

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева

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

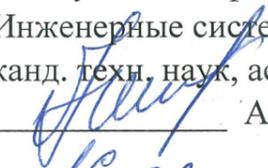
Кафедра Инженерные системы и сети

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой

Инженерные системы и сети

канд. техн. наук, ассоц. проф.

 Алимова К.К.

“ 16 ” 02 2019 г.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к дипломному проекту

На тему: «Технико-экономическое обоснование каскада малой ГЭС на реке  
Жинишке»

по специальности 5В080500 – Водные ресурсы и водопользование

Выполнила

Курбанова З.Т.

Научный руководитель

д-р техн. наук, профессор

 Касымбеков.Ж.К.

“ 5 ” 05 2019 г.

МИНЕСТЕРСТВО 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" по специальности

5В080500 - Водные ресурсы и водопользование

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой ИС и С  
канд. техн. наук, ассоц. проф

К. Алимова

" 05 " 02 2019г.

### ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающейся Курбанова Зумрад Толкуновна

Тема: Технико-экономическое обоснование каскада малой ГЭС на реке  
Жинишке

Утверждена приказом Ректора Университета №1210-б от "30" ноября 2018 г.

Срок сдачи законченной работы "30" апреля 2019 г.

Исходные данные к дипломному проекту: Параметры Каскада ГЭС (по  
 $Q=4,5\text{ м}^3/\text{с}$ , Геодезический напор по ГЭС-1  $H=78,5\text{ м}$ , ГЭС-2  $H=78,8\text{ м}$ ,  
суммарная мощность  $N=6\text{ МВт}$ )

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

а) Технологический раздел;

б) Технология и организация строительства;

в) Технико-экономические показатели.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных  
чертежей): Водозаборный узел ГЭС, Отстойник с напорным бассейном,  
Напорный водовод, Генплан здание ГЭС, Здание ГЭС, Объемы основных  
работ.

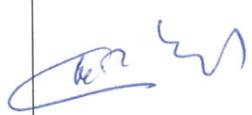
Рекомендуемая основная литература: из 10 наименований

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Технология строительства и эксплуатация проектируемого объекта водопользования	1.04.2019-20.04.2019	<i>выкошено</i>
Предпроектный анализ	20.04.2019-30.04.2019	<i>выкошено</i>

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

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, проф		
Нормо контролер	А.Н Хойшиев канд. техн. наук, лектор		

Научный руководитель  Касымбеков Ж.К

Задание приняла к исполнению обучающаяся  Курбанова З.Т

Дата *20.04.* 2019г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	7
1 Технологическая часть	8
1.1 Технологическая схема и состав проектируемой ГЭС деривационного типа	8
1.2 Расчет автоматического водосброса	12
1.3 Пропускная способность промывного шлюза	13
1.4 Расчет зимнего водозабора	13
1.5 Пропускная способность водоприемника	13
1.6 Расчет отстойника	13
1.7 Расчет напорного бассейна	19
1.8 Расчет напорного водовода	20
1.9 Расчет сбросного водовода	21
2 Технология строительства и эксплуатация проектируемого объекта	23
2.1 Исходные этапы организации строительства и эксплуатации	23
2.2 Объемы основных работ каскада ГЭС	24
3 Предпроектный анализ	25
3.1 Обоснование базовых показателей и условий для проведения финансово-экономических расчетов	25
3.2 Объемы основных работ каскада ГЭС « Жинишке»	26
3.3 Сводный поток денежных средств	27
3.4 Техничко-экономические показатели	28
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	29
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	30
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	31

## ВВЕДЕНИЕ

Строительство каскада ГЭС на р. Жинишке планируется осуществить на территории Райымбекского района Алматинской области Республики Казахстан.

Райымбекский район расположен в юго-восточной части Алматинской области. Он образован в 1997 году путем объединения Нарынкольского и Кегенского районов. Площадь 14.2 тыс.км<sup>2</sup>, население района – 82.6 тыс.чел. (2004 г.). Административный центр – аул Кеген. Рельеф высокогорный. В недрах разведаны запасы свинца, урана, цинка, каменного угля, природных строительных материалов. По территории района проходит автомобильная дорога Алматы-Шелек-Жаланап-Шонкы-Кеген-Нарынкол.

В настоящее время в Республике Казахстан наблюдается рост потребления электроэнергии, составляющий в целом по республике около 5% в год, в Южной зоне – 8%, а в Алматинской области – 7%.

В Южной зоне дефицит электроэнергии и мощности ощущается наиболее остро. Этот регион получает недостающую электрическую энергию и мощность из Северной зоны Казахстана и энергосистемы Центральной Азии. В то же время в Юго-Восточной зоне, и, в частности, в Алматинской области, имеются значительные гидроэнергетические ресурсы, которые могут быть использованы для получения экологически чистой электроэнергии и регулирующей мощности.

Река Жинишке – левый приток реки Шелек, протекает по территории Казахстана. Площадь ее водосбора – 1 127 км<sup>2</sup>, протяженность - 80 км. Общее падение реки составляет 1 473 м. В настоящее время гидроэнергетический ресурс реки Жинишке не используется. Инфраструктура района строительства каскада ГЭС слаборазвита, дороги - грунтовые.

Гидрологические параметры реки требуется получить на основе статистической обработки многолетних рядов наблюдений на существующих гидрометрических постах аналогах.

На основании выбранных основных параметров ГЭС по номограмме и каталогам гидротурбин, проведен первоначальный подбор гидросилового оборудования. Объемы основных работ по сооружениям реконструкции гидроэлектростанции определяются по аналогам и прямым счетом.

Стоимость строительства определяется в национальной валюте на основании Каталога цен на строительные ресурсы Республики Казахстан

Целью настоящего проекта является Технико-экономическое обоснование каскада малой ГЭС на реке Жинишке для улучшения ее технологических параметров на основе материалов ТОО «Казгидро».



Водозаборный узел (ВУ) располагается в головной части каскада и является общим для всего каскада, его НПУ=1600 м. Место сооружения ВУ выбрано в урочище Карашоки на 2 км выше впадения в р. Жинишке ручья Киндыксай. По СНиП РК 3.04-01-2008 сооружения ВУ относятся к IV классу капитальности и ко II (нормальному) уровню ответственности по РДС РК 1.02-04-2013.

В состав водозаборного узла входят:

- 1) земляная плотина;
- 2) водосливная плотина;
- 3) водоприемник (летний и зимний).

Кроме этого, компоновка каскада предлагаемого варианта будет включать здание ГЭС с тремя гидроагрегатами горизонтальной установки (рисунок 2), с мощностью ГЭС-1 - 3 МВт.,отводящий канал,сооружения выдачи мощности – открытое распределительное устройство и ЛЭП.

А ГЭС-2будет включать канал деривационного типа, делитель-водозабор, расположенный на отводящем тракте ГЭС

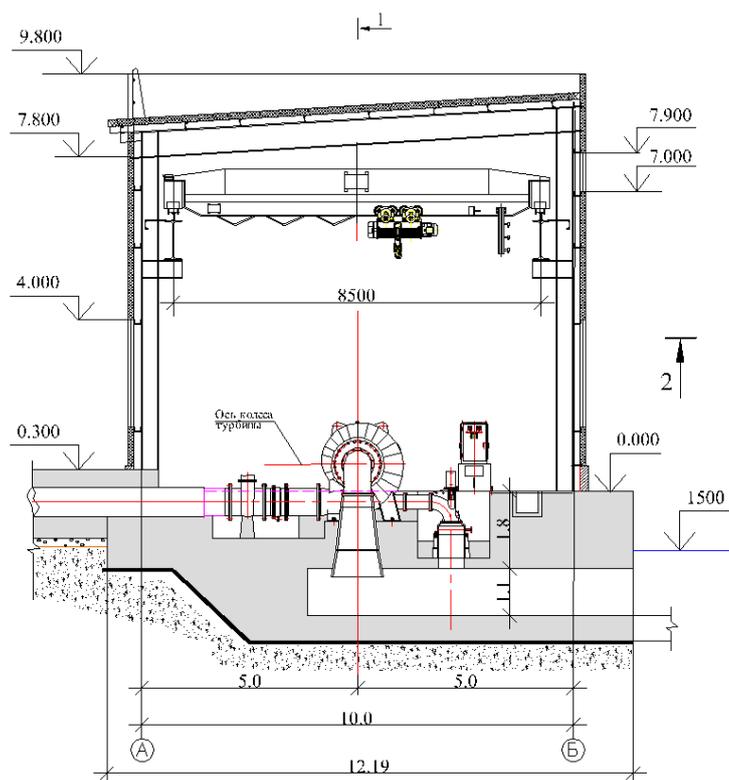


Рисунок 2 - Схема здание ГЭС-1

Земляная плотина представляет собой глухую земляную плотину с суглинистым ядром. Ее высота в русловой части составляет 8 м, заложение откосов верховой - 1:2, низовой - 1:1.75, протяженность по гребню – 40 м, ширина гребня 8 м. Отметка гребня плотины 1 602 м.

Основные показатели ГЭС каскада «Жинишке», уточненные в ТЭП, приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1-Основные показатели ГЭС каскада «Жинишке»

№ Каскада	Наименование ГЭС	Геодезический напор, м	Установленная мощность, МВт	Среднегодовая выработка, ГВтч
I	ГЭС-1	100	3.0	14.4
	ГЭС-2	102	3.0	14.6
	Всего:	202	6.0	19.0

Выбранный в ТЭП вариант наиболее полно использует топографо-геологические особенности долины р. Жинишке между отметками 1 600 мБС и 1 400 мБС. На следующей стадии проектирования, вопросы выбора варианта и компоновки ГЭС должны быть дополнительно исследованы с необходимой степенью детальности.

Водоприемник представляет из себя двух пролетный шлюз - регулятор, он расположен на левом берегу под углом 30° к основному потоку.

Один пролет предназначен только для зимнего водозабора, его порог расположен на отметке 1597.5 м с отверстием в свету 2.0×2.5 м. Второй пролет теплого периода, имеет порог с отметкой 1598.5 м с отверстием в свету 2.0×1.5 м. Оба пролета водоприемника оборудованы двумя плоскими скользящими затворами ПС серии 3.820. Управление затворами осуществляется винтовыми подъемниками с электрическим приводом 5ЭВД.

Водозаборный пролет теплого периода сопрягается с отстойником. Водозаборный пролет зимнего периода проходит в обход отстойника и сопряжен непосредственно с напорным бассейном водоприемника ГЭС.

Для сооружения на головном узле ГЭС-1 принят двухкамерный отстойник с периодическим промывом отложений.

Отстойник оборудован затворами ПС 2.0×2.5 м (4 комплекта) с электро-подъемниками 5ЭВД, двумя промывными затворами ГК 1.0×1.0 м и успокоительными решетками. Для пропуска шуги и льда служит переливная стенка длиной 8 м.

Перед затворами устанавливаются пазы ремонтного заграждения. В период ремонта в пазы устанавливаются ремонтные щиты.

Обводной канал выполнен из металлических труб  $\varnothing 1.2$  м, закрытого типа. Протяженность его составляет 30 м, рассчитан на пропуск зимних расходов до 2 м<sup>3</sup>/с.

Сопряжение аванкамеры с отстойником выполнено без расширения в плане.

В конце аванкамера сопрягается с водоприемником.

В качестве подъемно-транспортного оборудования для обслуживания сороудерживающих решеток и шандор, принят электротельфер, установленный на специальной конструкции.

Напорный бассейн выполняется в виде доковой железобетонной конструкции с вертикальными стенами и контрфорсами.

Напорный водовод и турбинные водоводы образуют единый напорный деривационный тракт гидроэлектростанции, подводящий воду из напорного бассейна к гидроагрегатам ГЭС-1. Напорный тракт по длине разбит на три неравных участка, такая разбивка обусловлена топографическими особенностями склона.

Первый участок начинается непосредственно у напорного бассейна и имеет протяженность 4 000 м с уклоном  $i=0.012$ , он заканчивается плановым поворотом на отм. 1 550 м.

Второй участок имеет протяженность 1 000 м с уклоном  $i=0.05$ . Он заканчивается плановым поворотным участком на  $15^\circ$ .

Третий участок  $L=250$  включает в себя поворотный и коллекторный сегменты, коллектор делит водовод на три турбинных водовода. Поворотный и коллекторный сегменты объединены в анкерной опоре АО-I, а турбинные водоводы на конечном участке закреплены в бетонном массиве здания ГЭС. Общая длина напорного тракта (по турбинному водоводу) 5 260 м. Водоводы напорного тракта прокладываются в выемке с последующей засыпкой и обваловкой на глубину промерзания 1.5 м. Напорный водовод до коллекторного участка имеет внутренний диаметр 1.5 м, за коллекторным участком три нитки турбинных водоводов имеют диаметр по 0.9 м.

Водозаборная часть ГЭС-1 является напорным бассейном ГЭС-2 и сопряжена с напорной деривацией. В состав водозаборной части (напорного бассейна) входят: аванкамера, водоприемная камера напорного водовода (водоприемник ГЭС), механическое и грузоподъемное оборудование.

Сопряжение аванкамеры с делителем выполнено фронтально без расширения в плане. В конце аванкамера сопрягается с водоприемником. Общая длина деривационного тракта составляет ГЭС-2  $L=5\ 500$  м. Конструкция деривации ГЭС-2 аналогично напорному тракту ГЭС-1. Трубы напорного тракта прокладываются в выемке с последующей засыпкой и обваловкой на глубину промерзания 1.5 м. Напорный водовод до коллекторного участка имеет внутренний диаметр 1.5 м, за коллекторным участком три нитки турбинных водоводов имеют диаметр по 0.9 м.

Трубы с внутренним диаметром 1 500 мм вальцуются из стальных листов марки 09Г2С толщиной  $\delta=12$  мм ГОСТ 19282-88. Проектирование и прокладка труб выполнена согласно МУ 34 747-76 для гидротехнических сооружений. Способ сварки труб между собой – ручная электродуговая типа Э42-р. Антикоррозийное покрытие усиленного типа. В верхней части водовода у напорного бассейна на фундаментной плите устанавливается температурно-осадочный компенсатор. Трубопровод укладывается в подготовленную траншею, поверхность земли под трубопроводом планируется и выстилается песчаным подстилающим слоем толщиной 15 см. Засыпка труб осуществляется на глубину 1.5 м над верхней кромкой, с выполнением технологии послойной засыпки и уплотнения грунта до естественного состояния.

Здание ГЭС-2 расположено в пойменной части на левом берегу по конструкции аналогично зданию ГЭС-1. Верхнее строение имеет размеры в плане 30×12 м высотой 9 м. Мощность ГЭС-2 составляет 3.0 МВт.

В машинном отделении здания ГЭС размещены три гидроагрегата (горизонтальной установки) с радиально-осевыми турбинами, диаметр рабочего колеса турбин 60 см. Турбины соединены с синхронными гидрогенераторами. Рядом с машинным отделением в здании ГЭС расположена монтажная площадка.

## 1.2 Расчет автоматического водосброса (рисунок 3).

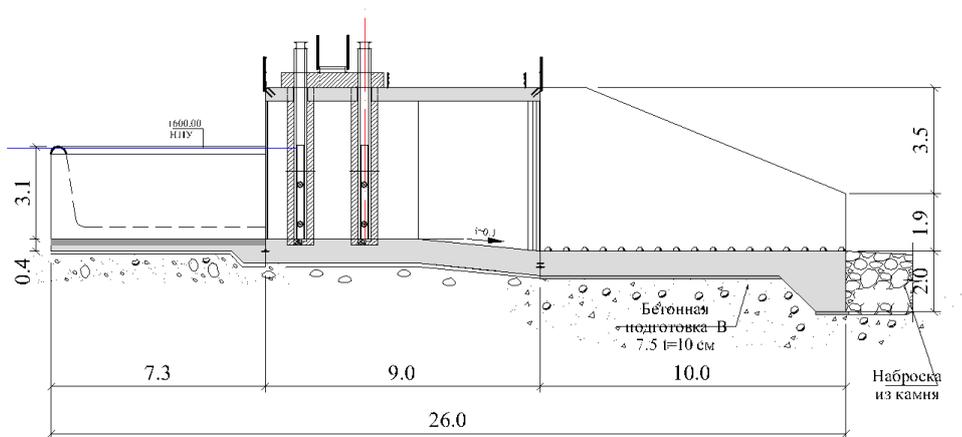


Рисунок 3- Разрез по водосбросу

$Q=103\text{м}^3/\text{с}$ -расход воды при катастрофическом сбросе.

$h=1.5\text{м}$  – глубина над водосливом.

$B_{ав}=17.4\text{м}$  – длина фронта автоматического водослива.

$$Q = \mu \cdot h^{1.5} \cdot B_{ав} \cdot \sqrt{2 \cdot g} = 0,45 \cdot 1,5^{1,5} \cdot 17,4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} = 64\text{м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где  $\mu=0.45$ -коэффициент расхода.

Пропускная способность водосброса  $h=4\text{м}$ ,  $b=3\text{м}$

$$Q = \mu \cdot h \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = 0.6 \cdot 4 \cdot 3 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 2} = 45\text{м}^3/\text{с}, \quad (2)$$

где  $\mu=0.6$ -коэффициент расхода.

$h=4\text{ м}$  – глубина воды водосброса

$b=3\text{м}$ -ширина водосброса

$H=2$  м напор

### 1.3 Пропускная способность промывного шлюза.

$$Q = \mu \cdot h \cdot b_{\text{ш}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = 0.6 \cdot 4 \cdot 2 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 2} = 30 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3)$$

где  $\mu=0.6$ -коэффициент расхода;  
 $h=4$  м – глубина воды промывника;  
 $b_{\text{ш}}=2$ м-ширина промывника;  
 $H=2$  м напор.

### 1.4 Расчет зимнего водозабора.

Минимальный расход воды  $1 \text{ м}^3/\text{сек}$

$$Q = \mu \cdot W \cdot \sqrt{2g(H_0 - \varepsilon_a)} = 0.74 \cdot 0.78 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot (1 - 0.8 \cdot 1)} = 1 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4)$$

где  $\mu = 0,74$  -коэффициент расхода;  
 $H_0 = 1,0$ м-напор воды;  
 $W=0.78$  м<sup>2</sup>-площадь сечения входного трубопровода.

### 1.5 Пропускная способность водоприёмника.

Расход воды одного пролета.

$$Q = \mu \cdot b_{\text{вг}} \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = 0.6 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{9.81 \cdot 2 \cdot 0.6} = 4,5 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5)$$

где  $\mu = 0,6$ -коэффициент расхода водоприемника;  
 $b=2$ м-ширина одного затвора водоприемника ГЭС;  
 $h=1,2$ м - высота одного затвора;  
 $H=0.6$ м- напор водоприемника.

Так как расчетный расход воды ГЭС  $Q=4.5$  м<sup>3</sup>/с, водоприемник пропускает с одним пролетом, то размеры затвора будут 2000x1200мм.

### 1.6 Расчет отстойника

Расход  $Q= 4,5$  м<sup>3</sup>/с

Весовая мутность  $\rho= 2$  кг/м<sup>3</sup>

Объемный вес наносных отложений  $g_i = 1,8 \text{ т/м}^3$   
Расход стока

$$G_{i0} = Q \cdot P = 4.5 \cdot 2 = 9 \text{ кг/с.} \quad (6)$$

Средняя скорость воды

$$V_{cp} = 0,25 \dots 0,5 = 0,26. \quad (7)$$

Средняя глубина отстойника  $2 \dots 5$ ,  $H = 3 \text{ м}$   
Высота аккумулирующего объема  $h_{ак}$ , м

$$h_{ак} = (0.25 \dots 0.3) \cdot H = 0.266 \cdot 3 = 0.8 \text{ м.} \quad (8)$$

Расчетная глубина  $H_p$ , м

$$H_p = H - h_{ак} = 3 - 0,8 = 2,2 \text{ м.} \quad (9)$$

Общая ширина (всех камер) отстойника

$$B = \frac{Q}{(H_p \cdot V_{cp})} = \frac{4,5}{2,2} \cdot 0,266 = 8. \quad (10)$$

Живое сечение отстойника  $W$ , м<sup>2</sup>

$$W = B \cdot H = 8 \cdot 3 = 24 \text{ м}^2. \quad (11)$$

Предварительная длина отстойника.

$$S = K \cdot H_p \cdot \frac{v_{cp}}{w_{0.2}} = 1.38 \cdot 2.2 \cdot \frac{0.26}{0.017} = 45 \text{ м.} \quad (12)$$

где  $K$  - коэффициент запаса  $= 1.2 \dots 1.5$ ;

$w_{0.2}$  - гидравлическая крупность при  $d_{0.2} = 0.017$ .



Рисунок 5 - График состава взвешенных наносов

По составу взвешенных наносов определяем расход стока таблица 2.

Таблица 2- Данные расхода стока воды по гидравлической крупности

Диаметр наносов d, мм	Pi% содержания записываем по графику рис.1	Расход стока кг/с $G_i = \frac{P_i}{100} * G_{i0}$	Гидр-я крупность $\omega_{гк}$ , м/сек	$\rho$ $\omega_{гк}/\omega_{с}$
>0.5	80.00	7.2	0.054	0.212
0.5-0.3	2.00	0.18	0.0324	0.127
0.3-0.2	3.00	0.27	0.017	0.067
<0.2	15.00			
Итого	100.00	7.65		

Таблица 3 – Обеспеченность оседающих наносов

Разделим длину S отстойника на 4 участка, получаем Si, м	Hр/Si	N=Si/Hр	Обеспеченность осаднения, находим по графику рис 2 Psi, %			Кол.наносов Gsi, кг/сек Gsi=Psi/100*Gi			сумма G, кг/сек	Обес-печен-ность оседающих наносов Pк, %
			при w/v и d >0.5	при w/v и d 0.5-0.3	при w/ 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		
11.39	0.19	5.18	87	65	45	6.26	0.12	0.12	6.50	85.00
22.77	0.10	10.3	97	84	65	6.98	0.15	0.18	7.31	95.56
34.16	0.06	15.5	100	95	78	7.20	0.17	0.21	7.58	99.11
45.54	0.05	20.7	100	97	85	7.20	0.17	0.23	7.60	99.40

По таблице 2 строим график Pк(fSi/Hр). Ординату Pк определяют точкой на кривой графика, начиная от которой кривая становится более пологой и дальнейшее повышение обеспеченности вызывает значительное увеличение отношения Si/Hр, берем Pк=90; Si/Hр=9; тогда окончательная длина отстойника Sp=20м.

Время заполнения отстойника

It - уклон дна при заполнении наносами всего аккумулирующего объема, берем it=0.

W1гк - Гидравлическая.крупность фракций при d=0.2мм, 0,017 м/сек

W2гк - Гидравлическая.крупность фракций при d=0.3мм, 0,032 м/сек

W3гк - Гидравлическая.крупность при d=0.5мм, 0,054 м/сек

г - Расход стока для d=0.2мм, 0,27 кг/сек

г - Расход стока для d=0.3мм, 0,18 кг/сек

г - Расход стока для d=0.5мм, 7,2 кг/сек

Общий расход стока 7,65 кг/сек

Средняя за время заиления глубина в конце данного участка Ni, м

$$H_j = H_p + \frac{h_{ak} + i \cdot s_p}{2} = 2,2 + \frac{0,8 + 0,02 \cdot 20}{2} = 2,8 м. \quad (13)$$

Средняя за время заиления глубина в начальном створе Nн, м

$$H_h = H_p + 0.5 \cdot h_{ak} = 2,2 + 0,508 = 2,6\text{м}, \quad (14)$$

где  $V_j$  - Средняя скорость, м/сек

$$V_j \frac{2 \cdot Q}{H_j + H} = \frac{2 \cdot 4,5}{(2,8 + 2,6)} = 0,2\text{м/с}. \quad (15)$$

Средний уклон  $i_{cp}$

$$i_{cp} = \frac{i_t + i}{2} = \frac{0,02 - 0}{2} = 0,01, \quad (16)$$

$$\frac{H}{s_p} = \frac{3}{20} = 0,15,$$

$$\frac{w^2_{ГК}}{v_i} \frac{0,017}{0,2} = 0,082,$$

$$\frac{w^2_{ГК}}{v_i} = \frac{0,032}{0,2} = 0,16,$$

$$\frac{w^3_{ГК}}{v_i} = \frac{0,054}{0,2} = 0,26.$$

Количество наносов в этом участке при  $W1_{гк}/v_i$

$$p = \frac{P}{100} \cdot p = \frac{65}{100} \cdot 0,27 = 0,18. \quad (17)$$

Количество наносов в этом участке при  $W2_{гк}/v_i$

$$p = \frac{P}{100} \cdot p = \frac{90}{100} \cdot 0,17 = 0,16. \quad (18)$$

Количество наносов в этом участке при  $W3_{гк}/v_i$

$$P = \frac{P}{100} \cdot p = \frac{100}{100} \cdot 7,2 = 7,2. \quad (19)$$

Тогда общее количество наносов,  $P_{общ} = 7,54$  кг/сек

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

$$W_i = P_{общ} / g_i = \frac{7,54}{1,8} = 4,2 \text{ л/сек} \quad (20)$$

Аккумулирующий объем  $V$ , м<sup>3</sup>

$$V_i = B \cdot \left( h_{aa} + \frac{iS_p}{2} \right) = 8 \cdot \left( 0,8 + 0,02 \cdot \frac{20}{0,2} \right) \cdot 20 = 160 \text{ м}^3 \quad (21)$$

Время заилнения  $T_i$ , час

$$T_i = \frac{V_i}{\frac{w}{1000}} = \frac{160}{4,2 \cdot 100} \cdot 36 \cdot 00 = 10,6 \text{ час} \quad (22)$$

Промыв отстойника 1-ой камеры

Ширина отстойника 1-ой камеры,  $B_{отст1} = 4 \text{ м}$

Промывной расход  $Q = 2,25 \text{ м}^3/\text{с}$

Средняя глубина отстойника,  $H = 3 \text{ м}$

Ширина по дну 1-ой камеры,  $B_{низ} = 4 \text{ м}$

Минимальный диаметр частицы, которая должна осаждаться в отстойнике,  $d = 0,2 \text{ мм}$

Минимальная гидравлическая крупность, подлежащая осаждению,  $w_{гк} = 0,017 \text{ м/сек.}$

Содержание в процентах по весу в промывном потоке наносов, принимаемое в пределах от 2...8%,  $p = 8\%$ .

Объемный вес отложений наносов,  $g = 1,8 \text{ т/м}^3$ .

Аккумулирующий объем 1-ой камеры отстойника,  $V_{ак1} = 80 \text{ м}^3$ .

Уклон отстойника и промывного тракта  $I = 0,02$ .

Ширина промывной галереи,  $b_1 = 2 \text{ м}$ .

Глубина воды в галерее, задаются в пределах ( 0.5-1),  $h_{пр г} = 0,6 \text{ м}$ .

Промывной расход

$$Q_{пр} = \frac{Q}{2} = \frac{4,5}{2} = 2,25 \text{ м}^3/\text{сек.} \quad (23)$$

Высота аккумулирующего объема  $h_{ак}$ , м

$$h_{ак} = (0,25 \dots 0,3) \cdot H = 0,26 \cdot 3 = 0,8 \text{ м.} \quad (24)$$

Расчетная глубина  $H_p$ , м

$$H_p = H - h_{ак} = 3 - 0,8 = 2,2 \text{ м.} \quad (25)$$

Промывная глубина потока в отстойнике, м

$$h_{пр} = (0,1 \dots 0,3) \cdot H_p = 0,161 \cdot 2,2 = 0,36 \text{ м.} \quad (26)$$

Удельный промывной расход, М<sup>3</sup>/сек

$$Q_{пр} = \frac{Q_{пр}}{B} = 0,56 \text{ м.} \quad (27)$$

Время смыва наносов, мин

$$t_{nn} = \frac{100 \cdot \gamma \cdot V_{ак1}}{p \cdot q_{nn} \cdot B} = \frac{100 \cdot 1,8 \cdot 80}{8 \cdot 0,56 \cdot 4 \cdot 60} = 13,3 \text{ мин.} \quad (28)$$

### 1.7 Расчет напорного бассейна (рисунок 6)

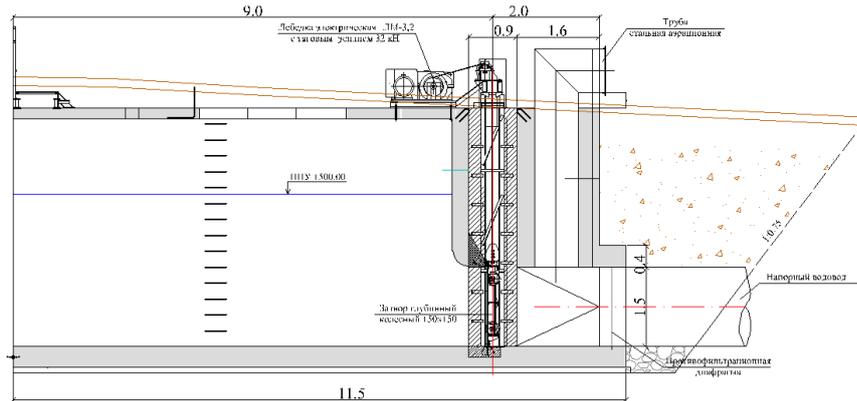


Рисунок 6- Разрез по напорному бассейну

Ширина напорного бассейна

$$B_{нап} = 1,5 \dots 4 \cdot D_{вод} = 1,8 \cdot 1,5 = 2,7 \text{ м.} \quad (29)$$

где  $D_{вод} = 1,5$  м - диаметр водовода.

Скорость воды в напорном бассейне

$$V_{нап} = \frac{Q}{B_{нап} \cdot h_{нап}} = \frac{4,5}{2,7 \cdot 2} = 0,8333 \text{ м}^3/\text{с.} \quad (30)$$

где  $h_{нап} = 2,0$  м - глубина воды.

Минимальное заглубление

$$h1 = \frac{(V_{вод}^2 - V_{нап}^2) \cdot K}{2 \cdot 9,81} = \frac{(2,5^2 - 0,83^2) \cdot 1,7}{2 \cdot 9,81} = 0,5 \text{ м.} \quad (31)$$

где  $V_{вод} = \frac{Q}{W} = \frac{4,5}{1,8} = 2,5$  м/с - скорость воды в водоводе.

$K = 1,7$  - коэфф. запаса.

Площадь сечения воздухоподводящей трубы

$$W_{\text{воз.тр}} = \frac{1}{4} \cdot W_{\text{вод}} = \frac{1}{4} \cdot 1,8 = 0,45 \text{ м}^2. \quad (32)$$

Диаметр воздухоподводящей трубы.

$$D_{\text{воз.тр}} = \sqrt{\frac{W_{\text{воз.тр.}}}{\pi}} \cdot 2 = \sqrt{\frac{0,45}{3,14}} \cdot 2 = 0,75 \text{ м}. \quad (33)$$

Пропускная способность напорного бассейна.

$$Q = \mu \cdot w_{\text{вод}} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 (h_{\text{нап}} - a \cdot \varepsilon)}, \quad (34)$$

$$Q = 0,6 \cdot 1,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (2,0 - 1,5 \cdot 0,6)} = 4,8 \text{ м}^3/\text{с}.$$

где:  $\mu = 0,6$  – коэффициент запаса.

$a = D_{\text{вод}} = 1,5 \text{ м}$

$\varepsilon = 0,6$  – коэффициент сжатия

## 1.8 Расчет напорного водовода (рисунок 7)



Наивыгоднейший диаметр трубопровода  $D_0$ , при напоре воды  $H=78,5 \text{ м}$  и расходе  $Q_{\text{max}}=4,5 \text{ м}^3/\text{с}$ .

$$D_0 = \sqrt{\frac{5,2}{H}} = 1,5 \text{ м}. \quad (35)$$

Радиус водовода  $R=0,75 \text{ м}$

Расход воды  $Q=4,5 \text{ м}^3/\text{с}$

Площадь живого сечения в туннеле

$$w = \pi R^2 = 3,14 + 0,75^2 = 1,77 \text{ м}^2. \quad [36]$$

Смоченный периметр

$$X=2\pi R=2\cdot 3,14\cdot 0,75=4,71\text{м.} \quad (37)$$

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

$$R=\frac{w}{x}=\frac{4,5}{1,77}=0,375. \quad (38)$$

Коэффициент Шези.

$$C=R0,167/n=\frac{0,375^{0,167}}{0,014}=60,6. \quad (39)$$

Коэффициент сопротивления по длине трубопровода.

$$\lambda = 8 \cdot \frac{g}{C^2} = 8 \cdot \frac{9,81}{60,6^2} = 0,02. \quad (40)$$

Скорость воды.

$$V=\frac{Q}{w}=\frac{4,5}{1,77}=2,54 \text{ м/с.} \quad (41)$$

Потери напор по длине водовода.

$$H_{\text{пот}}=\frac{\lambda \cdot L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{0,02 \cdot 5260}{1,5} \cdot \frac{2,54^2}{2 \cdot 9,81} = 24,7\text{м.} \quad (42)$$

где:  $D=1,5\text{м}$  – диаметр трубы. При радиусе водовода  $R=0,75\text{м}$ , по расчетам получается минимальные потери и капиталовложения при строительстве, т.к уменьшение диаметра водовода, влечет за собой увеличение потер напора.

Минимальная толщина стали водовода.

$$\delta_{\text{min}} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [Rp]} = \frac{11 \cdot 150}{2 \cdot [1980]} = \frac{1650}{3960} = 0,42\text{см.} \quad (43)$$

$P=H_{\text{max}}=110\text{м}=11\text{кг/см}^2$  – максимальное давление в водоводе.

$$H_{\text{max}}=1,4 \cdot H_{\text{расч}}=1,4 \cdot 78,5=110\text{м.} \quad (44)$$

$H_{\text{расч}}=78,5\text{м}$  - расчетный напор ГЭС

$R_p=1980$  - расчетное сопротивление стали

$$D=R \cdot 2=0,75 \cdot 2=1,5\text{м}=150\text{см-диаметр трубы} \quad .(45)$$

## 1.9 Расчет сбросного канала

Предварительно для расчета, выбираем след.параметры канала.

Глубину канала  $h=1,37\text{м}$ .

Ширина канала.  $B=2,5\text{м}$ .

Уклон канала  $i=0,0006$

Широковатость канала  $n=0,014$ .

Живое сечение канала.

$$w=h \cdot B=1,37 \cdot 2,5=3,4 \text{ м}^2. \quad (46)$$

Смоченный периметр.

$$X=h \cdot 2+b=1,37 \cdot 2+2,5=5,24\text{м}. \quad (47)$$

Гидравлический радиус.

$$R=\frac{W}{X}=\frac{3,4}{5,24}=0,6. \quad (48)$$

Коэффициент Шези.

$$C=\frac{R^{0,167}}{n}=\frac{0,65^{0,167}}{0,014}=66,5. \quad (49)$$

Скорость в канале.

$$V=C \cdot \sqrt{i}=66,5 \cdot \sqrt{0,0006}=1,32 \text{ м/с}. \quad (50)$$

Расход воды.

$$Q=v \cdot w=1,32 \cdot 3,4=4,5 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (51)$$

Т.к. расчет канала показывает пропуск расхода воды  $Q=4,5\text{м}^3/\text{с}$ , то выбранные параметры канала считаются верными.

Выбираем канал из Г-образных блоков, при общей строительной.высоте канала  $H=2,0\text{м}$  и толщине подошвы  $0,3 \text{ м}$ . Верхний просвет над уровнем воды, будет  $0,33\text{м}$ , при глубине воды  $1,37 \text{ м}$ .

Сбросной канал шириной  $B=2,5\text{м}$ , уклоном  $i=0.0006$ , длиной  $L=107\text{м}$ .

## **2 Технология строительства и эксплуатация проектируемого объекта водопользования**

### **2.1 Исходные этапы организации строительства и эксплуатации**

Площадка для размещения баз и вагончиков поселка строительного периода будет расположена поблизости от площадки станционного узла каждой ГЭС согласно очередности строительства. По аналогии спостроенными каскадами малых ГЭС, для строительства первоочередной ГЭС с водосбросом потребуется штат строителей порядка 80 человек, для строительства и монтажа оборудования ГЭС – ещё 10 человек, итого около 90 человек.

Для строительства головного водозабора необходимо открыть карьеры для разработки суглинка и гравийно-галечниковых грунтов, а также карьер камня и горной массы.

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.

В настоящем ТЭП принято, что бетон готовится на месте, карьер суглинка находится на расстоянии бкм, гравийно-галечника на расстоянии не более бкм.

Внешнее электроснабжение строительной площадки возможно организовать с помощью опережающего строительства ВЛ 35 кВ, предназначенной для выдачи мощности от каскада ГЭС, либо (при наличии условий и обоснования) путём строительства временной ВЛ напряжением 10 кВ.

Водоснабжение стройплощадки возможно организовать путем строительства водозабора из р. Жинишке.

Канализация и отвод промышленных стоков от стройплощадки потребуют строительства выгребных ям.

В ТЭП проведен предварительный подбор оборудования для каждой ГЭС каскада по имеющимся каталогам заводов-изготовителей гидросилового оборудования и по результатам выполненного выше водно-энергетического расчета.

Все выбранные гидроагрегаты должны обеспечивать устойчивую работу в заданном диапазоне работы ГЭС. Перед каждой турбиной устанавливается предтурбинный дисковый затвор Д941Н-16Дg700 поставляемый в комплекте с основным гидросиловым оборудованием.

Все выше перечисленное оборудование поставляется заводом изготовителем гидротурбин коммерческое предложение завода-изготовителя и главная схема электрических сооружений ГЭС приведены в таблице 4.

Таблица 4-Технические данные выбранного основного оборудования

Наименование	ГЭС-1	ГЭС-2	Итого
Нагр,МВт	1.0	1.0	6.0
Нрасч, м	78.5	78.9	
Qрасч,м <sup>3</sup> /с	4.5	4.5	4.5
Загр, шт.	3	3	6
Тип турбин	HLA575-WJ-60	HLA575-WJ-60	Francis
n,об./мин.	750	750	750

Параметры гидротурбин и количество агрегатов должны быть уточнены на последующей стадии проектирования совместно с заводом изготовителем.

## 2.2 Объемы основных работ Каскад ГЭС «Жинишке»

На выбранные в ТЭП компоновку ГЭС и их параметры произведен оценочный подсчет основных объемов работ. Оценка была выполнена по аналогам и на основе экспертных оценок, результаты подсчетов приведены по каскаду. Общий объем основных работ по каскаду ГЭС «Жинишке» приведен в таблице 5

Таблица 5 - Объемы основных работ Каскад ГЭС «Жинишке»

Наименование работ и затрат		Ед. измер.	Всего
Выемка грунтов		тыс.м <sup>3</sup>	215
Насыпь грунтов и обратная засыпка		тыс.м <sup>3</sup>	174.6
Бетон и железобетон, всего:		тыс.м <sup>3</sup>	5.06
в том числе:	Монолитный	тыс.м <sup>3</sup>	4.9
	Сборный	тыс.м <sup>3</sup>	0.16
Металлоконструкции и оборудование*			4 858.32
в том числе:	затворы и решетки	т	21.78
	подъемное оборудование	т	5.44
	Трубопровод	т	4 802.2
	прочие металлоконструкции	т	28.9
Гидросиловое оборудование		т	102

\* с учетом турбинных водоводов

### 3 Предпроектный анализ

#### 3.1 Обоснование базовых показателей и условий для проведения финансово-экономических расчетов

Для составления финансовой модели ниже приводится описание и обоснование основных базовых условий:

- сроков окупаемости проекта;
- соотношения собственных и заемных средств;
- ставки дисконтирования;
- темпов роста доходной и расходной части.

В соответствии с п.5 «Правил определения расчетного, утверждения предельного и индивидуального тарифов» утвержденных, Постановлением Правительства РК от 10.03.2009г. №277 пункт 5 , установлено, что сроки окупаемости инвестиций в электроэнергетике составляют от восьми до двенадцати лет.

Соотношение собственных и заемных средств в каждом конкретном случае определяется договорными отношениями между Заемщиком и Банком. В представленных ниже расчетах заявленное Заказчиком соотношение собственных и заемных средств соответствует 10:90.

Финансирование Проекта осуществляется Инвестором за счет собственных и заемных средств.

Оборотные средства, из-за специфики производства электроэнергии, когда отсутствуют запасы сырья, нет незавершенного производства и запасов готовой продукции, составляют незначительную сумму. В расчетах оборотные средства по аналогу действующих ГЭС приняты одновременно в размере 20% от текущих расходов. Финансирование оборотных средств осуществляется из собственных средств предприятия.

Амортизационные отчисления приняты в размере 4%, исходя из 25-летнего расчетного срока эксплуатации, и приведены в Приложении к настоящему разделу таблица 5.

Финансовая модель разработана для анализа целесообразности строительства каскада ГЭС на р. Жинишке. Целесообразность Проекта оценивается путем расчета основных показателей финансовой эффективности проекта.

Расчеты эффективности инвестиций ограничены горизонтом расчета в 29 лет (4 года – строительство, 25 лет – период эксплуатации).

#### 3.2 Расчет эксплуатационных расходов и себестоимости продукции.

Эксплуатационные расходы складываются из материальных затрат, фонда оплаты труда, амортизационных отчислений от основных фондов,

расходов на ремонт, услуг и прочих затрат, налогов на имущество и землю, процентов за кредит.

Для планирования перспективных материальных расходов на ГЭС были проанализированы отчетные финансовые показатели нескольких действующих ГЭС Казахстана и приняты в качестве аналога.

Расчитанные эксплуатационные затраты ГЭС на 2020 год введены в таблицу 6.

Таблица 6- Эксплуатационные затраты ГЭС на 2020 годмлн.тг

Наименование	Величина
Материальные затраты	1,3
Фонд оплаты труда	90,6
Амортизация зданий, сооружений и оборудования	159,3
Затраты на ремонт	13,0
Налог на имущество и землю	39,5
Услуги по водопользованию, диспетчеризации и прочие услуги	34,4
Проценты за кредит	200,6
Итого:	538,8

Среднегодовая себестоимость электроэнергии за расчетный период составила 19.2 тенге/кВтч. 9.7.

Доход на ГЭС формируется за счет продажи электроэнергии.

Размер продажи электроэнергии составит в среднемноголетнем разрезе 28.42 млн.кВтч по утвержденному фиксированному тарифу с ежегодной индексацией на рост.

В таблице 7 представлены результаты расчета дохода за расчетный период

Таблица 7- Доходы за расчетный период млн.тг

Наименование	Величина
Доход от продаж	30 822,5
Чистая прибыль	11 869,3

Как видно из таблицы, чистая прибыль, полученная после вычета из суммарного дохода ежегодных эксплуатационных расходов и корпоративного подоходного налога, имеет положительное значение.

### 3.3 Сводный поток денежных средств

Сводный расчет потока денежных средств отражает операционную, инвестиционную и финансовую деятельность проекта за расчетный период, характеризующую операции, связанные, во-первых, с образованием источников финансовых ресурсов, а во-вторых, с использованием этих ресурсов.

Итоговые показатели потока денежных средств за расчетный период представлены в таблице 8

Таблица 8-Итоговые показатели потока денежных средств за расчетный период представлены млн.тг

Наименование	Величина
Приток денежных средств, в т.ч:	35 297,2
доход от реализации	30 822,5
собственные средства	411,0
заемные средства	4 012,1
прочие	51,5
Отток денежных средств, в т.ч.:	23 560,9
инвестиции в строительство	4 423,1
оборотные средства	51,5
ежегодные издержки	8 379,3
выплаты заемных средств	4 012,1
проценты за кредит	1 183,8
НДС к оплате	2 543,8
КПК	2 967,3
Поток наличности	11 736,3

Из таблицы следует, что итоговые потоки наличности за расчетный период имеют положительный результат.

Анализ ежегодного потока наличности показывает: ежегодный приток денежных средств на протяжении всего расчетного периода превышает ежегодные расходы, что указывает на способность предприятия вести удовлетворительную финансово-хозяйственную деятельность при соблюдении принятых в расчетах условий.

Для характеристики эффективности инвестиций в строительство каскада ГЭС на р. Жинишкебыл выполнен расчет простых экономических показателей (срока окупаемости, рентабельности).

Показатели эффективности приемлемы для вложения инвестиций в строительство.

### 3.4 Технико-экономические показатели

Основные технико-экономические показатели и результаты финансовых расчетов по вариантам приведены в таблице 10

Результаты расчетов показывают эффективность реализации проекта при соблюдении принятых в расчетах условий.

Таблица 10-Основные технико-экономические показатели и результаты финансовых расчетов по вариантам

Показатели	Ед. изм.	Величина	
		Основной вариант	Без затрат по выдаче мощности
Установленная мощность каскада ГЭС	МВт	6,0	6,0
Выработка электроэнергии каскада ГЭС	ГВтч	29,0	29,0
Отпуск электроэнергии в сеть	ГВтч	28,4	28,4
Тариф на электроэнергию без НДС/с НДС	тенге/кВт	21,9/	21,9/
Расчетная стоимость строительства	млн.тенге	4 110,4	3 949,7
Расчетная стоимость строительства	млн.тенге	4 423,1	4 250,6
Удельные показатели:			
на 1 кВт установленной мощности	тыс.тенге	685,1	658,3
на 1 кВтч выработки э/энергии	тенге/кВт	141,7	136,2
Условия финансирования:			
собственные средства	%	10	10
кредитные средства	%	90	90
Условия кредитования:			
срок кредитования	лет	14	14
льготный период	лет	4	4
ставка вознаграждения	%	5	5
Численность персонала	чел.	33	33
Расчетный период эксплуатации	лет	25	25
Доход от реализации	млн.тенге	30 82	30 82
Эксплуатационные расходы	млн.тенге	13 44	13 23
в т.ч. вознаграждение за кредит	млн.тенге	1 183	1 137
Себестоимость электроэнергии	тенге/кВт	19,25	18,95
Прибыль	млн.тенге	14 83	15 02
Чистая прибыль	млн.тенге	11 86	12 01
ростой срок окупаемости*	лет	10/6	10/6

Числитель – с начала реализации проекта, знаменатель – с начала эксплуатации каскада ГЭС.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбранный в ТЭП вариант наиболее полно использует топографо-геологические особенности долины р. Жинишке между отметками 1 600 м и 1 400 м. На следующей стадии проектирования, вопросы выбора варианта и компоновки ГЭС должны быть дополнительно исследованы с необходимой степенью детальности.

Показана особенность организации строительства, технологии производства работ по сооружению.

Указано, что реализация проекта с вводом каскада ГЭС «Жинишке» позволит уменьшить дефицит энергии в Алматинском регионе, обеспечит покрытие базовых нагрузок.

Строительство каскада из двух ГЭС на р. Жинишке установленной суммарной мощностью 6.0 МВт позволит вырабатывать 29.0 млн.кВтч электрической энергии в среднемноголетнем разрезе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Каскад ГЭС на реке Жинишке// Техничко-экономические предложения. Общая пояснительная записка Арх №16-2013 Алматы, ТОО «Казгидро» 2015-112с
- 2 Использование водной энергии: Учебник для вузов. /Под. Ред. Ю.С. Васильева – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1995.- 608 с.
- 3 Касымбеков Ж.К. Проектирование и строительство малых гидроэлектростанций //Уч. пособие. –Алматы, Изд-во КазННТУ,2017.-180с.
- 4 Руководство по гидравлическим и русловым расчетам речных гидроузлов. – М.: 1980. 99с.
- 5 Рекомендации по расчету потерь напора по длине водоводов гидроэлектростанций. П-91-80/ВНИИГ.-Л.:ВНИИГ, 1981, 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,1980.-278с.
- 8 Строительство гидроэлектростанций и монтаж оборудования //Экспресс – информация.-М.,1982, -13с.
- 9 Организация эксплуатации гидротехнических сооружений ГЭС и ГАЭС// Стандарт ОАО «СО ЕЭС».-М.,2008. – 193 с.
- 10 Техничко-экономический анализ проекта строительства Иссыкской ГЭС //ТОО ЭнергоАлем.-Алматы,2005.
- 11 Положение о порядке определения экономической эффективности научно-исследовательских работ в области мелиорации и водного хозяйства. – М., 1987. – 156с

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Приложение А

### Водный режим р. Жинишке

Сток р.Жинишке в расчетных створах не измерялся. Ниже этих створов в с.Малыбай р. Шелек измерение и изучение водного режима р.Шелек выполняется Гидрометслужбой Казахстана с 1928г. Сведения о жидком, твердом стоке и ледовом режиме р.Шелек–с.Малыбай помещаются в [1,2, 7].

Река Шелек–с.Малыбай принята в качестве аналога для расчетных створов в соответствии с [3].

В питании р.Жинишке основную роль играют талые воды снегов. В питании меженного стока значительное участие принимают подземные воды, которые в основном формируются талыми водами, претерпевшими трансформацию на водосборе.

По генетическим признакам в годовом стоке р.Жинишке можно выделить два основных фазово-однородных периода:

1) период снегового половодья, формируемого преимущественно талыми водами снегов. Начало половодья определяется наступлением положительных температур воздуха;

2) период межени, когда речной сток питается в основном водами, аккумулярованными активной поверхностью водосбора, в первую очередь подземными водами. Этот период характеризуется относительно небольшими расходами воды, плавно снижающимися до начала половодья следующего года.

### Морфометрические характеристики р.Жинишке

Морфометрические характеристики р. Жинишке до створов 1700 м, 1600 м, 1500 м и 1400 м, определённые с помощью карт М 1:100000 и М 1:25000, указаны в таблице А.1

Таблица А.1 Морфометрические характеристики р. Жинишке

Створ, м	Длина реки L <sub>p</sub> , км	Площадь водосбора F, км <sup>2</sup>	Средняя высота водосбора Z <sub>ср</sub> , м	Средний уклон русла реки i <sub>p</sub>	Средний уклон склонов водосбора i <sub>с</sub>
1700	33,783	332	2629	0,050321	0,169138
1600	37,515	370	2582	0,047981	0,172787
1500	43,177	422	2516	0,044005	0,170457
1400	48,397	547	2404	0,041325	0,161843

## Продолжение приложения А

( $M_0$ , л/с с км<sup>2</sup>) от средней взвешенной высоты водосбора в бассейне р.Шелек. Коэффициент вариации  $C_v$  годового стока в расчетных створах 1 700 м, 1 600 м, 1 500 м и 1 400 м определен по формуле (А.1):

$$C_v = \frac{0,72}{H1,39}, \quad (A.1)$$

где  $H$  – средняя высота водосбора, км [3, 7].

Коэффициент асимметрии  $C_s$  годового стока принят равным  $2 \times C_v$  [7].

Норма стока ( $Q_0$ , м<sup>3</sup>/с), коэффициент вариации  $C_v$ , коэффициент асимметрии  $C_s$  и сток вероятностью превышения (%) р. Жинишке в расчетных створах показан в таблице А.2

Таблица А.2 Средний многолетний сток и сток различной обеспеченности р. Жинишке в расчетных створах, м<sup>3</sup>/с

Высота створа, м	F, км <sup>2</sup>	Ср.высота Н, м	M <sub>0</sub> , л/с с км <sup>2</sup>	Q <sub>0</sub> , м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	Обеспеченные расходы, м <sup>3</sup> /с			
							25%	50%	75%	95%
1700	332	2629	8,62	2,86	0,19	0,38	3,20	2,82	2,48	2,03
1600	370	2582	7,94	2,94	0,19	0,38	3,29	2,90	2,55	2,09
1500	422	2516	7,02	2,96	0,20	0,40	3,33	2,92	2,56	2,10
1400	547	2404	5,55	3,04	0,21	0,42	3,44	2,99	2,59	2,11

### Внутригодовое распределение стока

Внутригодовое распределение стока р. Жинишке определяется не только высотным положением и площадью водосбора, но и преобладающей общей ориентацией склонов, на которых расположен бассейн реки.

Река Жинишке относится к рекам с летним половодьем. Наибольший месячный сток наблюдается в июле - августе, наименьший месячный сток – в феврале - марте. Внутригодовое распределение стока р.Жинишке в расчетных створах за характерные годы приведено в таблице А.3.

### Максимальный сток половодья

Максимальные расходы воды половодья на р. Жинишке формируются за счет таяния снега и льда. Для расчёта модуля максимального стока 1% обеспеченности  $q_{1\%}$ , л/(с\*км<sup>2</sup>) была использована зависимость (А.2):

$$q_{1\%} = \frac{K_0 \cdot h_{1\%}}{(F+1)^n}, \quad (A.2)$$

где  $K_0$  – коэффициент дружности половодья;

$h_{1\%}$  – слой стока за половодье обеспеченностью 1%, мм

Продолжение приложения А

Таблица А.3 Внутригодовое распределение стока в створах на р. Жинишкеза  
характерные годы

P, %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1 700 м													
25	1,212	1,125	1,102	1,633	3,421	4,621	7,478	7,346	4,549	2,605	1,897	1,464	3,205
50	1,059	0,986	0,969	1,482	3,010	4,075	6,576	6,471	4,006	2,292	1,655	1,308	2,824
75	0,934	0,870	0,852	1,267	2,646	3,565	5,773	5,672	3,520	2,018	1,468	1,132	2,476
95	0,762	0,709	0,697	1,068	2,169	2,930	4,729	4,655	2,877	1,650	1,195	0,940	2,032
1 600 м													
25	1,246	1,156	1,133	1,678	3,517	4,751	7,688	7,552	4,677	2,678	1,950	1,505	3,294
50	1,089	1,014	0,996	1,523	3,094	4,189	6,759	6,652	4,118	2,356	1,702	1,345	2,903
75	0,960	0,894	0,876	1,302	2,720	3,664	5,935	5,831	3,618	2,074	1,510	1,164	2,546
95	0,783	0,729	0,717	1,098	2,229	3,012	4,861	4,785	2,958	1,696	1,229	0,967	2,089
1 500 м													
25	1,261	1,170	1,146	1,698	3,558	4,807	7,778	7,641	4,732	2,709	1,973	1,523	3,333
50	1,095	1,019	1,001	1,531	3,111	4,211	6,795	6,688	4,139	2,369	1,711	1,352	2,919
75	0,965	0,899	0,881	1,310	2,735	3,685	5,968	5,864	3,639	2,086	1,518	1,170	2,560
95	0,787	0,733	0,721	1,104	2,241	3,029	4,887	4,811	2,974	1,706	1,236	0,972	2,100
1 400 м													
25	1,301	1,207	1,183	1,752	3,672	4,961	8,027	7,885	4,883	2,796	2,036	1,572	3,440
50	1,123	1,045	1,027	1,570	3,190	4,318	6,968	6,858	4,245	2,429	1,754	1,386	2,993
75	0,975	0,909	0,890	1,323	2,763	3,724	6,030	5,925	3,677	2,108	1,534	1,183	2,587
95	0,791	0,736	0,724	1,110	2,252	3,043	4,911	4,834	2,988	1,714	1,241	0,977	2,110

Показатель степени  $n$  определяется по уравнению (А.3):

$$n = 0.50 - 0.1 \cdot H_{cp}, \quad (\text{А.3})$$

где  $n$  – показатель степени, характеризующий редуцию (уменьшение коэффициента дружности половодья в зависимости от площади водосбора) [7].

$H_{cp}$  – средняя высота водосбора, км.

Коэффициент дружности половодья  $K_0$  определяется по зависимости :

$$K_0 = \frac{A_1}{H_{cp}^3}, \quad (\text{А.4})$$

## Продолжение приложения А

где  $A_I$  – районный параметр, характеризующий совокупность местных особенностей, влияющих на дружность половодья (увлажнённость территории, регулирующая роль бассейна, величина подземного питания и др.). Для исследуемого района  $A_I=20$ ;

$H_{cp}$  – средняя высота водосбора, км.

Для определения слоя стока за половодье обеспеченностью 1%  $h_{1\%}$  рекомендуется зависимость от средней высоты водосбора  $h_{1\%}=f(H_{cp})$ , рисунок 85 [7], таблица 45 [7].

Максимальный расход половодья обеспеченностью 1%  $Q_{1\%}$  (м<sup>3</sup>/с) определяется по формуле (А.5):

$$Q_{1\%} = q_{1\%} \cdot \frac{F}{1000}, \quad (\text{А.5})$$

где  $q_{1\%}$  – модуль максимального стока 1% обеспеченности, л/(с\*км<sup>2</sup>);

$F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

Переход от расходов обеспеченностью 1% к расходам других обеспеченностей осуществляется через переходные коэффициенты, таблица 46 [7].

Результаты расчёта и расходы различной обеспеченности р. Жинишке в расчётных створах приведены в таблице А.4.

Таблица А.4 Максимальный сток половодья различной обеспеченности в расчётных створах, м<sup>3</sup>/с

Высота створа, м	$H_{cp}$ , км	$F$ , км <sup>2</sup>	$n$	$K_0$	$h_{1\%}$ , мм	$q_{1\%}$ , л/(с*км <sup>2</sup> )	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{0,1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{2\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{5\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{10\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{25\%}$ , м <sup>3</sup> /с
1 700	2,629	332	0,237	1,101	228	63,2	21,0	25,8	19,5	17,2	15,5	12,0
1 600	2,582	370	0,242	1,162	216	60,0	22,2	27,3	20,6	18,2	16,4	12,6
1 500	2,516	422	0,248	1,256	203	56,6	23,9	29,4	22,2	19,6	17,7	13,6
1 400	2,404	547	0,260	1,440	190	53,3	29,2	35,9	27,1	23,9	21,6	16,6

Параметры селевых потоков, которые могут сформироваться на р. Жинишке, определены согласно [6].

Максимальные селевые расходы на водосборах водотоков рассчитаны по формуле (А.6)

$$Q_c = \frac{Q}{(1-ST)}, \quad (\text{А.6})$$

где  $Q$  – максимальный расход воды, м<sup>3</sup>/с;

## Продолжение приложения А

$S_T$  – предельная объемная концентрация твердой составляющей селевого потока, которая определяется по формуле (А.7).

$$S_T = 2,33 \cdot \sin \alpha, \quad (\text{А.7})$$

где  $\alpha$  - угол наклона русла водотока [6].

Плотность наносоводных селевых потоков,  $\rho_c$ , т/м<sup>3</sup> (с углами наклона русел от 1.5° до 12°) определяется по формуле (2.8)

$$\rho_c = \rho + S_T(\rho_T - \rho), \quad (\text{А.8})$$

где  $\rho$  и  $\rho_T$  соответственно плотность воды и плотность твердой составляющей, т/м<sup>3</sup> [6].

Результаты расчёта и максимальные селевые расходы половодья различной обеспеченности показаны в таблице А.5.

Таблица А.5 Максимальные селевые расходы половодья различной обеспеченности в расчётных створах, м<sup>3</sup>/с

Створ, м	Угол_наклона русла $\alpha$ , °	$S_T$	Плотность селя $\rho_c$ , т/м <sup>3</sup>	$Q_{c1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{c0,1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{c2\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{c5\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{c10\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{c25\%}$ , м <sup>3</sup> /с
1 700	2,88	0,1171	1,199	23,8	29,2	22,1	19,5	17,6	13,6
1 600	2,75	0,1117	1,190	24,9	30,7	23,2	20,5	18,5	14,2
1 500	2,52	0,1024	1,174	26,6	32,8	24,8	21,8	19,7	15,2
1 400	2,37	0,0962	1,164	32,3	39,7	30,0	26,5	23,9	18,4

### Максимальные расходы воды дождевых паводков

По формуле предельной интенсивности (А.9) был определен максимальный расход дождевого паводка обеспеченностью 1%  $Q_{1\%}$  (м<sup>3</sup>/с)

$$Q_{1\%} = 16.67 \cdot \varphi \cdot \bar{\psi}(\tau) \cdot H_{1\%} \cdot F, \quad (\text{А.9})$$

где  $\varphi$  - сборный коэффициент максимального стока, принятый равным 0.15, таблица 47 [7];

$\bar{\psi}(\tau)$  – средняя интенсивность редукиции максимального слоя осадков за время  $\tau$  (мин) по отношению к максимальному суточному слою дождя;

$H_{1\%}$  - максимальный суточный слой дождя обеспеченностью 1%, принимаемый в соответствии с таблицей 49 [7];

$F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

Продолжение приложения А

$$\psi(\tau) = \frac{H}{H_p} \quad (\text{A.11})$$

где  $H_\tau$  – максимальный слой дождя за время  $\tau$ , мм;

$H_p$  – максимальный суточный слой дождя, мм.

Расчетное время дождя  $\tau$ , равное бассейновому времени добегаания, определено по формуле (A.12)

$$\tau = K_I \cdot \tau_p, \quad (\text{A.12})$$

где  $K_I$  – расчетное соотношение, равное 3.1, принятое в соответствии с рекомендациями [7];

$\tau_p$  – время добегаания воды по руслу водотока.

$$\tau_p = \frac{L}{V}, \quad (\text{A.13})$$

где  $L$  – длина русла водотока, м;

$V$  – скорость добегаания воды по руслу водотока, м/с.

$$V = 1.1 \cdot i^{0.25}, \quad (\text{A.14})$$

где  $i$  – средний уклон русла водотока, ‰.

Переход от расходов обеспеченностью 1% к расходам других обеспеченностей осуществляется через переходные коэффициенты, таблица 46 [7].

Результаты расчёта и расходы различной обеспеченности р. Жинишке в расчётных створах приведены в таблице А.6.

Таблица А.6 Максимальный сток дождевых паводков различной обеспеченности в расчётных створах, м<sup>3</sup>/с

Створ, м	$H_{cp}$ , км	$F$ , км <sup>2</sup>	$L_p$ , м	$i_p$ , ‰	$V$ , м/с	$\square_p$ , с	$\square$ , с	$\square$ , мин	$\psi(\tau)$	$\bar{\psi}(\tau)$	$H_{1\%}$ , мм	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{0.1\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{2\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{5\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{10\%}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{25\%}$ , м <sup>3</sup> /с
1700	2629	332	33783	50,321	2,93	11531	35746	595,770	0,759876	0,001275	75	79,8	98,1	74,2	65,4	59,0	45,5
1600	2582	370	37515	47,981	2,90	12958	40170	669,50	0,79024	0,00118	76	83,4	103	77,5	68,4	61,7	47,5
1500	2516	422	43177	44,005	2,83	15240	47244	787,40	0,835059	0,001061	78	87,2	107	81,1	71,5	64,5	49,7

## Продолжение приложения А

Максимальные селевые расходы дождевых паводков рассчитаны в соответствии с описанием, приведённым в пункте 2.4, и помещены в табл. А7.

Таблица А.7 Максимальные селевые расходы дождевых паводков различной обеспеченности в расчётных створах, м<sup>3</sup>/с

Створ, м	Q <sub>с1%</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>с0,1%</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>с2%</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>с5%</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>с10%</sub> , м <sup>3</sup> /с	Q <sub>с25%</sub> , м <sup>3</sup> /с
1700	90,4	111	84,0	74,1	66,9	51,5
1600	93,8	115	87,3	76,9	69,4	53,5
1500	97,1	119	90,3	79,6	71,9	55,4
1400	118	145	110	96,6	87,2	67,2

### Минимальный сток

За основную характеристику среднемесячного минимального расхода воды принят расход, соответствующий наиболее маловодному периоду межени [9]. На р. Жинишке минимальные расходы воды проходят в феврале - марте. Значения минимальных среднемесячных модулей стока и расходов воды р. Жинишке в расчетных створах показаны в таблице А.8.

Таблица А.8 Минимальные среднемесячные модули ( $M_{мин}$ , л/с с км<sup>2</sup>) и расходы воды ( $Q_{мин}$ , м<sup>3</sup>/с), р. Жинишке в расчетных створах

Створ, м	Обеспеченные $M_{мин}$ , л/с с км <sup>2</sup>				Обеспеченные $Q_{мин}$ , м <sup>3</sup> /с			
	50%	75%	90%	95%	50%	75%	90%	95%
1700	2,51	2,26	2,03	1,89	0,833	0,751	0,673	0,627
1600	2,32	2,09	1,86	1,74	0,857	0,772	0,686	0,645
1500	2,04	1,84	1,64	1,53	0,861	0,777	0,692	0,648
1400	1,61	1,43	1,27	1,19	0,883	0,785	0,694	0,652

### Твердый сток

Наличие рыхлых третичных и четвертичных образований, расчлененность рельефа способствуют накоплению и выносу продуктов выветривания с бассейна р. Жинишке. Определение твердого стока, его распределение внутри года выполнено с привлечением аналога–р. Шелек–с. Малыбай[2, 3, 9, 14]. Основная часть стока наносов транспортируется в теплое время года. Увеличение стока наносов начинается одновременно с повышением уровня воды. Максимальные значения мутности и расходов взвешенных наносов приходятся на июль-август. Минимальные мутности и расходы взвешенных наносов наблюдаются в холодное время года, таблица 4.3.17.

Средний многолетний расход донных наносов в расчетных створах (высотные отметки 1 700 м, 1 600 м, 1 500 м, 1 400 м) принят в размере 20%

Продолжение приложения А

от расхода взвешенных расходов. По грансоставу объемный вес взвешенных наносов принят равным:  $\gamma=1.7 \text{ т/м}^3$ , влеконых:  $\gamma=2.1 \text{ т/м}^3$ . Суммарный годовой твердый сток, который поступит к расчетным створам, представлен в таблице А.9.

Таблица А.9- Внутригодоевое распределение взвешенных наносов и мутности на р. Жинишке в расчетных створах

Створ, м	Элемент	Среднемесячные мутности ( $\rho$ ) и расходы наносов (R)							Средне-годовые
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
	$\rho, \text{ г/м}^3$	131	347	679	1056	1384	261	88	329
1 700	R, кг/с	0,194	1,04	2,77	6,94	8,96	1,05	0,202	1,76
1 600	R, кг/с	0,200	1,07	2,84	7,14	9,21	1,07	0,207	1,81
1 500	R, кг/с	0,201	1,08	2,86	7,18	9,26	1,08	0,208	1,82
1 400	R, кг/с	0,206	1,11	2,93	7,36	9,49	1,11	0,214	1,87

Таблица А.10- Твердый сток в бассейне р. Жинишке

Створ, м	$R_{\text{взвеш}}, \text{ кг/с}$	$R_{\text{влек}}, \text{ кг/с}$	$M_{\text{взвеш}}, \text{ тыс.т/год}$	$M_{\text{влек}}, \text{ тыс.т/год}$	$V_{\text{взвеш}}, \text{ тыс.м}^3/\text{год}$	$V_{\text{влек}}, \text{ тыс.м}^3/\text{год}$	$M_{\text{общ}}, \text{ тыс.т/год}$	$V_{\text{общ}}, \text{ тыс.м}^3/\text{год}$
1 700	1,76	0,353	55,6	11,1	32,7	5,30	66,8	38,0
1 600	1,81	0,362	57,2	11,4	33,6	5,45	68,6	39,1
1 500	1,82	0,364	57,5	11,5	33,8	5,48	69,0	39,3
1 400	1,87	0,374	58,9	11,8	34,7	5,61	70,7	40,3

В таблицах представлен гранулометрический состав взвешенных и донных наносов в створе р. Шелек – с. Малыбай. По аналогии такой состав можно принять и в исследуемых створах р. Жинишке – отметки 1 700 м, 1 600 м, 1 500 м, 1 400 м.

Таблица А.11 - Гранулометрический состав взвешенных наносов

Диаметр, мм	1-0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	<0,01
Содержание, % по массе	2,0	20,1	18,2	14,3	35,2	10,2

Таблица А.12 - Гранулометрический состав донных наносов

Диаметр, мм	>100	100-50	50-20	20-10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05	<0,05
Содержание, % по массе	13,0	16,1	18,3	18,3	7,1	3,6	1,8	7,0	10,2	2,9	1,2	0,5

*Ледовый режим.*

Продолжение приложения А

Наблюдения за ледовым режимом в расчетных створах р. Жинишке отсутствуют. Характеристика ледового режима составлена по аналогии с р. Шелек – с.Малыбай. Река Шелек относится к рекам с ледовыми явлениями, но без сплошного ледостава, таблица А.13.

Основную роль в ледовом режиме р. Шелек играет внутриводный лед, образование которого представляет наиболее характерную особенность зимнего режима. Река Шелек–шугоносная.

На порожистых участках р. Шелек могут наблюдаться зажорные явления. В связи с зажорными явлениями уровень режим р. Шелек в зимний период характеризуется резкими колебаниями.

Таблица А.13 Ледовые явления на р. Шелек – с. Малыбай

Характеристика	Дата		Продолжительность, сутки	
	начала ледовыхявлений	окончания ледовых явлений	ледовых явлений	Ледостава
Средняя	19.11	15.03	99	
Ранняя (наиб.)	19.10.1952	15.02.1963	138	
Год (% случаев )			1950-1951	
Поздняя (наим.)	24.12.1971	03.04.1951	62	0
Год (% случаев)			1978-1979	100%

Таблица А.14 Характеристика шугоносности р. Шелек - с. Малыбай

Высота над уровнем моря, м	Среднее число дней с шугой							X÷IV
	X	XI	XII	I	II	III	IV	
869	0	8	22	19	10	2	0	61

Таблица А.15 - Основные сведения о заторно-зажорных явленияхна р. Шелек – с. Малыбай

Число зажоров (заторов)			Продолжительность осенних зажоров (заторов) в днях		Продолжительность весенних заторов (зажоров) в днях		Высота подъема уровня, см (осенняя - в числителе,весенняя - в знаменателе)	
осень	весна	всего	средняя	наибольшая (год)	средняя	наибольшая (год)	средняя	наибольшая (год)
10	3	13	5	25 (1955)	16	42 (1945)	$\frac{15}{65}$	$\frac{28}{128}$ (1936) (1945)

Таблица Б.1 Результаты водно-энергетических расчетов каскада ГЭС «Жинишке»

Месяц			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Приложение Б
Бытовой расход		м <sup>3</sup> /с	1.09	1.01	1.00	1.52	3.09	4.19	6.76	6.65	4.12	2.36	1.7	1.35	
Санитарный п.к		м <sup>3</sup> /с	0.2	0.2	0.1	0.2	0.5	0.6	1.0	1.0	0.6	0.4	0.3	0.2	
Холостой п.		м <sup>3</sup> /с	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.26	1.15	0.0	0.0	0.0	0.0	
Расход ГЭС		м <sup>3</sup> /с	0.9	0.9	0.8	1.3	2.6	3.6	4.5	4.5	3.5	2.0	1.4	1.4	
ГЭС-1	Мощн.	МВт	0.8	0.7	0.7	1.0	2.0	2.5	2.91	2.91	2.5	1.6	1.2	0.9	
	Выраб.	МВтч	562.53	473.1	514.5	753.47	1486.8	1806.4	2168.4	2168.4	1792	1170	837.1	691.3	
ГЭС-2	Мощн.	МВт	0.8	0.7	0.7	1.1	2.0	2.5	2.93	2.93	2.5	1.6	1.2	0.9	
	Выраб.	МВтч	572.19	481.2	524.6	768.26	1509.4	1825.4	2179.4	2179.5	1813	1190	853.4	703.9	
Выработка каск.		МВтч	1134.72	954.3	1039.1	1521.7	2996.2	3631.8	4347.9	4347.9	3605	2360	1690	1395.2	

