4,5	4,0	4,5	5,3	6,0	6,0	7,6	6,0	5,3	5,3	4,5	5,2	
Напор Нетто	м	131,9	132,4	131,9	131,1	130,4	130,4	128,8	130,4	131,1	131,1	131,9	131,2	
A=9,81·кпд		7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	
Мощность ГЭС	МВт	5,2	5,1	5,5	5,8	5,3	5,9	6,4	6,3	6,0	5,8	5,1	4,2	
Кол-во часов	ч	744,0	672,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	
Выработка ГЭС	МВтч	1156	934,9	1110	1229,2	1393,7	1309,3	1487,8	1375,	1216,1	1217,3	1088	1213	14734,1

Число часов использования установленной мощности 7367 ч.

Таблица В.1 - Данные расходов стока наносов

Диаметр наносов d, мм	P _i , % содержания записываем по графику	Расход стока кг/с, $G_i = \frac{P_i}{100} \cdot G_0$	Гидр-я крупность w _{ГК} , м/сек	w _{ГК} /v _{ср}
>0,5	66,00	23,76	0,054	0,135
0,5-0,3	3,00	1,08	0,0324	0,081
0,3-0,2	1,00	0,36	0,017	0,043
<0,2	30,00			
Итого	100,00	25,20		

Таблица В.2 - Обеспеченность осаждения наносов

Разделим длину S отстойника на 4 участка, получаем S _i , м	H _p /S _i	N=S _i /H _p	Обеспеченность осаждения, находим по графику P%=f(H/S) P _{si} , %			Кол-во наносов G _{si} , кг/сек G _{si} =P _{si} /100·G _i			Сумма G, кг/сек
			при w/v и d > 0,5	при w/v и d 0,5- 0,3	при w/v и d 0,3-0,2	G1 при d >0,5	G2 при d 0,5-0,3	G3 при d 0,3-0,2	
23,81	0,12	8,12	80	67	45	19,01	0,72	0,16	19,89
47,63	0,06	16,24	95	85	65	22,57	0,92	0,23	23,72
71,44	0,04	24,35	97	92	70	23,05	0,99	0,25	24,29
95,26	0,03	32,47	100	97	87	23,76	1,05	0,31	25,12

Таблица Г.1 - Прогнозируемые основные производственные показатели, без учета НДС

Годы	Планируемый объем выработки электроэнергии в год, млн, кВт, ч,	Среднегодовая цена реализации электроэнергии за 1 квт, час, тенге	Валовой доход от выработки электроэнергии, тыс., тенге
2014	35,59	10,21	363 374
2015	68,99	11,55	796 835
2016	101,48	12,71	1 289 810
2017	127,87	13,98	1 787 623
2018	127,87	15,38	1 966 641
2019	127,87	16,91	2 162 282
2020	127,87	18,61	2 379 661
2021	127,87	19,64	2 511 367
2022	127,87	20,73	2 650 745
2023	127,87	21,88	2 797 796
2024	127,87	23,1	2 953 797
2025	127,87	24,39	3 118 749
Всего за нормативный срок окупаемости			22 328 661

Таблица Д.1 - Результаты финансовых расчетов

Наименование	Ед. измерения	Значение
Установленная мощность	МВт	25,6
Среднегодовая выработка электроэнергии	млн, кВтч	127,87
Сметная стоимость строительства	млн, тенге	7 950
Продолжительность строительства	лет	4
Общая численность работников в период эксплуатации	чел	40
Прогнозируемый период эксплуатации	лет	30
Нормативный срок окупаемости	лет	8-12

Таблица Е.1 - Основные технико-экономические показатели каскада ГЭС

Наименование показателей	Единица измерения	Величина
Установленная мощность ГЭС	МВт	33,0
Среднемноголетняя выработка электроэнергии	ГВт	150,0
Общая численность работающих	чел	82
Общая стоимость строительства	млн. тенге	21353,8
Продолжительность строительства	лет	4
Удельные капитальные вложения:		
на 1 кВт установленной мощности	тыс.тенге/кВт	351
на 1 кВтч среднегодовой выработки э/э	тенге/кВтч	67

Таблица Ж.1 - Водно-энергетический расчет ГЭС 1 на расходах из р.Усек

Месяц	Ед.изм	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Бытовой расход	м³/с	1,2	1,17	1,3	1,68	1,55	1,41	2,03	1,55	1,45	1,39	1,19	1,22	1,43
Расход холостого сброса	м³/с	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Расход сан.попус	м³/с	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07	0,13	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	
Расход ГЭС	м³/с	1,14	1,11	1,24	1,60	1,47	1,34	1,70	1,47	1,38	1,32	1,13	1,16	
Отметка-ВБ (н/бассейн)	м	1765	1765	1765	1765	1765	1765	1765	1765	1765	1765	1765	1765	
Отметка НБ	м	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	
Статический напор	м	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	
Потери напора	м	4,6	4,6	4,7	8,8	8,0	6,0	8,8	8,0	6,2	6,0	4,2	4,4	
Напор Нетто	м	435,4	435,4	435,3	431,2	432,0	434,0	431,2	432,0	433,8	434,0	435,8	435,6	
A=9,81·кпд		8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	
Мощность ГЭС	МВт	5,2	5,1	5,5	5,8	5,3	5,9	6,4	6,3	6,0	5,8	5,1	4,2	
Кол-во часов	ч	744,0	672,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	
Выработка ГЭС	МВтч	3087	2728	3355	4156	3970	3511	4574	3970	3609	3577	2975	3150	42671

Таблица Ж.2 - Водно-энергетический расчет ГЭС 2 на расходах из р.Усек

Месяц	Ед.изм	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Бытовой расход в створе	м ³ /с	1,9	1,7	1,8	2,1	2,3	2,2	2,9	2,2	2,0	2,0	1,8	2,0	2,03
Дополнительный водозабор	м ³ /с	0,35	0,22	0,19	0,04	0,34	0,42	0,39	0,0	0,25	0,26	0,32	0,41	
Расход сан.попус	м ³ /с	0,41	0,37	0,37	0,46	0,49	0,44	0,94	0,41	0,37	0,42	0,35	0,43	
Расход ГЭС	м ³ /с	1,49	1,33	1,43	1,64	1,81	1,76	1,96	1,79	1,63	1,58	1,45	1,57	
Отметка-ВБ (н/бассейн)	м	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	
Отметка НБ	м	1205	1205	1205	1205	1205	1205	1205	1205	1205	1205	1205	1205	
Статический напор	м	115	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	
Потери напора	м	6,2	5,0	6,0	7,0	9,0	9,0	10,5	9,0	7,4	6,8	6,0	6,8	
Напор Нетто	м	109	110,4	109,7	108,7	106,7	106,7	105,2	106,7	108,3	108,9	109,7	108,9	
A=9,81·кпд		8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	
Мощность ГЭС	МВт	5,2	5,1	5,5	5,8	5,3	5,9	6,4	6,3	6,0	5,8	5,1	4,2	
Кол-во часов	ч	744	672,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	
Выработка ГЭС	МВтч	982	800	945,6	1046,2 2	1167,3	1096,5	1243,8	1152	1028,3	1035, 0	927	1030	12452

Число часов использования установленной мощности 7075 ч.

Таблица Ж.3 - Водно-энергетический расчет ГЭС 3 на расходах из реке Усек

Месяц	Ед.изм	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Бытовой расход в створе	м ³ /с	1,9	1,7	1,8	2,1	2,3	2,2	2,9	2,2	2,0	2,0	1,8	2,0	2,03
Дополнительный водозабор	м ³ /с	0,35	0,22	0,19	0,04	0,34	0,42	0,39	0,0	0,25	0,26	0,32	0,41	
Расход сан.попус	м ³ /с	0,41	0,37	0,37	0,46	0,49	0,44	0,94	0,41	0,37	0,42	0,35	0,43	
Расход ГЭС	м ³ /с	1,49	1,33	1,43	1,64	1,81	1,76	1,96	1,79	1,63	1,58	1,45	1,57	
Отметка-ВБ (н/бассейн)	м	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	
Отметка НБ	м	1205	1205	1205	1205	1205	1205	1205	1205	1205	1205	1205	1205	
Статический напор	м	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	
Потери напора	м	6,2	5,0	6,0	7,0	9,0	9,0	10,5	9,0	7,4	6,8	6,0	6,8	
Напор Нетто	м	109	110,4	109,7	108,7	106,7	106,7	105,2	106,7	108,3	108,9	109,7	108,9	
A=9,81·кпд		8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	
Мощность ГЭС	МВт	5,2	5,1	5,5	5,8	5,3	5,9	6,4	6,3	6,0	5,8	5,1	4,2	
Кол-во часов	ч	744	672,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	
Выработка ГЭС	МВтч	982	800	945	1046	1167	1096	1243	1152	1028	1035	927	1030	12452

Число часов использования установленной мощности 7075 ч.

Таблица И.1 - Объемы основных работ ГЭС-1 на реке Усек

Наименование работ	Ед. изм.	Сооружения									Всего
		земляная плотина	водосливная плотина	водоприемник	деривационный канал	напорный бассейн	напорный водовод	турбинные водоводы	здание ГЭС	тводящий канал	
Выемка	тыс.м ³	3,5	1,41	0,3	85,3	0,2	0,9	0,1	2,5	1,5	95,75
Насыпь	тыс.м ³	19	0,5	0,34	85,3	0,2	0,94	0,1	1,9	0,5	108,78
Бетон и ж/бетон	тыс.м ³	0	1,76	0,04	2,6	0,17	0,26	0,05	0,6	0,07	5,55
в т.ч, монолитный	тыс.м ³	0	1,16	0,04	2,6	0,07	0,16	0,05	0,5	0,02	4,6
сборный	тыс.м ³	-	0,6	-	-	0,1	0,1	-	0,1	0,05	0,95
Металлоконструкции и оборудование	т	-	32,53	1,18	-	5,6	71,58	2,05	8,58	-	121,52
в т.ч, затворы и решетки	т	-	19,1	0,4	-	1,1		-	0,9	-	21,5
их закладные	т	-	5,73	0,08	-	2,2		-	0,18	-	8,19
подъемное оборудование,	т	-	4,2	0,2	-	0,3		-	6,5	-	11,2
прочие конструкции и оборудование	т	-	3,5	0,5	-	2	71,58	2,05	1,0	-	80,63
Трубопровод	т	-	-	-	-		223,7	6,4	-	-	230,1
Гидросиловое оборудование	т	-	-	-	-	-	-	-	33,6	-	33,6

Таблица И.2 - Объемы основных работ ГЭС-2 на реке Усек

Наименование работ	Ед. изм.	С о о р у ж е н и я										Всего	
		делитель	соед. канал	водоприемник	доп. забор	канал	напорный бассейн	напорный водовод	турбинные водоводы	здание ГЭС	отводящий канал		
			Земляные работы										
Выемка	тыс.м ³	5,9	72	2,8	2,2	17,4	5,1	5	2	1,9		114,3	
Насыпь	тыс.м ³	3,94	74,09	0,777	0,41	14,63	2,1	2,29	1,95	1,064		101,26	
Бетон и ж/бетон	м ³	667,28	4400	715	253	1210	450	578,4	38	180		8492,18	
в т.ч, монолитный	м ³	652,4	1900	700	253	1210	150	482	10	80		5437,4	
сборный	м ³	14,88	2500	15	0	0,5	300	96,4	28	100		3054,78	
Металлоконструкции и оборудование	т	6,6	1,5	12,36	76,8	27,33	-	9,23	0,06	-		133,88	
в т.ч, затворы и решетки	т	2	-	5,6	-	4,64	-	4,1	-	-		16,34	
их закладные	т	1,8	-	1,68	-	1,39	-	1,23	-	-		6,1	
подъемное оборудование,	т	1,2	-	2,02	-	13,7	-	2,5	-	-		19,42	
прочие конструкции и оборудование	т	1,6	1,5	3,06	76,8	7,6	-	1,4	0,06	-		92,02	
Трубопровод	т	-	-	-	240	-	-	-	-	-		240	
Гидросиловое оборудование	т	-	-	-	-	32	-	-	-	-		32	

Таблица И.3 - Объемы основных работ ГЭС-3 на реке Усек

Наименование работ	Ед. изм.	Сооружения										Всего
		делитель	соед. канал	водоприемник	доп. забор	канал	напорный бассейн	напорный водовод	турбинные водоводы	здание ГЭС	отводящий канал	
		Земляные работы										
Выемка	тыс.м ³	5,9	72	2,8	2,2	17,4	5,1	5	2	1,9		114,3
Насыпь	тыс.м ³	3,94	74,09	0,777	0,41	14,63	2,1	2,29	1,95	1,064		101,26
Бетон и ж/бетон	м ³	667,28	4400	715	253	1210,5	450	578,4	38	180		8492,18
в т.ч, монолитный	м ³	652,4	1900	700	253	1210	150	482	10	80		5437,4
сборный	м ³	14,88	2500	15	0	0,5	300	96,4	28	100		3054,78
Металлоконструкции и оборудование	т	6,6	1,5	12,36	76,8	27,33	-	9,23	0,06	-		133,88
в т.ч, затворы и решетки	т	2	-	5,6	-	4,64	-	4,1	-	-		16,34
их закладные	т	1,8	-	1,68	-	1,39	-	1,23	-	-		6,1
подъемное оборудование,	т	1,2	-	2,02	-	13,7	-	2,5	-	-		19,42
прочие конструкции и оборудование	т	1,6	1,5	3,06	76,8	7,6	-	1,4	0,06	-		92,02
Трубопровод	т	-	-	-	240	-	-	-	-	-		240
Гидросиловое оборудование	т	-	-	-	-	32	-	-	-	-		32

Таблица И.4 - Объемы основных работ ГЭС-4 на реке Усек

Наименование работ	Ед. изм.	Сооружения										Всего	
		водоприемник (делитель)	канал и дорога	напорный бассейн	турбинные водоводы	здание ГЭС	отводящий канал	напорный водовод	делитель	сбросной канал	холостой сброс		
			Земляные работы										
Выемка	тыс.м ³	5,9	108	2,8	1,5	17,4	6,7	5	5	2	3,7	153	
Насыпь	тыс.м ³	3,95	110,1	0,78	0,34	14,63	2,58	2,3	2,3	1,95	1,89	138,51	
Бетон и ж/бетон	м ³	667,28	7480	715	152	1210,5	450	578,4	578,4	38	350	11641,2	
в т.ч, монолитный	м ³	652,4	3230	700	152	1210	150	482	482	10	150	6736,4	
сборный	м ³	14,88	4250	15	-	0,5	300	96,4	96,4	28	200	4904,8	
Металлоконструкции и оборудование	т	6,6	1,5	12,36	-	27,44	-	9,23	9,23	0,06	-	57,19	
в т.ч, затворы и решетки	т	2	-	5,6	-	4,64	-	4,1	4,1	-	-	14,44	
их закладные	т	1,8	-	1,68	-	1,4	-	1,23	1,23	-	-	6,1	
подъемное оборудование,	т	1,2	-	2,02	-	13,7	-	2,5	2,5	-	-	19,42	
прочие конструкции и оборудование	т	1,6	1,5	3,06	-	7,6	-	1,4	1,4	0,06	-	15,22	
Трубопровод	т	-	-	-	142	-	-	-	-	-	-	142	
Гидросиловое оборудование	т	-	-	-	-	32	-	-	-	-	-	32	

Таблица К.1 - Расчетные данные к проекту

Наименование	Расчёт
Расход водоприемника	$Q_{\text{водп}} = 0,32 \cdot 8 \cdot 2,2 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 2 \cdot 0,52} = 18 \text{ м}^3/\text{с}$
Расчет автоматического водослива	$Q = 0,45 \cdot 0,95^{1,5} \cdot 119 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} = 219 \text{ м}^3/\text{с}$
Пропускная способность водосброса	$Q = 0,58 \cdot 5 \cdot 3,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} = 45 \text{ м}^3/\text{сек}$
Высота аккумулирующего объема	$h_{\text{ак}} = 0,266 \cdot 4 = 1,07 \text{ м}$
Расчетная глубина	$H_p = 4 - 1,07 = 2,93 \text{ м}$
Общая ширина (всех камер) отстойника	$B = \frac{18}{2,93 \cdot 0,4} = 15,3 \text{ м}$
Живое сечение отстойника	$W = 15,3 \cdot 4 = 61,36 \text{ м}^2$
Предварительная длина отстойника	$S = \frac{1,38 \cdot 2,93 \cdot 0,4}{0,017} = 95,26 \text{ м}$
Средняя глубина заиления в конце данного участка	$H_i = 2,93 + \frac{1,07 + 0,02 \cdot 70}{2} = 4,18 \text{ м}$

Продолжение таблицы К.1

Наименование	Расчёт
Средняя глубина заиления в начальном створе	$H_{\text{н}} = 2,93 + 0,5 \cdot 1,07 = 3,48 \text{ м}$
v_j - средняя скорость	$v_j = \frac{2 \cdot 18}{(4,18 + 3,48) \cdot 15,5} = 0,3 \text{ м/с}$
Средний уклон	$i_{\text{ср}} = \frac{0,02 - 0}{2} = 0,01$
Объем отложений в единицу времени в пределах рассматриваемого участка	$W_i = \frac{24,95}{1,8} = 13,8 \text{ л/сек}$
Аккумулирующий объем	$V_i = 15,5 \cdot \left(1 + 0,02 \cdot \frac{70}{2}\right) \cdot 70 = 1888 \text{ м}^3$
Время заиления	$T_i = \frac{1888}{\left(\frac{13,86}{1000}\right) \cdot 3600} = 37,84 \text{ ч}$
Промывной расход	$Q_{\text{пр}} = \frac{18}{2} = 9 \text{ м}^3/\text{сек}$
Удельный промывной расход	$q_{\text{пр}} = \frac{9}{4} = 2,25 \text{ м}$
Время смыва наносов	$t_{\text{нн}} = \frac{100 \cdot 1,8 \cdot 944}{8 \cdot 2,25 \cdot 7,75} = 20 \text{ мин}$

Продолжение приложения К

Продолжение таблицы К.1

Наименование	Расчёт
Живое сечение канала	$W=2,3 \cdot 4,3=9,89 \text{ м}^2$
Смоченный периметр	$X=2,3 \cdot 2+4,3=8,9 \text{ м}$
Гидравлический радиус	$R = \frac{9,89}{8,9} = 1,1$
Коэффициент Шези	$C = \frac{1,1^{0,167}}{0,014} = 72,7$
Скорость в канале	$V = 72,7 \cdot \sqrt{1,1 \cdot 0,0006} = 1,87 \text{ м/с}$
Расход воды	$Q = 1,87 \cdot 9,89 = 18 \text{ м}^3/\text{с}$
Ширина напорного бассейна	$B_{\text{нап}} = 4,2 \cdot 1,4 = 5,8 \text{ м}$
Скорость воды в напорном бассейне	$V_{\text{нап}} = \frac{6}{5,8 \cdot 4,5} = 0,23 \text{ м}^2/\text{с}$
Минимальное заглубление	$h_1 = \frac{(4^2 - 0,23^2) \cdot 1,7}{2 \cdot 9,81} = 1,3 \text{ м}$
Скорость воды в водоводе	$V_{\text{вод}} = \frac{6}{1,5} = 4 \text{ м}^2/\text{с}$
Площадь сечения воздухоподводящей трубы	$W_{\text{воз.тр}} = \frac{1}{4 \cdot 1,5} = 0,37 \text{ м}^2$

Продолжение приложения К

Продолжение таблицы К.1

Наименование	Расчёт
Диаметр воздухоподводящей трубы	$D_{\text{воз.тр}} = \sqrt{\frac{0,37}{3,14} \cdot 2} = 0,7 \text{ м}$
Пропускная способность напорного бассейна	$Q = 0,6 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (4,5 - 1,4 \cdot 0,6)} = 6,5 \text{ м}^3/\text{с}$
Расход воды	$Q = 0,39^{1,5} \cdot 0,42 \cdot 40 \cdot \sqrt{19,62} = 18 \text{ м}^3/\text{с}$
Наивыгоднейший диаметр трубопровода D_o , при напоре воды $H = 86,5$ м и расходе $Q_{\text{max}} = 4,2 \text{ м}^3/\text{с}$	$D_o = \sqrt[7]{\frac{5,2 \cdot 4,2^3}{86,5}} = 1,2 \text{ м}$
Площадь живого сечения в туннеле	$w = 3,14 \cdot 0,7^2 = 1,54 \text{ м}^2$
Смоченный периметр	$X = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,7 = 4,4 \text{ м}$
Гидравлический радиус	$R = \frac{1,54}{4,4} = 0,35$
Коэффициент Шези	$C = \frac{0,35 \cdot 0,167}{0,014} = 59,9$

Продолжение приложения К

Продолжение таблицы К.1

Наименование	Расчёт
Коэффициент сопротивления по длине трубопровода	$\lambda = \frac{8 \cdot 9,81}{59,9^2} = 0,022$
Скорость воды	$V = \frac{6}{1,5} = 3,9 \text{ м/с}$
Потери напора по длине водовода	$h_{\text{пот}} = \frac{0,022 \cdot 100}{1,4} \cdot \frac{3,9^2}{2 \cdot 9,81} = 1,2 \text{ м}$
Минимальная толщина стали водовода	$\delta_{\text{min}} = \frac{7 \cdot 140}{2 \cdot [1980]} = \frac{980}{3960} = 0,25 \text{ см}$
Площадь живого сечения	$W = \frac{3,14 \cdot 3,57^2}{4} = 10 \text{ м}^2$
Скорость воды в дюкере	$V = \frac{18}{10} = 1,8 \text{ м/с}$
Коэффициент Шези	$C = \frac{1}{0,014} \cdot \left(\frac{3,57}{4}\right)^{0,166} = 70$

Продолжение приложения К

Продолжение таблицы К.1

Наименование	Расчёт
Квадратичная область $R_{кв}$	$R_{кв} = \frac{21,6 \cdot 70 \cdot 3,57}{0,001} = 5\,397\,840$
Коэффициент потери напора λ	$\lambda = \frac{8 \cdot 9,81}{70^2} = 0,016$
Напор	$Z = \left(0,9 + \frac{0,016 \cdot 200}{3,57}\right) \cdot \left(\frac{1,8^2}{2 \cdot 9,81}\right) + \left(\frac{(1,8 - 0,8)^2}{2 \cdot 9,8}\right) = 0,35 \text{ м}$

Продолжение приложения К