

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Саяно-Шушенский филиал
институт

Кафедра «Гидротехнических сооружений и гидравлических машин»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.А. Андрияс
подпись инициалы, фамилия
« » _____ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01 - Строительство
код – наименование направления

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХЫЗСКОЙ ГЭС НА РЕКЕ АРХЫЗ. РАСЧЕТ
СОСТАВА УКАТАННОГО БЕТОНА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ
УКЛАДКИ
тема

Руководитель

подпись, дата

старший

преподаватель

должность, учёная степень

Л. М. Дерюгин

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

А. П. Юнязова

инициалы, фамилия

Саяногорск; Черемушки 2020

Продолжение титульного листа БР по теме «Проектирование Архызской ГЭС на реке Архыз. Расчет состава укатанного бетона и разработка технологии укладки».

Консультанты по разделам:

Консультант

В. Б. Затеев

инициалы, фамилия

Водно-энергетические расчёты

Е. Ю. Затеева

инициалы, фамилия

Основное и вспомогательное оборудование

подпись, дата

А. В. Масленникова

инициалы, фамилия

Компоновка и сооружения гидроузла

подпись, дата

Е. В. Фирищак

инициалы, фамилия

Организация и производство гидротехнических работ

подпись, дата

Т. Ю. Толошинова

инициалы, фамилия

Пожарная безопасность.
Охрана труда

подпись, дата

В. Б. Затеев

инициалы, фамилия

Охрана окружающей среды

подпись, дата

В. А. Кадычегов

инициалы, фамилия

Технико-экономическое обоснование

подпись, дата

В. В. Лапасова

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

А. А. Чабанова

инициалы, фамилия

СОДЕРЖАНИЕ

СОКРАЩЕННЫЙ ПАСПОРТ АРХЫЗСКОЙ ГЭС	8
ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 Общая часть	11
1.1 Природные условия.....	11
1.1.1 Местоположение створа	11
1.1.2 Климатические условия.....	11
1.1.3 Гидрологические условия	11
1.1.4 Геологические условия	12
1.1.5 Сейсмические условия.....	13
1.1.6 Населенность район	13
1.2 Энерго-экономическая характеристика района	13
2 Водно-энергетические расчеты	14
2.1 Регулирование стока реки Архыз	14
2.1.1 Определение маловодного и средневодного года	14
2.1.2 Определение типа регулирования	16
2.2 Построение суточных графиков	16
2.3 Построение годовых графиков максимальных и среднемесячных нагрузок энергосистемы	18
2.4 Расчет ИКН	20
2.5 Водно-энергетические расчеты	20
2.5.1 Расчет режимов работы ГЭС с учетом требований ВХК	20
2.5.2 Баланс энергии.....	21
2.5.3 Водно-энергетический расчет на сработку-наполнение водохранилища маловодного года.	22
2.5.4 Определение рабочих мощностей ГЭС	23
2.5.5 Определение установленной мощности ГЭС.....	24
2.5.6 Водно-энергетический расчет на сработку-наполнение водохранилища средневодного года	25
2.6 Выбор основного оборудования	26
3 Основное и вспомогательное оборудование.....	27
3.1 Выбор системы и типа гидротурбины	27

3.2 Выбор номинального диаметра и основных характеристик гидротурбины, определение частоты вращения и рабочей зоны на универсальной характеристике	27
3.3 Определение отметки установки рабочего колеса гидротурбины для обеспечения ее бескавитационной работы.....	32
3.3.1 Работа одного агрегата при H_{min} с соответствующей мощностью на линии ограничения	33
3.3.2 Работа одного агрегата с номинальной мощностью при H_p	34
3.3.3 Работа одного агрегата с номинальной мощностью при H_{max}	35
3.4 Определение геометрических размеров проточной части и машинного зала	35
3.5 Расчет и построение металлической спиральной камеры	36
3.6 Расчет деталей и узлов гидротурбины	42
3.6.1 Расчет вала на прочность	42
3.6.2 Расчет подшипников.....	43
3.7 Выбор вспомогательного оборудования	45
3.7.1 Расчет гидрогенератора	45
3.7.2 Выбор маслонапорной установки	47
3.7.3 Выбор электрогидравлического регулятора	48
4 Компоновка и сооружения гидроузла	49
4.1 Определение класса сооружения.....	49
4.2 Проектирование сооружений напорного фронта.....	49
4.2.1 Определение отметки гребня бетонной плотины	49
4.3 Гидравлические расчёты	52
4.3.1 Определение ширины водосливного фронта	52
4.3.2 Определение отметки гребня водослива	54
4.3.3 Построение оголовка водослива по Кригер-Офицерову	56
4.3.4 Расчет сопряжения потока в нижнем бьефе	58
4.4 Конструктивные элементы нижнего бьефа	59
4.4.1 Расчет водобойной стенки.....	59
4.4.2 Рисберма.....	62
4.5 Конструирование бетонной плотины.....	63
4.5.1 Определение ширины подошвы плотины	63
4.5.2 Разрезка бетонной плотины швами.....	63
4.5.3 Быки.....	64

4.5.4 Галереи в теле плотины	64
4.5.5 Ширина плотины по гребню	64
4.6 Элементы подземного контура плотины	64
4.7 Определение основных нагрузок на плотину	65
4.7.1 Вес плотины, быка и затворов	65
4.7.2 Сила гидростатического давления	66
4.7.3 Сила взвешивающего давления	67
4.7.4 Сила фильтрационного давления	68
4.7.5 Волновое давление	69
4.7.6 Давление грунта	70
4.8 Оценка прочности плотины	71
4.8.1 Определение напряжений	71
4.8.2 Критерии прочности плотины	74
4.8.3 Обоснование устойчивости плотины	76
5 Организация и производство гидротехнических работ	79
5.1 Периоды и этапы строительства ГЭС	79
5.2 Компоновка Архызского гидроузла	79
5.3 I этап строительства – возведение сооружений, необходимых для перекрытия русла	80
5.3.1 Гидравлический расчет пропуска строительных расходов I очереди через стесненное русло	80
5.3.1.1 Расход строительного периода	80
5.3.2.1 Гидравлический расчет пропуска строительных расходов II очереди через донные отверстия	82
5.3.2.2 Определение отметок гребней перемычек II очереди	84
5.3.2.3 Технология возведения перемычек	86
5.3.2.4 Осушение котлована I очереди	87
5.3.2.5 Водопонижение котлована I очереди	88
5.3.2.6 Разработка котлована I очереди	88
5.3.2.7 Земельно-скальные работы	88
5.3.2.8 Буровзрывные работы	90
5.3.2.9 Производство бетонных работ	92
5.3.2.10 Суммарный объем бетона	92
5.3.2.11 Опалубочные работы	93

5.3.2.12 Арматурные работы	93
5.3.2.13 Приготовление бетонной смеси.....	94
5.3.2.14 Транспортировка бетонной смеси	94
5.3.2.15 Состав мероприятий по подготовке блоков к бетонированию	97
5.3.2.16 Подготовка оснований блоков	97
5.3.2.17 Уплотнение бетонной смеси	98
5.3.2.18 Производство бетонных работ в зимних условиях	98
5.3.2.19 Уход за бетонном	99
5.3.2.20 Деривационный канал	99
5.4 II Этап перекрытия русла	99
5.5 III Этап – наращивание сооружений для начала наполнения водохранилища до проектных отметок.....	100
5.6 Строительный генеральный план	101
5.7 Выводы по календарному графику	101
6 Охрана труда и противопожарная безопасность. Мероприятия по охране окружающей среды в зоне влияния Архызской ГЭС.....	103
6.1 Безопасность гидротехнических сооружений.....	103
6.2 Общие сведения о районе строительства	103
6.3 Охрана труда.....	104
6.4 Пожарная безопасность	111
6.5 Мероприятия по подготовке ложа водохранилища.....	114
6.6 Мероприятия по обеспечению охраны окружающей среды в период строительства.....	115
6.7 Отходы, образующиеся при строительстве Архызской ГЭС	115
6.8 Мероприятия по охране окружающей среды в период эксплуатации	116
7 Объемы производства электроэнергии и расходы в период эксплуатации ...	118
7.1 Оценка объемов реализации электроэнергии	118
7.2 Текущие расходы по гидроузлу	118
7.3 Налоговые расходы	121
7.4 Оценка суммы прибыли от реализации электроэнергии и мощности.....	122
7.5 Оценка инвестиционного проекта	124
7.5.1 Методология исходных данных	124
7.5.2 Коммерческая эффективность	125
7.5.3 Бюджетная эффективность.....	126

7.6 Анализ чувствительности.....	126
8 Расчет состава укатанного бетона и разработка технологии укладки.....	129
8.1 Укатанные бетоны.....	129
8.1.1 Принципы технологии	129
8.1.2 Достоинства технологии	131
8.1.3 Недостатки технологии	131
8.2 Альтернативные варианты технологий	132
8.3 Расчет состава укатанного бетона	132
8.3.1 Определение объема укатанного бетона	132
8.3.2 Состав укатанного бетона	133
8.4 Возведение плотины Архызского гидроузла из укатанного бетона.....	137
8.4.1 Выбор мощности бетонного хозяйства.....	137
8.4.2 Технология укладки	137
8.4.3 Применение ступенчатого водосброса	138
8.4.4 Подготовка поверхности блока к бетонированию.....	138
8.4.5 Уход за бетоном	139
8.4.6 Контроль качества укатанного бетона и бетонных работ.....	139
8.4.7 Укладка ОЖБС при отрицательный температурах	140
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	141
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	142
ПРИЛОЖЕНИЯ А - М	145 - 167

СОКРАЩЕННЫЙ ПАСПОРТ АРХЫЗСКОЙ ГЭС

1.	Наименование реки	Архыз
2.	Тип проектируемой установки	ГЭС
3.	Местонахождение ГЭС	Карачаево-Черкесская Республика
4.	Тип ГЭС	Деривационная
5.	Класс сооружения	II
6.	Установленная мощность	184 МВт
7.	Напор гидротурбин, м:	
	• максимальный	84,26
	• расчетный	81,73
	• минимальный	79,87
8.	Среднемноголетняя выработка электроэнергии	804 млн. кВт·ч
9.	Характерные расходы воды, м ³ /с:	
	• среднемноголетний	129
	• через 1 гидроагрегат	28,1
	• максимальный расход обеспеченностью 0,01% ($Q_{0,01\%}$)	223
	• максимальный расход обеспеченностью 0,1% ($Q_{0,1\%}$)	207
	• максимальный расход обеспеченностью 0,5% ($Q_{0,5\%}$)	197
	• максимальный расход обеспеченностью 1% ($Q_{1\%}$)	192
10.	Параметры водохранилища:	
	• характер регулирования стока	Годичный
	• отметки, м:	
	дно	1830,00
	УМО	1847,64
	НПУ	1851,18
	ФПУ	1853,52
	• объемы, км ³ :	
	полный	2,5
	полезный	0,62
11.	Материал гидроэлектростанции:	
	• водосливная гравитационная плотина	Бетон
	• гравитационная правобережная глухая часть	Бетон
	• гравитационная левобережная глухая часть	Бетон
	• здание ГЭС	Бетон
	• деривационный канал	Бетон
12.	Водосбросные сооружения:	
	• тип	Поверхностный водослив
	• число пролетов	1
	• размер пролетов	3 м
	• общая длина	5 м

	• максимальная высота	25,98 м
13.	Здание ГЭС:	
	• количество агрегатов	3 шт
	• грунт основания	Гранит
	• тип спиральной камеры	Металлическая круглого и эллиптического сечения
	• тип отсасывающей трубы	Изогнутая
	• размеры машинного зала, м:	
	общая длина	54,4
	ширина	41
	высота	16
14.	Основное и вспомогательное оборудование:	
	• тип гидротурбины	Р0115-В
	• диаметр гидротурбины	3 м
	• тип генератора	СВ 526/115-26
	• мощность генератора	77,21 МВ·А
	• частота вращения	230,8 об/мин
	• маслонапорная установка	МНУ 1,6/1-40-2,5-2
	• электрогидравлический регулятор	ЭГР-2И1-150-11
15.	Деривация:	
	• тип	безнапорная подводящая
	• общая длина	1550 м
	• тип облицовки	Бетон
16.	Технико-экономические показатели:	
	• удельные капиталовложения	84202,17 руб/кВт
	• себестоимость электроэнергии	0,62 руб/кВт·ч
	• показатели эффективности:	
	NPV	3,95 млн. руб
	PB	126 мес.

ВВЕДЕНИЕ

Гидроэлектростанции – станции, использующие электрическую энергию, вырабатываемую за счет воды. Они используют непрерывно возобновляющиеся ресурсы рек, являются долговечными и высокорентабельными источниками электроснабжения народного хозяйства. Отличие гидроэлектростанций – низкая себестоимость электроэнергии и надежная работа. Важное значение при работе ГЭС для покрытия пиков и выравнивая графики нагрузки системы является высокая маневренность.

Цель бакалаврской работы: обоснование параметров проектируемой гидроэлектростанции в выбранном створе реки (установленная мощность и среднемноголетняя выработка), выбор основного и вспомогательного оборудования, технико-экономическое обоснование эффективности проекта, разработка правил охраны труда и окружающей среды, а также разработка календарного графика строительства гидроузла.

1 Общая часть

1.1 Природные условия

1.1.1 Местоположение створа

Створ проектируемой Архызской ГЭС находится в ущелье, что является хорошей основой для возведения ГЭС. В ущелье и его окрестности нет особо охраняемых природных территорий (парки, заповедники, архитектурные памятники, памятники ЮНЕСКО). Это позволяет создать строительную площадку для возведения объекта и в дальнейшем водохранилища. Объекты для переноса (дороги, жилые дома, поселки и т.д.) не присутствует.

Около места строительства Архызской ГЭС найдено месторасположение предполагаемого завода по производству бетона и железных конструкций для ГЭС. Для этого подходит г. Карабаевск в 36 км. от здания ГЭС, в котором находится железобетонный завод (железобетонный (ОАО «Джегутинский завод ЗЖБИ»)).

Доставку тяжелого оборудования (трансформаторы, опоры ЛЭП, турбины и сопутствующее оборудование) можно осуществлять до аэропорта Ставрополя, а затем на грузовом транспорте до места строительства.

1.1.2 Климатические условия

Благодаря горным хребтам, образовавшим подобие стены долина Архыз, находящаяся в республике Карачаево-Черкессия в России, надежно защищена от холодного ветра. Климат умеренно тёплый, зима короткая, лето тёплое, достаточно увлажнённое. Для климата показательна большая продолжительность солнечного сияния.

Средняя температура января $-3,2^{\circ}\text{C}$, июля $+20,6^{\circ}\text{C}$.

Самая высокая температура $+43^{\circ}\text{C}$, низкая -29°C .

Среднегодовое количество осадков от 500 до 2000 мм.

Расчетная температура района строительства составляет -20°C (СП131.13330.2018) для города Черкесск.

1.1.3 Гидрологические условия

Архыз – горная река, образующаяся от слияния р. Дукка и р. Речепсе. Окончание реки - слияние Архыза с Кизгычом. Питание реки смешанное. Среднемноголетний расход воды - $129 \text{ м}^3/\text{сек}$, максимальный – $199 \text{ м}^3/\text{сек}$, минимальный – $104 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Кривые связей отметок нижнего бьефа от расходов представлены на рисунках 1.1 и 1.2.

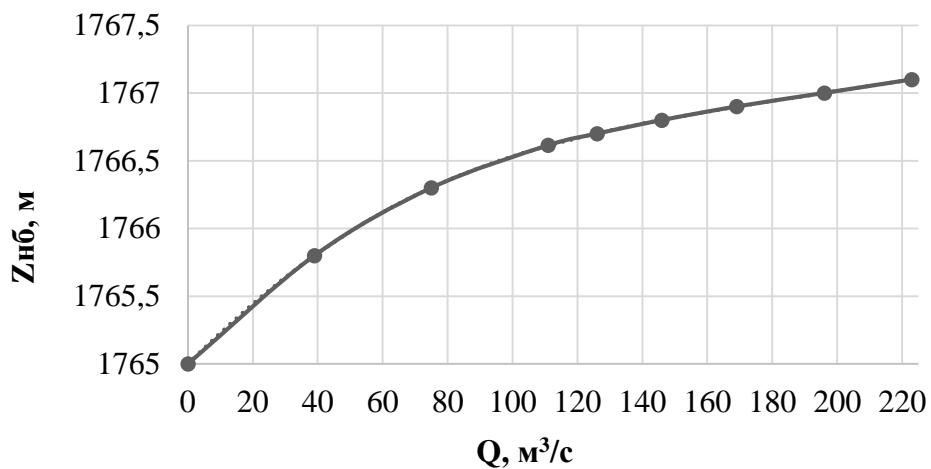


Рисунок 1.1 – График зависимости $Z_{nb}=f(Q)$
(в месте размещения машинного зала)

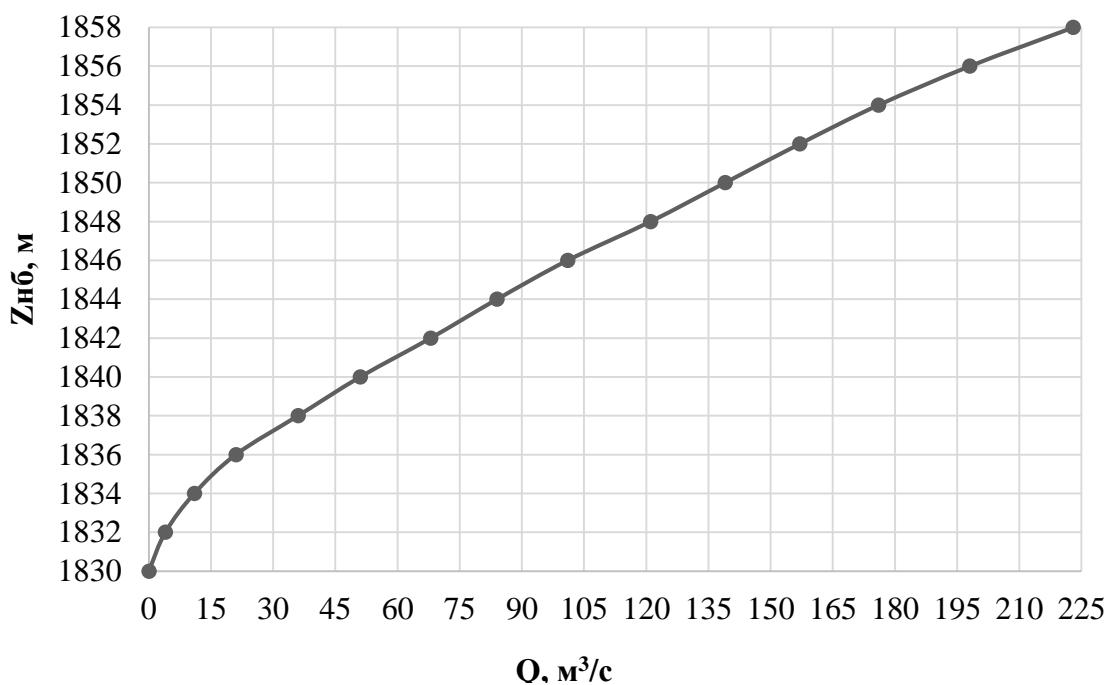


Рисунок 1.2 – График зависимости $Z_{nb}=f(Q)$
(в месте размещения плотины)

1.1.4 Геологические условия

На поверхностных слоях присутствует почвенно-растительный слой, далее залегают гранито - гнейсовые породы.

Рельеф Карачаево-Черкесской республики характеризуется сложным разнообразным, строением. Основную часть занимают горы 64% и равнины 36%.

1.1.5 Сейсмические условия

В соответствии с картой сейсмического районирования Российской Федерации Архызская ГЭС расположена в пределах зоны, характеризующейся сейсмической интенсивностью 9 баллов, с учетом скального основания расчетная сейсмичность составит 8 баллов (СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» приложение А).

1.1.6 Населенность район

Архызский гидроузел расположен близи села Архыз. Население по данным 2018 г. составляет 2054 человек.

1.2 Энерго-экономическая характеристика района

Проектируемая гидростанция входит в энергосистему ОАО «СО ЕЭС» ОДУ Юга Северокавказского РДУ.

Наиболее крупный объект генерации АО «СО ЕЭС» Северокавказского РДУ: Зеленчукская ГЭС (ПАО «РусГидро»).

2 Водно-энергетические расчеты

2.1 Регулирование стока реки Архыз

2.1.1 Определение маловодного и средневодного года

Гидрологический ряд расходов за 50 лет (Приложение А, таблица А.1) делится на 2 периода: многоводный (половодье) и маловодный (межень). К половодью относятся месяцы, в которых расходы больше или равны среднегодовому расходу. К межени относятся месяцы, в которых расходы меньше среднегодового расхода. Для всех лет данного гидрологического ряда принимаются одинаковые месяцы, относящиеся к периодам межени и половодья. Период половодья IV-VIII месяцы; период межени I-III и IX-XII месяцы.

Составляется таблица среднегодовых, среднеполоводных и среднемеженных расходов, находятся обеспеченности для данных расходов (Приложение А, таблица А.2).

За средневодный принимается 1989 год с обеспеченностью 49%.

За маловодный год принимается 1992 год с обеспеченностью 90%.

Найдем коэффициенты приведения (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Коэффициенты приведения

1989	$K_{\pi} = \frac{Q_{1951}}{Q_{1989}} = \frac{142}{141} = 1,01$
	$K_m = \frac{Q_{1955}}{Q_{1989}} = \frac{119}{120} = 0,99$
1992	$K_{\pi} = \frac{Q_{1952}}{Q_{1992}} = \frac{136}{134} = 1,02$
	$K_m = \frac{Q_{1986}}{Q_{1992}} = \frac{115}{118} = 0,97$

После определения коэффициентов приведения берется исходный гидрологический ряд для 1989 и 1992 года из Приложения А, таблицы А.1 и производится корректировка с уточненным коэффициентом. Полученные результаты сводятся в таблицы 2.2 и 2.3 соответственно.

Таблица 2.2 - Расходы в расчетном средневодном году 1989 (P=50%)

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Qср
Исходные	116	117	122	135	144	150	143	131	125	123	118	117	128
Приведенные	115	116	121	136	145	152	144	132	124	122	117	116	128
С уточненным коэф.	115	116	121	136	145	152	144	132	124	122	117	116	128

Таблица 2.3 - Расходы в расчетном маловодном году 1992 (Р=90%)

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Qср
Исходные	115	120	122	126	129	143	138	135	122	117	117	108	124
Приведенные	113	118	120	129	132	146	141	138	120	115	115	106	124
С уточненным коэффициентом	113	118	120	129	132	146	141	138	120	115	115	106	124

После чего производится расчет расходов средневодного года с корректировкой (таблица 2.4).

Таблица 2.4 - Расходы средневодного года с корректировкой

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Qср
$Q_{50\%} - Q_{90\%}$	2	-2	1	8	14	6	4	-5	4	7	2	10	
Изменения $Q_{50\%}$	0	2	0	0	-3	0	0	10	0	-3	0	-4	
$Q_{50\%}$ с корректировкой	115	118	121	136	142	152	144	142	124	119	117	112	128

Полученные данные с корректировкой для 1989 и 1992 годов сводятся в таблицу 2.5. Далее по таблице 2.5 строится гидрографы средневодного (1989) и маловодного (1992) года реки Архыз (рисунок 2.1).

Таблица 2.5 – Данные для построения гидрографа маловодного и средневодного года

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Qср
1989	115	118	121	136	142	152	144	142	124	119	117	112	128
1992	113	118	120	129	132	146	141	138	120	115	115	106	124

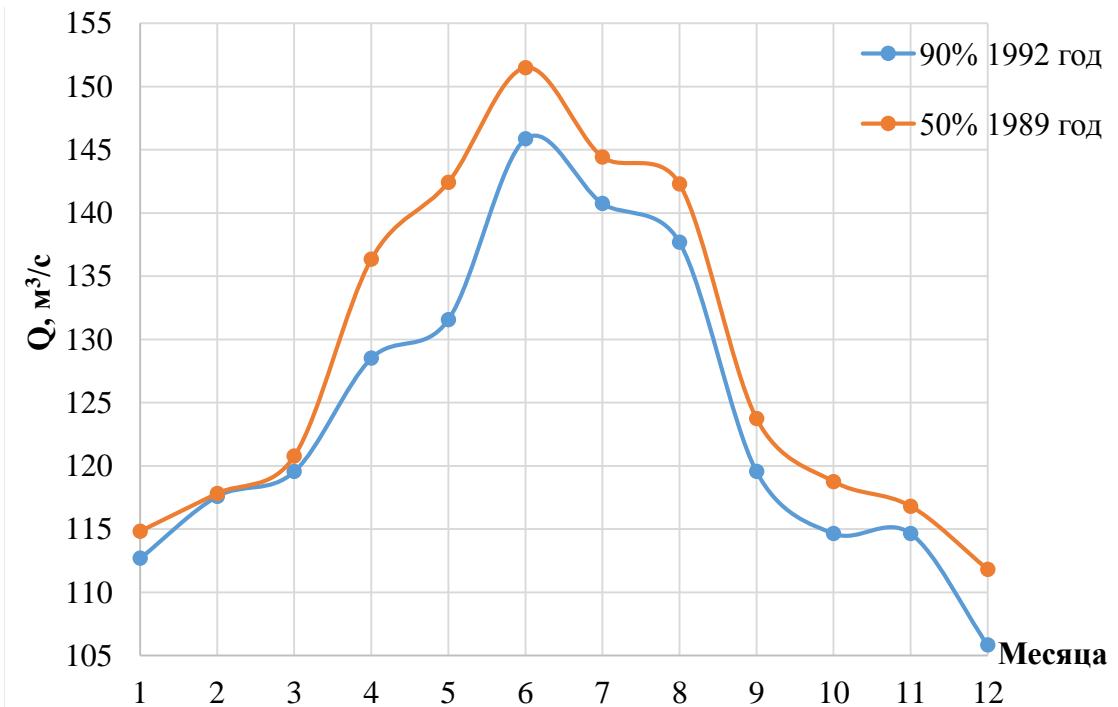


Рисунок 2.1 – Гидрограф средневодного и маловодного года

2.1.2 Определение типа регулирования

Коэффициент зарегулированности стока $0,001 < \beta < 0,1$, значит имеем на проектируемой ГЭС бассейн годичного регулирования.

2.2 Построение суточных графиков

Выбранный створ на реке Архыз находится в ОДУ Юга, Северокавказское РДУ. $P_c^{\max} = 600$ МВт.

Графики суточной нагрузки энергосистемы строятся по первому варианту. Для этого используются следующие формулы:

$$P_t^3 = P_c^{\max} \cdot (\alpha_t^3 \cdot \beta_{\text{сут}}^3 + b_t^3); \quad (2.1)$$

$$P_t^{\text{л}} = P_c^{\max} \cdot \alpha_{\text{л}} \cdot (\alpha_t^{\text{л}} \cdot \beta_{\text{сут}}^{\text{л}} + b_t^{\text{л}}), \quad (2.2)$$

где $\alpha_{\text{л}}, \alpha_t^{\text{л}}, \beta_{\text{сут}}^{\text{л}}, b_t^{\text{л}}, \alpha_t^3, \beta_{\text{сут}}^3, b_t^3$ - коэффициенты нагрузки типовых суточных графиков, зависящие от района расположения энергосистемы.

Суточные графики нагрузки для зимы и для лета представлены в таблице 2.6 и 2.7 соответственно. Остальные представлены в приложении Б.

Таблица 2.6 - Суточный график нагрузки декабря (января)

P_{\max} , МВт	$\alpha(t)$	$b(t)$	$\beta(\text{сут})$	Время	P , МВт
600	1,78	-0,78	0,84	1	429
600	1,94	-0,94	0,84	2	414
600	2,13	-1,13	0,84	3	396
600	2,13	-1,13	0,84	4	396
600	2,13	-1,13	0,84	5	396
600	2	-1	0,84	6	408
600	1,83	-0,893	0,84	7	387
600	1,28	-0,275	0,84	8	480
600	0,678	0,32	0,84	9	534
600	0,476	0,52	0,84	10	552
600	0,526	0,47	0,84	11	547
600	0,71	0,291	0,84	12	532
600	0,953	0,05	0,84	13	510
600	0,827	0,17	0,84	14	519
600	0,7	0,3	0,84	15	533
600	0,775	0,25	0,84	16	541
600	0,625	0,348	0,84	17	524
600	0,529	0,47	0,84	18	549
600	0,16	0,84	0,84	19	585
600	1	0	0,84	20	600
600	0,15	0,85	0,84	21	586

Окончание таблицы 2.6

P_{max} , МВт	$\alpha(t)$	$v(t)$	$\beta(\text{сут})$	Время	P , МВт
600	0,25	0,75	0,84	22	576
600	0,6	0,394	0,84	23	539
600	1,15	-0,15	0,84	24	490

Таблица 2.7 - Суточный график нагрузки июня (июля)

P_{max} , МВт	$\alpha(t)$	$v(t)$	$\beta(\text{сут})$	$\alpha(\text{л})$	Время	P , МВт
600	1,97	-0,93	0,87	0,62	1	292
600	2,2	-1,16	0,87	0,62	2	280
600	2,33	-1,3	0,87	0,62	3	270
600	2,33	-1,3	0,87	0,62	4	270
600	2,33	-1,3	0,87	0,62	5	270
600	2,27	-1,24	0,87	0,62	6	273
600	2,3	-1,27	0,87	0,62	7	272
600	1,6	-0,6	0,87	0,62	8	295
600	0,865	0,12	0,87	0,62	9	325
600	0,267	0,72	0,87	0,62	10	354
600	0,133	0,85	0,87	0,62	11	359
600	0,3	0,68	0,87	0,62	12	350
600	0,566	0,45	0,87	0,62	13	351
600	0,433	0,54	0,87	0,62	14	341
600	0,3	0,65	0,87	0,62	15	339
600	0,433	0,55	0,87	0,62	16	345
600	0,633	0,35	0,87	0,62	17	335
600	0,433	0,56	0,87	0,62	18	348
600	0,476	0,56	0,87	0,62	19	362
600	0,5	0,48	0,87	0,62	20	340
600	0,4	0,595	0,87	0,62	21	351
600	1	0	0,87	0,62	22	372
600	0,01	0,9	0,87	0,62	23	338
600	0,965	0,05	0,87	0,62	24	331

По данным таблиц 2.6 и 2.7 строятся суточные графики нагрузки для зимы и лета (рисунки 2.2 и 2.3) соответственно.

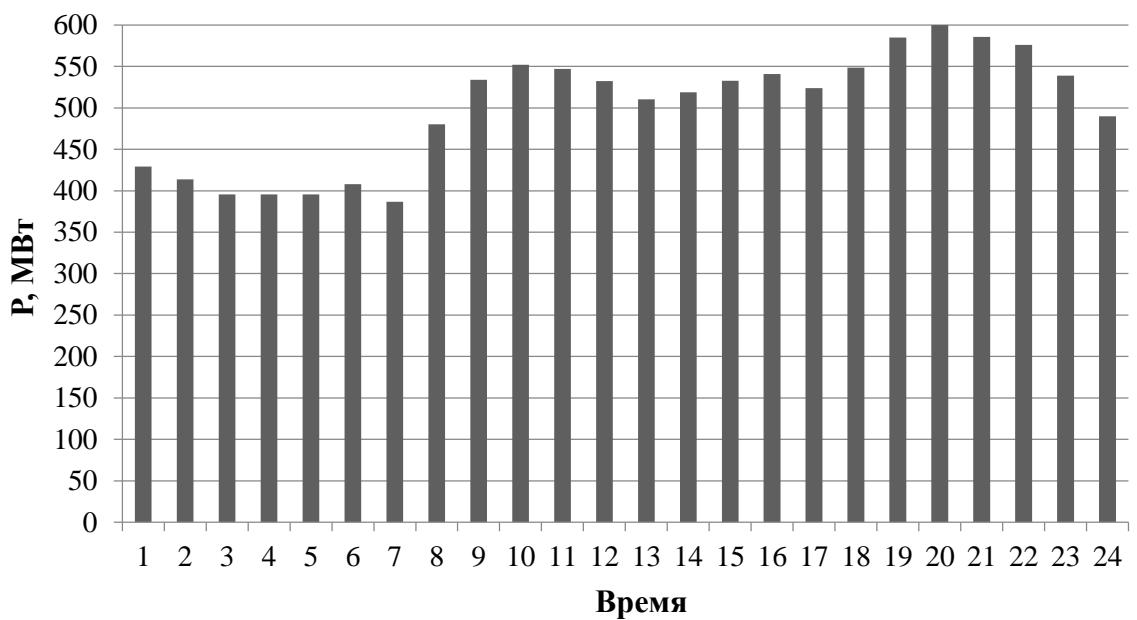


Рисунок 2.2 - Суточный график нагрузки декабря (января)

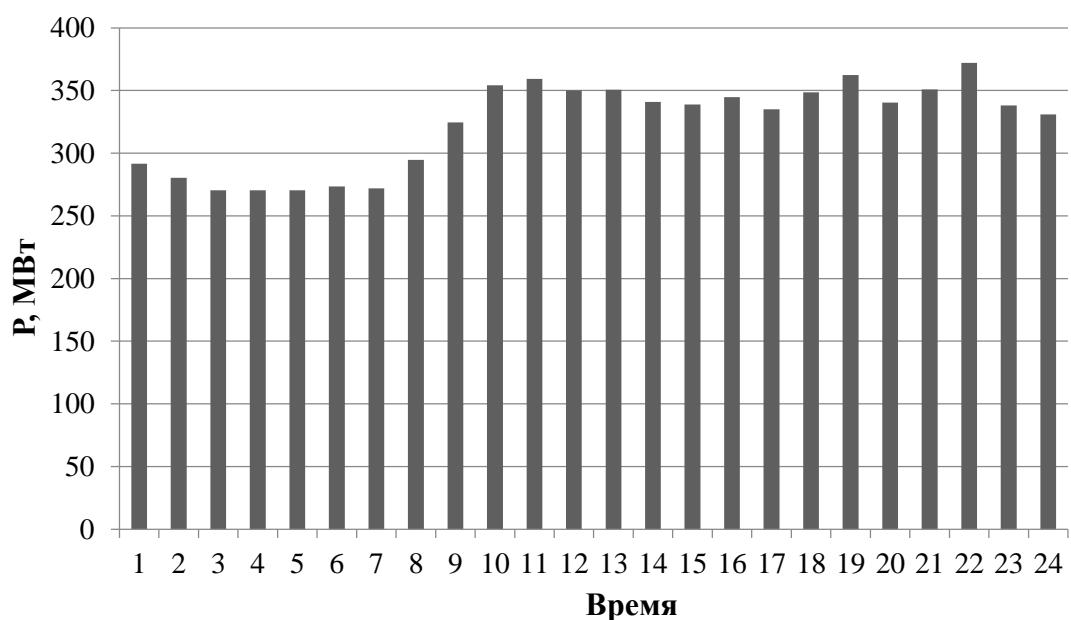


Рисунок 2.3 - Суточный график нагрузки июня (июля)

2.3 Построение годовых графиков максимальных и среднемесячных нагрузок энергосистемы

Максимальная нагрузка энергосистемы носит синусоидальный характер и для рабочего дня каждого месяца определяются по формулам:

$$P_t^{\max} = a + b \cdot \cos(30^\circ \cdot t - 15^\circ); \quad (2.3)$$

$$a = \frac{P_3^{\max} + P_{\text{л}}^{\max}}{2} = \frac{586 + 400}{2} = 493 \text{ МВт}; \quad (2.4)$$

$$b = \frac{P_3^{\max} - P_{\text{л}}^{\max}}{2} = \frac{586 - 400}{2} = 93 \text{ МВт}. \quad (2.5)$$

Среднемесячные нагрузки энергосистемы рассчитываются по формулам:

$$P_t^{cp} = a_1 + b_1 \cdot \cos(30^\circ \cdot t - 15^\circ); \quad (2.6)$$

$$a_1 = \frac{P_3^{cp} + P_{\text{л}}^{cp}}{2} = \frac{496 + 324}{2} = 410 \text{ МВт}; \quad (2.7)$$

$$b_1 = \frac{P_3^{cp} - P_{\text{л}}^{cp}}{2} = \frac{496 - 324}{2} = 86 \text{ МВт}. \quad (2.8)$$

Рассчитанные значения сводятся в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 – Максимальные и средние нагрузки

Месяц	P _{max} , МВт	P _{cp} , МВт
1	582	493
2	558	471
3	517	433
4	469	388
5	427	350
6	403	327
7	403	327
8	427	349
9	468	388
10	516	432
11	558	471
12	582	493

По данным таблицы 2.8 строится годовой график нагрузки Северокавказского РДУ (рисунок 2.4).

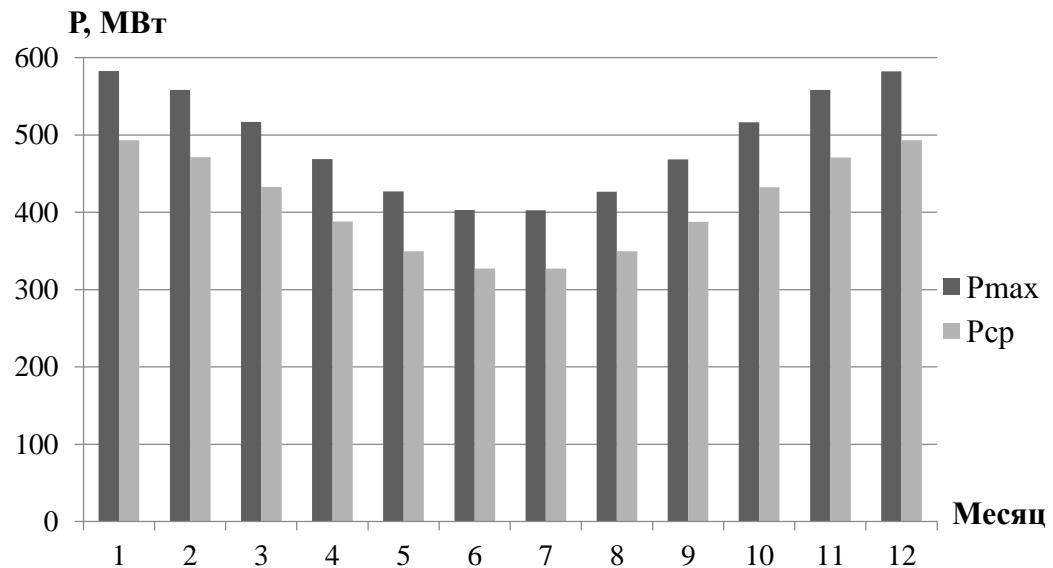


Рисунок 2.4 - Максимальный и среднегодовой график нагрузки Северокавказского РДУ

2.4 Расчет ИКН

Интегральные кривые нагрузки строятся по данным, полученным в результате ранжирования мощности по убыванию, делению ее на зоны, соответствующим приращениям нагрузки и выработке электроэнергии в данных зонах. Таблицы расчетов представлены в приложении Б.

Графики ИКН представлены в приложении В.

2.5 Водно-энергетические расчеты

2.5.1 Расчет режимов работы ГЭС с учетом требований ВХК

По методике изложенной [2] на стр.34-40 были проведены расчеты режимов по водотоку и по ВХК, результаты представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 - Режим работы без регулирования с учетом ВХК

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q _{быт.90%} , м ³ /с	113	118	120	129	132	146	141	138	120	115	115	106
Q _{исп} , м ³ /с	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q _{льда} , м ³ /с	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q _{фильтр} , м ³ /с	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Требования ВХК												
Q _{вхк} , м ³ /с	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
Q _{сум. пот} , м ³ /с	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Q _{пол. быт} , м ³ /с	111	116	118	127	130	144	139	136	118	113	113	104

Окончание таблицы 2.9

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Требования ВХК												
Z _{вб} , м	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1851
Z _{нб} , м	1767	1767	1767	1767	1767	1767	1767	1767	1767	1767	1767	1767
H, м	84,6	84,5	84,5	84,5	84,5	84,4	84,4	84,4	84,5	84,6	84,6	84,6
N _{быт} , МВт	82	86	87	94	96	107	103	101	87	83	83	77
Z _{вб} , м	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1851
Z _{нб} , м	1767	1767	1767	1767	1767	1767	1767	1767	1767	1767	1767	1767
H, м	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6
N _{вхк} , МВт	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
N _{быт} -N _{вхк} , МВт	-2	2	3	10	12	23	19	17	3	-1	-1	-7

Избыток мощности определили по формуле:

$$\frac{\sum N_{\text{быт}} - \sum N_{\text{вхк}}}{2} = \frac{1088 - 1009}{2} = 39 \text{ МВт.} \quad (2.9)$$

Полученные данные используем для размещения линии гарантированной мощности. Окончательное положение линия гарантированной мощности примет после проведения водно-энергетического расчета (рисунок 2.5).

2.5.2 Баланс энергии

По результатам таблицы 2.9 строится график баланса энергии (рисунок 2.5)

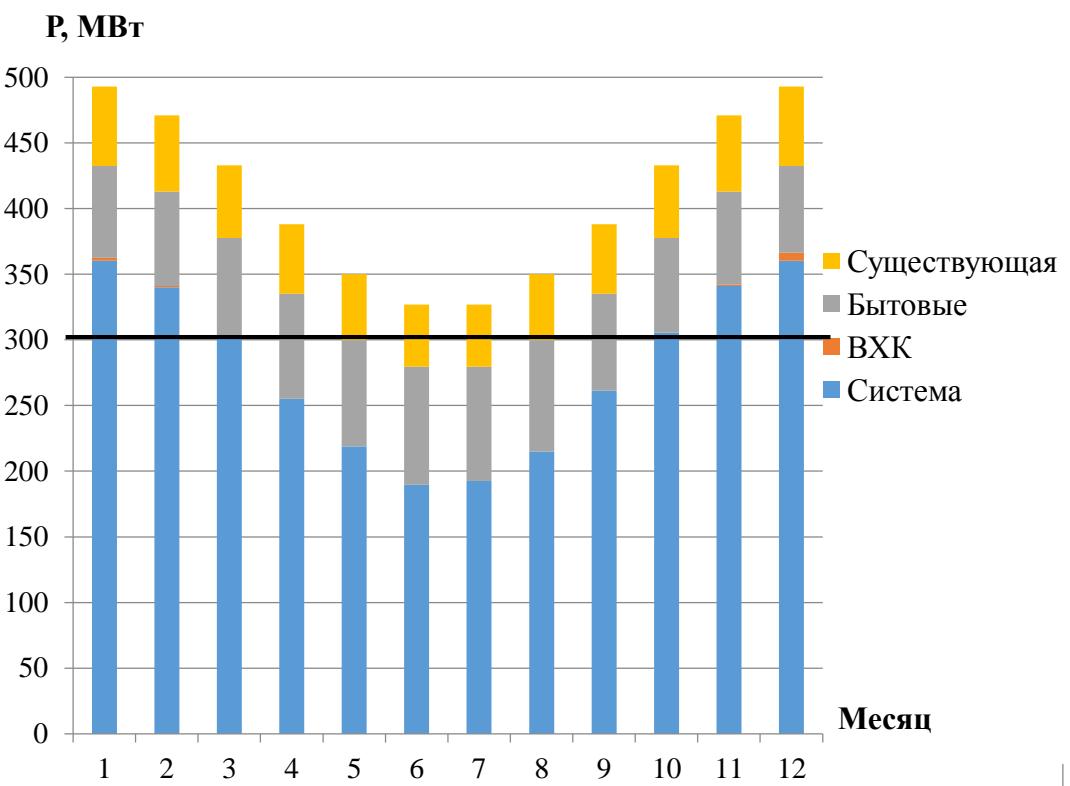


Рисунок 2.5 – Баланс энергии

2.5.3 Водно-энергетический расчет на сработку-наполнение водохранилища маловодного года.

После подбора оптимального положения линии гарантированной мощности (рисунок 2.6), получили следующие данные (Приложение Г, таблица Г.1): по 4-м месяцам работаем по гарантированным мощностям.

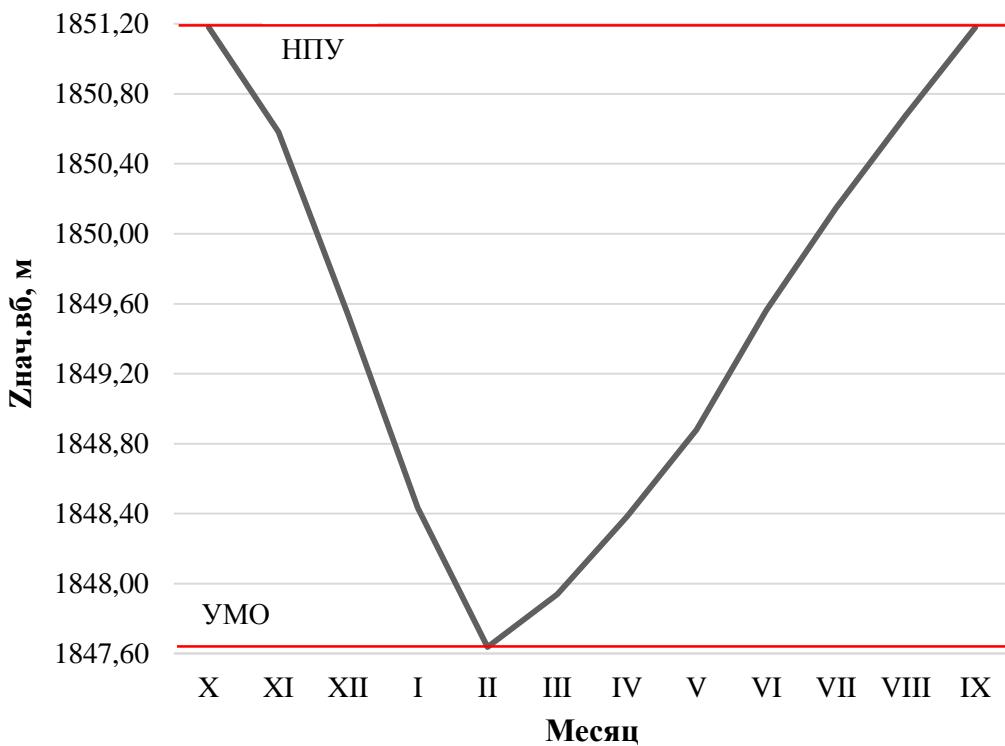


Рисунок 2.6 – График сработки-наполнения водохранилища 90%

$$\blacktriangledown \text{НПУ} = 1851,18 \text{ м.}$$

$$\blacktriangledown \text{УМО} = 1847,64 \text{ м.}$$

2.5.4 Определение рабочих мощностей ГЭС

Рабочую мощность ГЭС можно представить в виде суммы:

$$N_{\text{раб}} = N_{\text{баз}} + N_{\text{пик}}. \quad (2.10)$$

Полученные значения сводятся в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 - Расчет рабочих мощностей

Месяц	$Q_{\text{сан. поп.}}$, $\text{м}^3/\text{с}$	$N_{\text{баз.}}$, МВт	$\mathcal{E}_{\text{баз.}}$, $\text{млн.кВт}\cdot\text{ч}$	$\mathcal{E}_{\text{раб.}}$, $\text{млн.кВт}\cdot\text{ч}$	$N_{\text{раб.}}$, МВт	$\mathcal{E}_{\text{пик.}}$, $\text{млн.кВт}\cdot\text{ч}$	$N_{\text{пик.}}$, МВт	$N_{\text{раб.}}$, МВт
XI	57	41	0,99	2,8	116	1,80	119	160
XII	57	41	0,98	3,1	130	2,13	139	180
I	57	40	0,97	3,1	130	2,15	140	180
II	57	40	0,96	2,8	116	1,82	120	160
III	57	40	0,96	1,7	71	0,74	90	130
IV	57	40	0,96	1,7	71	0,74	85	125
V	57	40	0,97	1,7	71	0,73	75	115
VI	57	41	0,98	1,7	71	0,73	70	111
VII	57	41	0,98	1,7	71	0,72	70	111

Окончание таблицы 2.10

Месяц	$Q_{сан\ поп.}$, m^3/s	$N_{баз.}$, МВт	$\mathcal{E}_{баз.}$, млн.кВт·ч	$\mathcal{E}_{гар.}$, млн.кВт·ч	$N_{гар.}$, МВт	$\mathcal{E}_{пик.}$, млн.кВт·ч	$N_{пик.}$, МВт	$N_{раб.}$, МВт
VIII	57	41	0,99	1,7	71	0,71	74	115
IX	57	41	1,00	1,7	71	0,71	84	125
X	57	42	1,00	1,7	71	0,70	88	130

2.5.5 Определение установленной мощности ГЭС

Установленную мощность ГЭС по выполняемым в системе функциям можно представить в виде суммы:

$$N_{уст} = N_{раб} + N_{нагр.рез} = 180 + 4 = 184 \text{ МВт.} \quad (2.11)$$

Полученные значения сводятся в таблицу 2.11.

Таблица 2.11 - Баланс мощности энергосистемы в маловодном году

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Рабочая мощность ТЭС	341	340	332	291	262	245	245	262	291	297	340	341
Рабочая мощность Архызской ГЭС	180	160	130	125	115	111	111	115	125	165	160	180
Рабочая мощность существующих ГЭС	61	58	55	53	50	47	47	50	53	55	58	61
Нагрузочные резервы Архызской ГЭС	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	4	4
Нагрузочные резервы существующих ГЭС	12	11	10	9	9	8	8	9	9	10	11	12
Аварийные резервы	58	56	52	47	43	41	40	43	47	52	56	58
Ремонтные резервы Архызской ГЭС	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0
Ремонтные резервы ТЭС	0	0	0	0	31	56	57	30	0	0	0	0

При составлении баланса мощности энергосистемы учитываем не только нагрузочный резерв, но также и аварийный (рисунок 2.7).

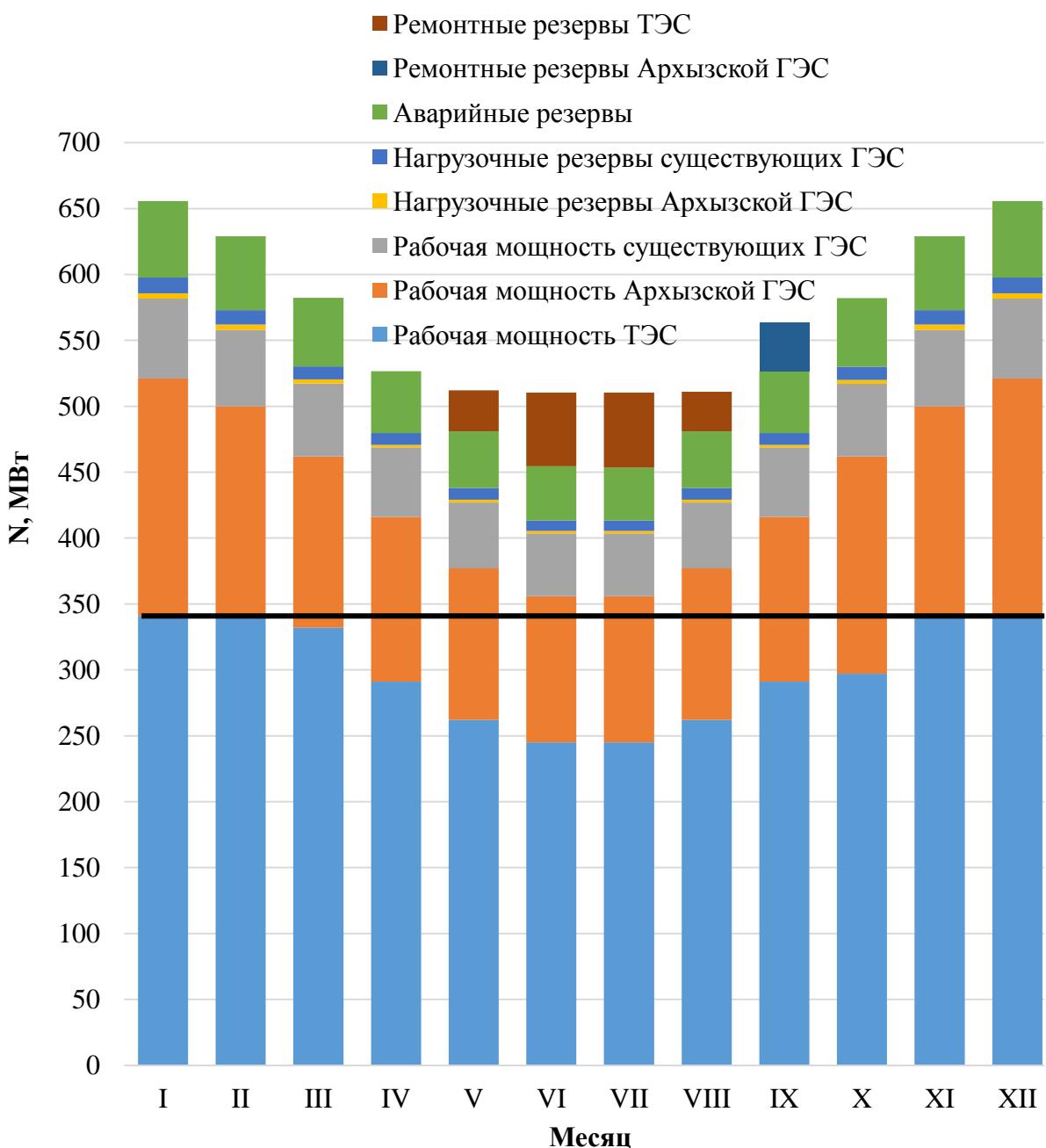


Рисунок 2.7 - Баланс мощности

2.5.6 Водно-энергетический расчет на сработку-наполнение водохранилища средневодного года

После проведения водно - энергетического расчета получили следующие данные (Приложение Г, таблица Г.2) и построили график сработки - наполнения для 50% обеспеченности (рисунок 2.8).

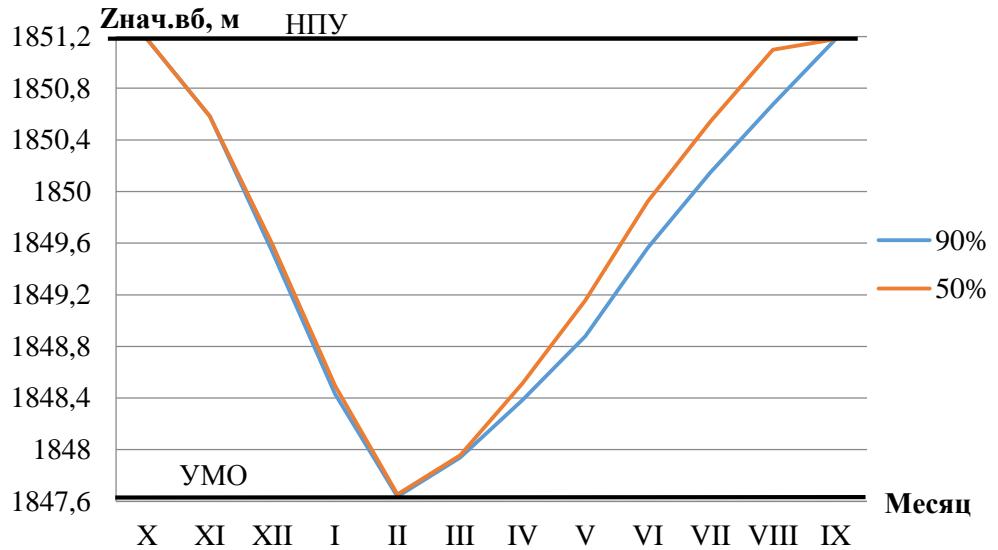


Рисунок 2.8 - График сработки - наполнения водохранилища 50%

2.6 Выбор основного оборудования

Выбор основного оборудования начинается с построения режимного поля или напорных характеристик гидростанции.

Данные для построения режимного поля представлены в таблице 2.12, а само режимное поле – Приложение Д, рисунок Д.1.

Таблица 2.12 - Результаты расчета режимного поля Архызской ГЭС

Кривые связи НБ		Напорные характеристики			Линия ограничения по расчётной $N_{уст}$		Линия ограничения по пропускной способности ГЭС		Линия ограничения по $Q_{сан.попуск}$	
$Q_{нб}$, $\text{м}^3/\text{с}$	$Z_{нб}$, м	$H_{нпу}$, м	$H_{УМО}$, м	$H_{ZB61(p)}$, м	Н, м	Q , $\text{м}^3/\text{с}$	Н, м	Q , $\text{м}^3/\text{с}$	Н, м	Q , $\text{м}^3/\text{с}$
0	1765,00	85,34	81,80	83,69	83,37	187	81,65	210	86	57
40	1765,82	84,52	80,98	82,87	83,33	188	80,6	198	78	57
80	1766,35	83,99	80,45	82,34	83,21	190	79,82	188		
120	1766,67	83,67	80,13	82,02	81,65	210				
160	1766,86	83,48	79,94	81,83						
200	1767,02	83,32	79,78	81,67						
240	1767,16	83,18	79,64	81,53						

По Приложению Д, рисунку Д.1 получены 3 значения напоров:

- расчетный напор $H_p = 81,73$ м;
- минимальный напор $H_{min} = 79,87$ м;
- максимальный напор $H_{max} = 84,26$ м.

На основе получившихся напоров выбрали турбины РО115-В и ПЛД90-B45°.

3 Основное и вспомогательное оборудование

3.1 Выбор системы и типа гидротурбины

Для полученного диапазона изменения напора подобраны все возможные типы гидротурбин, исходя из следующих условий:

1. Значение предельного напора не должно быть меньше максимального расчетного;
2. Отношение H_{\min}/H_{\max} должно быть не меньше справочных данных;
3. Максимальный диаметр рабочего колеса должен выбираться с учетом транспортировки к месту монтажа.

Диапазону напоров соответствует РО115-В и ПЛД90-В45°. Проверив отношение $H_{\min}/H_{\text{пред}}$, оно должно быть не меньше заданных значений:

РО115-В:

$$\frac{H_{\min}}{H_{\text{пред}}} = \frac{79,87}{115} = 0,7 > 0,6. \quad (3.1)$$

ПЛД90-В45°:

$$\frac{H_{\min}}{H_{\text{пред}}} = \frac{79,87}{90} = 0,9 > 0,5. \quad (3.2)$$

Для указанных турбин данное условие выполнено.

3.2 Выбор номинального диаметра и основных характеристик гидротурбины, определение частоты вращения и рабочей зоны на универсальной характеристике

Максимальный диаметр рабочего колеса гидротурбин выбирался с учетом транспортировки к месту монтажа (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Параметры турбинного оборудования

Параметр	Турбина РО115-В	Турбина ПЛД90-В45°
Максимальный напор	$H_{\text{пред}}, \text{м}$	115
Диапазон регулирования	H_{\min}/H_{\max}	0,6
Оптимальная приведенная частота вращения	$n'_{1 \text{ opt}}, \text{об}/\text{м}$	75
Приведенный расход в расчетной точке	$Q'_{p1}, \text{л}/\text{с}$	1,08
КПД в расчетной точке	η_{p1}	0,89
Приведенный диаметр РК	$D_{1 \text{ м}}, \text{м}$	0,5156
		0,46

Окончание таблицы 3.1

Параметр		Турбина РО115-В	Турбина ПЛД90-В45°
Напор модельной турбины	H_m , м	4	4
Коэффициент вязкости модели	ν_m	1,67	1,12
Коэффициент вязкости натурной турбины	ν_h	1,06	1,06

Расчет был проведен для турбины РО115-В -300.

Коэффициент полезного действия натурной гидротурбины определяется по формуле

$$\eta_T = 1 - (1 - \eta_{p1}) \cdot \left((1 - \varepsilon) + \varepsilon \cdot \left(\frac{D_{1m}}{D_1} \right)^{0.2} \cdot \left(\frac{H_m}{H_p} \right)^{0.1} \cdot \left(\frac{\nu_h}{\nu_m} \right)^{0.2} \right); \quad (3.3)$$

$$\eta_T = 1 - (1 - 0,89) \cdot \left((1 - 0,75) + 0,75 \cdot \left(\frac{0,5156}{3} \right)^{0.2} \cdot \left(\frac{4}{81,73} \right)^{0.1} \cdot \left(\frac{1,06}{1,67} \right)^{0.2} \right) = 0,933,$$

где η_{p1} – коэффициент полезного действия модельной гидротурбины в расчетной точке (таблица 3.1);

ε – коэффициент, выражающий отношение потерь трения ко всем гидравлическим потерям ($\varepsilon = 0,75$);

D_{1m} – диаметр модельной гидротурбины (таблица 3.1);

D_1 – диаметр натурной гидротурбины по справочным данным [2];

H_m – напор на модельной гидротурбине (таблица 3.1);

H_p – расчетный напор натурной гидротурбины;

ν_h – кинематический коэффициент вязкости воды натурной гидротурбины;

ν_m – кинематический коэффициент вязкости воды модельной турбины (таблица 3.1).

Мощность агрегата в расчётной точке определяется по формуле

$$N'_a = 9,81 \cdot Q'_{p1} \cdot D_1^2 \cdot H_p^{1,5} \cdot \eta_T \cdot \eta_\Gamma; \quad (3.4)$$

$$N'_a = 9,81 \cdot 1,08 \cdot 3^2 \cdot 81,73^{1,5} \cdot 0,933 \cdot 0,97 = 63784 \text{ кВт},$$

где η_Γ – средний коэффициент полезного действия генератора (приняли $\eta_\Gamma = 0,97$);

Q'_{p1} – приведенный расход в расчетной точке.

Число устанавливаемых на ГЭС агрегатов определяется по формуле

$$Z'_a = \frac{N_{\text{уст}}}{N'_a} = \frac{184000}{63784} = 2,9, \quad (3.5)$$

где $N_{\text{уст}}$ – расчетная установленная мощность.

Рассчитанное число агрегатов Z'_a округляется в большую сторону (Z_a), рекомендуется принимать кратное 2 или 3 для того, чтобы главная схема электрических соединений была симметричной.

После чего уточняется мощность агрегата, определяемая по формуле

$$N_a = \frac{N_{\text{уст}}}{Z_a} = \frac{184000}{3} = 61333 \text{ кВт.} \quad (3.6)$$

Синхронная частота вращения определяется по формуле

$$n_c^* = \frac{n'_p \cdot \sqrt{\Delta_p \cdot H_p}}{D_1} = \frac{75 \cdot \sqrt{1,049 \cdot 81,73}}{3} = 231 \text{ об/мин,} \quad (3.7)$$

где n'_p – приведённая частота вращения модельной гидротурбины в расчётной точке;

Δ_p – поправка на приведённую частоту вращения при переходе от модели к натуре, равная отношению КПД натурной турбины к КПД модели расчетной точке.

По полученной синхронной частоте вращения принимается ближайшее стандартное значение синхронной частоты вращения по известному стандартному ряду [2]. Для РО115-В-300 приняли $n_c = 230,8$ об/мин.

Приведенные частоты вращения, соответствующие известным напорам – максимальному, расчетному и минимальному находятся по следующим формулам

$$n'_{l_{\max}} = \frac{n_c \cdot D_1}{\sqrt{\Delta_p \cdot H_{\min}}} = \frac{230,8 \cdot 3}{\sqrt{1,049 \cdot 79,87}} = 75,7 \text{ об/мин;} \quad (3.8)$$

$$n'_{l_p} = \frac{n_c \cdot D_1}{\sqrt{\Delta_p \cdot H_p}} = \frac{230,8 \cdot 3}{\sqrt{1,049 \cdot 81,73}} = 74,8 \text{ об/мин;} \quad (3.9)$$

$$n'_{I\min} = \frac{n_c \cdot D_1}{\sqrt{\Delta_p \cdot H_{\max}}} = \frac{230,8 \cdot 3}{\sqrt{1,049 \cdot 84,26}} = 73,7 \text{ об/мин.} \quad (3.10)$$

Произведение приведённого расхода в расчётной точке на КПД определяется по формуле

$$Q'_1 \cdot \eta_T = \frac{N_a}{9,81 \cdot D_1^2 \cdot H_p^{1,5} \cdot \eta_\Gamma} = \frac{61333}{9,81 \cdot 3^2 \cdot 81,73^{1,5} \cdot 0,97} = 0,97; \quad (3.11)$$

Правая часть уравнения (3.11) является константой при всех известных его параметрах, а левую часть определяли подбором такой точки на линии $n'_{I\min}$, чтобы произведение $Q'_1 \cdot \eta_T$ в этой точке обеспечивало выполнение указанного равенства.

После чего сделали перерасчёт режимного поля на координаты универсальной характеристики.

Верхняя и нижняя граница режимного поля есть горизонтальные линии, соответствующие максимальному и минимальному напору, посчитанные по формулам (3.8) – (3.10).

Возможность работы гидротурбины при минимальных расходах обеспечивает увеличение мощности и выработки электроэнергии ГЭС. Поэтому при выборе основного энергетического оборудования проектируемой ГЭС выполняли проверку возможности работы гидротурбины при ограничении по минимальному расходу воды. Для этого линию ограничения по минимальному расходу с режимного поля пересчитали в координаты главной универсальной характеристики Q'_1 и n'_1 для двух значений напора H_{\max} и H_{\min} . Поскольку n'_1 для указанных напоров определялись ранее, то оставалось вычислить приведенный расход по формуле

$$Q'_1 = \frac{Q_{\min}}{D_1^2 \cdot \sqrt{\Delta_p \cdot H_{\max}}} = \left(\frac{57}{3^2 \cdot \sqrt{1,049 \cdot 84,26}} \right) \cdot 1000 = 674 \text{ л/с}; \quad (3.12)$$

$$Q'_1 = \frac{Q_{\min}}{D_1^2 \cdot \sqrt{\Delta_p \cdot H_{\min}}} = \left(\frac{57}{3^2 \cdot \sqrt{1,049 \cdot 79,87}} \right) \cdot 1000 = 692 \text{ л/с},$$

где Q_{\min} – минимальный расход через станцию.

Правая граница пересчитанного режимного поля состоит из двух линий. Верхняя линия проводится параллельно линиям открытия направляющего аппарата. Нижняя линия строится по двум точкам, одна из которой – расчётная точка, а другая – точка, определённая по формуле (3.11), подстановкой в формулу не расчётного напора, а максимального.

Рассчитанные по формулам (3.3) - (3.12) величины для разных диаметров натурных турбин РО115-В и ПЛД90-В45° сводятся в таблицы 3.2 и 3.3 соответственно.

Таблица 3.2 – Результаты расчета параметров оборудования для РО115-В

Параметр		РО115-В			
Номинальный диаметр	$D_1, \text{ м}$	2,5	2,8	3	3,15
Расчетный КПД натур.	η_n	0,932	0,933	0,933	0,934
Мощность 1 агрегата	$N'_a, \text{ Вт}$	44226	55531	63784	70351
Число агрегатов	Z'_a	4,2	3,3	2,9	2,6
Число агрегатов (уточненное)	Z_a	4	3	3	3
Мощность 1 агрегата (уточненная)	$N_a, \text{ Вт}$	46000	61333	61333	61333
Масштабный коэффициент	Δ_p	1,047	1,048	1,049	1,049
Число пар полюсов	рсинх	11	12	13	14
Приведенные обороты	$n_c^*, \text{ об/мин}$	278	248	231	220
Синхронная частота вращения	$n_c, \text{ об/мин}$	272,7	250	230,8	214,3
Приведенные обороты max	$n'_{\max}, \text{ об/мин}$	74,6	76,5	75,7	73,7
Приведенные обороты расч.	$n'_p, \text{ об/мин}$	73,7	75,6	74,8	72,9
Приведенные обороты min	$n'_{\min}, \text{ об/мин}$	72,6	74,5	73,7	71,8
Расчетная точка	$Q'_1 \cdot \eta_T$	1,05	1,11	0,97	0,88
При H_{\max}	$Q'_1 \cdot \eta_T$	1,00	1,06	0,93	0,84
Ограничение по минимальному расходу при H_{\max}	Q'_1	971	774	674	611
Ограничение по минимальному расходу при H_{\min}	Q'_1	997	795	692	628

Таблица 3.3 – Результаты расчета параметров оборудования для ПЛД90-В45°

Параметр		ПЛД90-В45°			
Номинальный диаметр	$D_1, \text{ м}$	2,5	2,8	3	3,15
Расчетный КПД натур.	η_n	0,94	0,941	0,941	0,941
Мощность 1 агрегата	$N'_a, \text{ Вт}$	52156	65482	75210	82949
Число агрегатов	Z'_a	4	3	2	2
Число агрегатов (уточненное)	Z_a	4	3	2	2
Мощность 1 агрегата (уточненная)	$N_a, \text{ Вт}$	46000	61333	92000	92000
Масштабный коэффициент	Δ_p	1,037	1,038	1,039	1,039
Число пар полюсов	рсинх	10	11	12	12
Приведенные обороты	$n_c^*, \text{ об/мин}$	313	280	261	249
Синхронная частота вращения	$n_c, \text{ об/мин}$	300	272,7	250	250
Приведенные обороты max	$n'_{\max}, \text{ об/мин}$	82,4	83,9	82,3	86,4

Окончание таблицы 3.3

Параметр		ПЛД90-В45°			
Приведенные обороты расч.	n'_p , об/мин	81,5	82,9	81,4	85,5
Приведенные обороты min	n'_{\min} , об/мин	80,2	81,6	80,2	84,2
Расчетная точка	$Q'_i \cdot \eta_T$	1,05	1,11	1,45	1,32
При H_{\max}	$Q'_i \cdot \eta_T$	1,00	1,06	1,39	1,26
Ограничение по минимальному расходу при H_{\max}	Q'_i	976	777	677	614
Ограничение по минимальному расходу при H_{\min}	Q'_i	1002	798	695	631

Из анализа полученных данных выбрали гидротурбину РО115/810-В-51,56 с $D_1 = 3$ м, $Z_a = 3$ и $n_c = 230,8$ об/мин как наиболее полно удовлетворяющую перечисленным требованиям. Зона работы представлена в Приложении Е, рисунок Е.1.

3.3 Определение отметки установки рабочего колеса гидротурбины для обеспечения ее бескавитационной работы

Отметка расположения рабочего колеса гидротурбины для обеспечения её бескавитационной работы определяется по формуле

$$\nabla Z_{p.k.} = Z_{HB}(Q_{HB}) + H_s, \quad (3.13)$$

где $Z_{HB}(Q_{HB})$ – отметка уровня воды в нижнем бьефе при расходе Q_{HB} , соответствующем расчетному значению высоты отсасывания H_s .

Глубина отсасывания рассчитывается для трех наиболее опасных, с точки зрения кавитации, случаев:

- работа одного агрегата с соответствующей мощностью при H_{\min} ;
- работа одного агрегата с номинальной мощностью при H_p ;
- работа одного агрегата с номинальной мощностью при H_{\max} .

Высота отсасывания H_s вычисляется по формуле

$$H_s = B - \frac{Z_{HB}(Q_{HB})}{900} - \sigma \cdot H - \Delta H_s + \Delta Z_{x.n.l.}, \quad (3.14)$$

где B – барометрическое давление ($B=10,33$ м);

ΔH_s – дополнительное заглубление рабочего колеса, учитывающее неточности определения σ при модельных испытаниях, масштабный эффект и антикавитационный запас, равное 1,5 м;

σ – коэффициент кавитации, определяемый по главной универсальной характеристике для расчетных условий;

H – напор на турбине, определяемый уровнем верхнего бьефа и $Z_{HB}(Q_{HB})$;

$\Delta Z_{x.nl.}$ - разность отметок характерных плоскостей модельной и натурной турбин, которая определяется по формуле

$$\Delta Z_{x.nl.} = \frac{B_{0..H}}{2}, \quad (3.15)$$

где $B_{0..H}$ - высота направляющего аппарата натурной турбины, которая пересчитывается с модели по формуле

$$B_{0..H} = \frac{B_{0..M} \cdot D_{1..H}}{D_{1..M}}, \quad (3.16)$$

где $B_{0..M}$ - высота направляющего аппарата модельной турбины (брали с ГУХ);
 $D_{1..M}$ - диаметр модельной турбины (брали с ГУХ).

3.3.1 Работа одного агрегата при H_{min} с соответствующей мощностью на линии ограничения

Гидротурбина РО115-В с $D_1 = 3$ м.

На главной универсальной характеристике проектируемой ГЭС находили точку работы одного агрегата с номинальной мощностью при H_{min} . Пересчитали расход в этой точке по формуле

$$Q_{arp1} = Q'_1 \cdot D_1^2 \cdot \sqrt{\Delta_p \cdot H}, \quad (3.17)$$

$$Q_{arp1} = 1,099 \cdot 3^2 \cdot \sqrt{1,049 \cdot 79,87} = 90,5 \text{ м}^3/\text{с}.$$

В найденной точке определили $\sigma = 0,144$. По кривой связи НБ нашли $Z_{HB}(Q_{arp1}) = 1766,45$ м.

Разность отметок:

$$\Delta Z_{x.nl.} = \frac{1,84}{2} = 0,92 \text{ м.}$$

$$B_{0..n} = \frac{0,316 \cdot 3}{0,5156} = 1,84 \text{ м.}$$

Высота отсасывания:

$$H_s = 10,33 - \frac{1766,45}{900} - 0,144 \cdot 79,87 - 1,5 + 0,92 = -3,74 \text{ м.}$$

Отметка рабочего колеса:

$$\nabla Z_{p.k.} = 1766,45 + (-3,74) = 1762,71 \text{ м.}$$

3.3.2 Работа одного агрегата с номинальной мощностью при Нр

Гидротурбина РО115-В с $D_1 = 3 \text{ м.}$

На главной универсальной характеристике проектируемой ГЭС находили точку работы одного агрегата с номинальной мощностью при H_p . Пересчитали расход в этой точке:

$$Q_{\text{арпл}} = 1,1 \cdot 3^2 \cdot \sqrt{1,049 \cdot 81,73} = 91,7 \text{ м}^3/\text{с.}$$

В найденной точке определили $\sigma = 0,145$. По кривой связи НБ нашли $Z_{HB}(Q_{\text{арпл}}) = 1766,46 \text{ м.}$

Разность отметок:

$$\Delta Z_{x..n..} = \frac{1,84}{2} = 0,92 \text{ м.}$$

$$B_{0..n} = \frac{0,316 \cdot 3}{0,5156} = 1,84 \text{ м.}$$

Высота отсасывания:

$$H_s = 10,33 - \frac{1766,46}{900} - 0,145 \cdot 81,73 - 1,5 + 0,92 = -4,09 \text{ м.}$$

Отметка рабочего колеса:

$$\nabla Z_{p.k.} = 1766,46 + (-4,09) = 1762,37 \text{ м.}$$

3.3.3 Работа одного агрегата с номинальной мощностью при H_{max}

Гидротурбина РО115-В с $D_1 = 3$ м.

На главной универсальной характеристике проектируемой ГЭС находили точку работы одного агрегата с номинальной мощностью при H_{max} .

Пересчитали расход в этой точке:

$$Q_{arp1} = 1,02 \cdot 3^2 \cdot \sqrt{1,049 \cdot 84,26} = 86,3 \text{ м}^3/\text{с.}$$

В найденной точке определили $\sigma = 0,137$. По кривой связи НБ нашли $Z_{HB}(Q_{arp1}) = 1766,42$ м.

Разность отметок:

$$\Delta Z_{x.ni.} = \frac{1,84}{2} = 0,92 \text{ м.}$$

$$B_{0..n} = \frac{0,316 \cdot 3}{0,5156} = 1,84 \text{ м.}$$

Высота отсасывания:

$$H_s = 10,33 - \frac{1766,42}{900} - 0,137 \cdot 84,26 - 1,5 + 0,92 = -3,79 \text{ м.}$$

Отметка рабочего колеса:

$$\nabla Z_{p.k.} = 1766,42 + (-3,79) = 1762,63 \text{ м.}$$

Таким образом, отметка заглубления рабочего колеса для турбины РО115-В $\nabla Z_{p.k.} = 1762,37$ м.

Результаты расчетов сводятся в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты расчета отсасывания гидротурбины

Тип	D_1 , м	Z_a , шт	N_a , МВт	n_c , об/мин	$HS1$, м	$HS2$, м	$HS3$, м	$\nabla Z_{p.k.}$, м
РО115-В	3	3	61,3	230,8	-3,74	-4,09	-3,79	1762,37

3.4 Определение геометрических размеров проточной части и машинного зала

По чертежу проточной части модельной гидротурбины [Приложение 3] определяли основные геометрические размеры гидротурбины.

Высота отсасывающей трубы определяется по формуле

$$h = 2,57 \cdot D_1 = 2,57 \cdot 3 = 7,71 \text{ м.} \quad (3.18)$$

Высота направляющего аппарата определяется по формуле

$$b_0 = 0,316 \cdot D_1 = 0,316 \cdot 3 = 0,948 \text{ м.} \quad (3.19)$$

Угол охвата спиральной камеры определяется по формуле

$$\varphi_{c.k} = 351^\circ.$$

Ширина спиральной камеры определяется по формуле

$$B_{cn} = 3,522 \cdot D_1 = 3,522 \cdot 3 = 10,566 \text{ м.} \quad (3.20)$$

Длина отсасывающей трубы определяется по формуле

$$L = 4,364 \cdot D_1 = 4,364 \cdot 3 = 13,092 \text{ м.} \quad (3.21)$$

Ширина отсасывающей трубы на выходе определяется по формуле

$$B_1 = 2,997 \cdot D_1 = 2,997 \cdot 3 = 8,991 \text{ м.} \quad (3.22)$$

По рекомендациям ширина здания ГЭС определяется по формуле

$$B'_{ГЭС} = (6 \div 8,5) \cdot D_1 = 18 \text{ м.} \quad (3.23)$$

Приняли ширину машинного зала:

$$B_{M3} = 18 \text{ м.}$$

3.5 Расчет и построение металлической спиральной камеры

При расчете задаются три главных условия, которым должен подчиняться поток, проходящий через спиральную камеру:

1) Равномерное распределение расхода по окружности направляющего аппарата.

2) Одинаковая закрутка потока перед направляющим аппаратом, т.е. $v_u r = \text{const}$, где v_u – окружная составляющая скорости в любой точке потока; r – радиус расположения точки.

3) Размеры радиальных сечений спиральной камеры должны быть такими, чтобы средние скорости потока в них не превосходили предельных значений, определяемых уровнем допустимых потерь.

Полная высота статора определяется по формуле

$$H_1 = b_1 + 2 \cdot h = 0,968 + 2 \cdot 0,285 = 1,538 \text{ м}, \quad (3.24)$$

где b_1 - высота статора, которая находится по формуле

$$b_1 = b_0 + 0,02 = 0,948 + 0,02 = 0,968 \text{ м}. \quad (3.25)$$

Скорость во входном сечении спиральной камеры принимается по зависимости $v_{cp} = f(H_p)$ (рисунок 3.1).

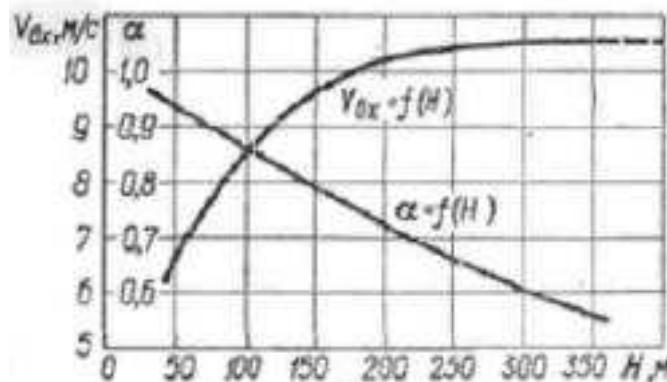


Рисунок 3.1 – Рекомендуемые значения скорости и скоростного коэффициента во входном сечении спиральной камеры радиально-осевой гидротурбины

Откуда $v_{cp} = 9 \text{ м/с.}$

Вычисляется расход через входное сечение по формуле

$$Q_{ex} = Q_p \cdot \frac{\varphi}{360^\circ} = 82 \cdot \frac{351}{360} = 79,9 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.26)$$

где Q_p - расчетный расход, определяемый по формуле

$$Q_p = \frac{N_m}{H_p \cdot \eta_m} = \frac{61333}{81,73 \cdot 0,933} = 82 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3.27)$$

Площадь входного сечения спиральной камеры определяется по формуле

$$F_{ex} = \frac{Q_{ex}}{v_{cp}} = \frac{79,9}{9} = 8,9 \text{ м}^2. \quad (3.28)$$

Радиус входного сечения определяется по формуле

$$p_{ex} = \sqrt{\frac{F_{ex}}{\pi}} = \sqrt{\frac{8,9}{3,14}} = 1,7 \text{ м}. \quad (3.29)$$

Расстояние от оси турбины до центра входного сечения определяется по формуле

$$a_{ex} = R_4 + \sqrt{p_{ex}^2 - \left(\frac{H_1}{2}\right)^2} = 2,495 + \sqrt{1,7^2 - \left(\frac{1,538}{2}\right)^2} = 4 \text{ м}. \quad (3.30)$$

Наружный радиус входного сечения определяется по формуле

$$R_{ex} = a_{ex} + p_{ex} = 4 + 1,7 = 5,7 \text{ м}. \quad (3.31)$$

Значение $\frac{\varphi}{C}$ входного сечения определяется по формуле

$$\frac{1}{C} \cdot \varphi = a_{ex} - \sqrt{a_{ex}^2 - p_{ex}^2} = 4 - \sqrt{4^2 - 1,7^2} = 0,37, \quad (3.32)$$

$$\varphi = \frac{\varphi_{ex}}{360} = \frac{351}{360} = 0,975, \quad (3.33)$$

$$\frac{1}{C} = \frac{\frac{\varphi}{C}}{\varphi} = \frac{0,37}{0,975} = 0,38. \quad (3.34)$$

Последовательно задаваясь рядом значений углов φ_i через $\Delta\varphi=15^\circ$, рассчитывается все сечения спиральной камеры.

Расчет был проведен для $\varphi=336^\circ$.

Находится x по формуле

$$x = \frac{\varphi}{C} + \sqrt{\frac{2 \cdot R_4 \cdot \varphi}{C} - \left(\frac{H_1}{2}\right)^2}; \quad (3.35)$$

$$x = \frac{0,975}{0,38} + \sqrt{\frac{2 \cdot 2,495 \cdot 0,975}{0,38} - \left(\frac{1,538}{2}\right)^2} = 1,495 \text{ м.}$$

Расстояние до центра расчетного сечения определяется по формуле

$$a = R_4 + x = 2,495 + 1,495 = 3,99 \text{ м.} \quad (3.36)$$

Радиус расчетного сечения определяется по формуле

$$p = \sqrt{x^2 + \left(\frac{H_1}{2}\right)^2} = \sqrt{1,495^2 + \left(\frac{1,538}{2}\right)^2} = 1,68 \text{ м.} \quad (3.37)$$

Наружный радиус расчетного сечения определяется по формуле

$$R = a + p = 3,99 + 1,495 = 5,49 \text{ м.} \quad (3.38)$$

Аналогично производятся расчеты для оставшихся углов. Результаты заносятся в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты расчета металлической спиральной камеры

Φ	-	-	-	-	-	x	x^2	p^2	p	a	R
-	(5.10)	(5.9)	$2 \cdot R_4 \cdot [3]$	$[4] - \left(\frac{H_1}{2}\right)^2$	$\sqrt{[5]}$	$[6] + [3]$	$[7]^2$	$[8] + \left(\frac{H_1}{2}\right)^2$	$\sqrt{[9]}$	$R_4 + [7]$	$[10] + [11]$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
351	0,98	0,37	1,85	1,26	1,12	1,50	2,24	2,83	1,68	3,99	5,67
336	0,93	0,36	1,77	1,18	1,09	1,44	2,08	2,68	1,64	3,94	5,57
321	0,89	0,34	1,70	1,10	1,05	1,39	1,93	2,53	1,59	3,89	5,47
306	0,85	0,32	1,62	1,03	1,01	1,34	1,79	2,38	1,54	3,83	5,37
291	0,81	0,31	1,54	0,95	0,97	1,28	1,64	2,23	1,49	3,78	5,27
276	0,77	0,29	1,46	0,87	0,93	1,22	1,50	2,09	1,44	3,72	5,16
261	0,73	0,28	1,38	0,79	0,89	1,16	1,35	1,95	1,39	3,66	5,05
246	0,68	0,26	1,30	0,71	0,84	1,10	1,21	1,81	1,34	3,60	4,94
231	0,64	0,24	1,22	0,63	0,79	1,04	1,08	1,67	1,29	3,53	4,82
216	0,60	0,23	1,14	0,55	0,74	0,97	0,94	1,53	1,24	3,47	4,70
201	0,56	0,21	1,06	0,47	0,69	0,90	0,81	1,40	1,18	3,39	4,58
186	0,52	0,20	0,98	0,39	0,63	0,82	0,68	1,27	1,13	3,32	4,44
171	0,48	0,18	0,90	0,31	0,56	0,74	0,55	1,14	1,07	3,23	4,30
156	0,43	0,17	0,82	0,23	0,48	0,65	0,42	1,01	1,01	3,14	4,15
141	0,39	0,15	0,74	0,15	0,39	0,54	0,29	0,88	0,94	3,04	3,98
126	0,35	0,13	0,67	0,07	0,27	0,41	0,16	0,76	0,87	2,90	3,77

В круглых скобках указаны номера формул, по которым рассчитывали определенные величины. А в квадратных скобках – номера граф, у которых в расчетные выражения подставляли требуемые величины.

Так как после определённых углов φ сечение спиральной камеры принимает форму эллипса, то методика, указанная выше, не подходит. Строится плавная зависимость по уже имеющимся координатам R и φ до координаты ($\varphi=0$; $R=R_4=2,495$). Недостающий участок плавно продлевается до 0° и получается зависимость $R=f(\varphi)$ (рисунок 3.2).

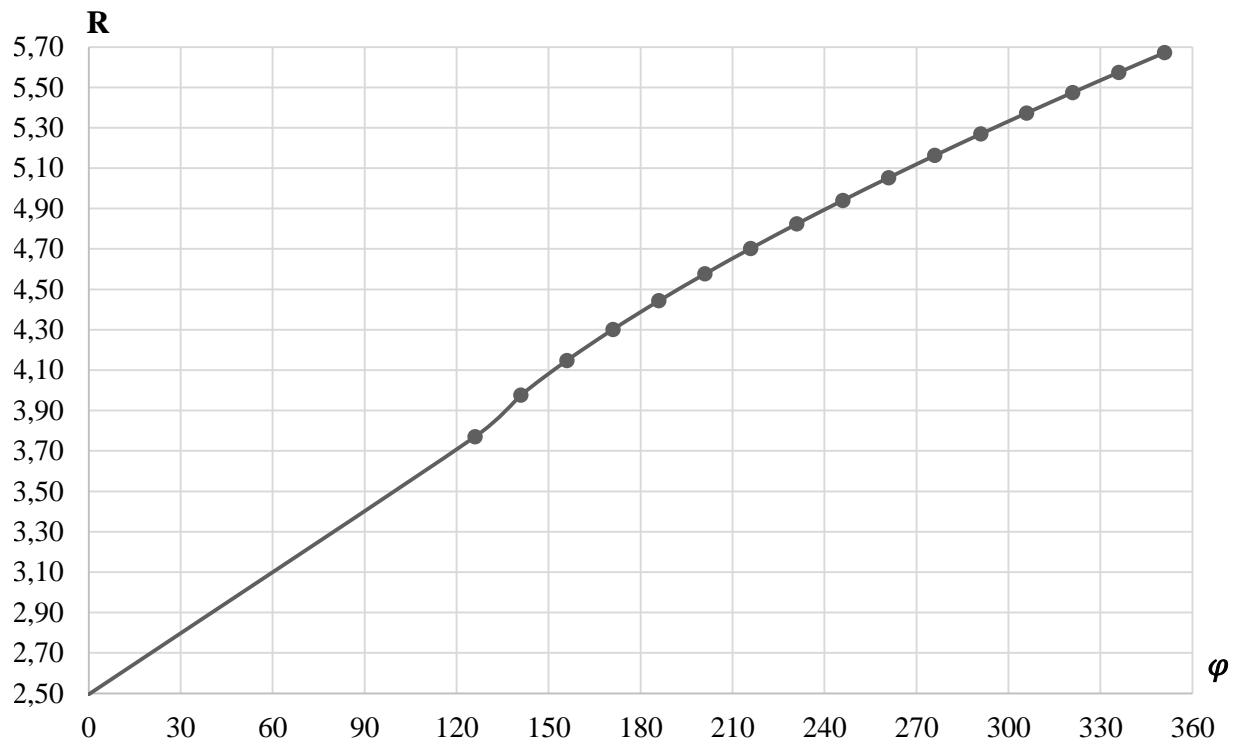


Рисунок 3.2 – Изменение наружного диаметра спиральной камеры $R=f(\varphi)$

Пользуясь шагом $\Delta\varphi=15^\circ$, с рисунка 3.2 снимаются значения R зависимости от угла φ .

Расчет был проведен для $\varphi=111^\circ$.

Размеры эллиптических сечений спиральной камеры определяются по формуле

$$p_1 = \frac{H_1}{2 \cdot \sin a_k} = \frac{1,538}{2 \cdot \sin 35} = 0,905 \text{ м.} \quad (3.39)$$

Меньший радиус любого эллиптического сечения определяется по формуле

$$p_2 = \frac{R - (R_4 + p_1 \cdot (1 - \cos a_k))}{2 \cdot \cos a_k}; \quad (3.40)$$

$$p_2 = \frac{3,63 - (0,275 + 0,905 \cdot (1 - \cos 35))}{2 \cdot \cos 35} = 1,26 \text{ м.}$$

Аналогично производится расчет для углов $\varphi=96^\circ$ и $\varphi=81^\circ$. Результаты расчетов заносятся в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Значения эллиптических радиусов спиральной камеры

№ угла	φ	p1	R	p2
1	111	0,905	3,63	1,26
2	96		3,45	1,08
3	81		3,28	0,91

Постоянная спиральной камеры определяется по формуле

$$k = \frac{Q_p}{2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{C}} = \frac{82}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,38} = 34,24. \quad (3.41)$$

Угол потока в спиральной камере (на входе в колонны статора) определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\frac{Q_p}{(2 \cdot \pi \cdot b_1)}}{k} = \frac{82 / (2 \cdot 3,14 \cdot 0,968)}{34,24} = 0,394. \quad (3.42)$$

$$\delta = \operatorname{arctg} \left(\frac{\frac{Q_p}{(2 \cdot \pi \cdot b_1)}}{k} \right) = \operatorname{arctg}(0,394) = 21,5^\circ. \quad (3.43)$$

Строится чертеж спиральной камеры по таблице 3.7 из рассчитанных выше параметров (Приложение Ж, рисунок Ж.1).

Таблица 3.7 – Значения круглого и эллиптического сечений спиральной камеры

№ угла	φ	a	p	R
Круглое сечение				
1	351	3,99	1,68	5,67
2	336	3,94	1,64	5,57

Окончание таблицы 3.7

№ угла	φ	a	p	R
Круглое сечение				
3	321	3,89	1,59	5,47
4	306	3,83	1,54	5,37
5	291	3,78	1,49	5,27
6	276	3,72	1,44	5,16
7	261	3,66	1,39	5,05
8	246	3,60	1,34	4,94
9	231	3,53	1,29	4,82
10	216	3,47	1,24	4,70
11	201	3,39	1,18	4,58
12	186	3,32	1,13	4,44
13	171	3,23	1,07	4,30
14	156	3,14	1,01	4,15
15	141	3,04	0,94	3,98
16	126	2,90	0,87	3,77
Эллиптическое сечение				
№	φ	p1	R	p2
17	111	0,905	3,63	1,26
18	96		3,45	1,08
19	81		3,28	0,91

3.6 Расчет деталей и узлов гидротурбины

3.6.1 Расчет вала на прочность

Вал гидроагрегата предназначен для передачи крутящего момента от рабочего колеса к ротору генератора. Расчет вала на прочность необходимо производить с учетом совместного действия скручивающих, изгибающих и растягивающих усилий.

Предварительно рассчитывается наружный диаметр вала по формуле

$$D_{\text{в}}^* \geq \left(\frac{5,1 \cdot M_{kp}}{\left[\tau_{\text{доп}} \right]} \right)^{0,33}; \quad (3.44)$$

где $\left[\tau_{\text{доп}} \right] = 30 \div 35 \text{ МПа}$;

M_{kp} – крутящий момент, определяемый по формуле

$$M_{kp} = 0,00974 \cdot \frac{N_a}{n_c} = 0,00974 \cdot \frac{61333}{230,8} = 2,59 \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (3.45)$$

Тогда диаметр вала составит:

$$D_{\text{в}}^* = \left(\frac{5,1 \cdot 2,59}{32} \right)^{0,33} = 0,747 \text{ м.}$$

Полученное значение диаметра округляется до стандартизированного:

$$D_{\text{в}} = 0,75 \text{ м.}$$

3.6.2 Расчет подшипников

Направляющий подшипник турбины предназначен для восприятия радиальных нагрузок. В проекте рекомендуется применять подшипник на водяной смазке, который может быть кольцевого или сегментного типа.

Расчет подшипника сводится к определению его размера и проверке по критерию работоспособности.

Радиальная сила на рабочем колесе определяется по эмпирической зависимости:

$$R_{\text{рад}} = 0,8 \cdot \frac{N_a}{n_c \cdot D_1} = 0,8 \cdot \frac{61333}{230,8 \cdot 3} = 70,86 \text{ кН.} \quad (3.46)$$

Для кольцевого подшипника удельное давление равно:

$$p_{\text{уд}} = \frac{R_{\text{рад}}}{d_{\text{п}} \cdot h_{\text{п}}} \leq [p_{\text{уд}}], \quad (3.47)$$

где $d_{\text{п}}$ – диаметр вала под подшипником, обычно принимается на 15 – 20 мм больше $D_{\text{в}}$,

$h_{\text{п}}$ – высота сегментов, принимается по таблице 3.8 в зависимости от $D_{\text{в}}$,
Таблица 3.8 – Подбор числа и высоты сегментов подшипника

$D_{\text{в}}, \text{мм}$	500-800	850-1100	1200-1600	1700-2200
$h_{\text{п}}, \text{мм}$	300	400	500	600
$Z_{\text{сегм}}$	8	8	10	12

$$p_{\text{уд}} = \frac{70,86}{0,77 \cdot 0,3} = 306,8 \text{ кПа.}$$

Экспериментально получено, что допускаемое удельное давление:

$$\left[p_{\text{уд}} \right] = 29 \cdot U = 29 \cdot 18,61 = 539,7 \text{ кПа}, \quad (3.48)$$

$$\text{где } U = \pi \cdot n_c \cdot \frac{d_{\text{п}}}{30} = 3,14 \cdot 230,8 \cdot \frac{0,77}{30} = 18,61 \text{ м/с}. \quad (3.49)$$

Определяется усилие на наиболее нагруженный сегмент по формуле

$$R_1 = \frac{R_{\text{рад}}}{(1 + 2 \cos \alpha + 2 \cos(2\alpha))}, \quad (3.50)$$

где α – центральный угол расположения сегментов, равный:

$$\alpha = \frac{360}{Z_{\text{сегм}}} = \frac{360}{8} = 45^\circ. \quad (3.51)$$

$$R_1 = \frac{70,86}{(1 + 2 \cos 45 + 2 \cos(2 \cdot 45))} = 61,38 \text{ кН.}$$

Рассчитывается удельная нагрузка на сегмент по формуле

$$p_{\text{уд}} = \frac{R_{\text{рад}}}{l_{\text{сегм}} \cdot h_{\text{п}}} \leq \left[p_{\text{уд}} \right], \quad (3.52)$$

$$p_{\text{уд}} = \frac{70,86}{0,263 \cdot 0,3} = 897,92 \text{ кПа},$$

где $l_{\text{сегм}}$ – длина сегмента в окружном направлении, причем:

$$l_{\text{сегм}} = \frac{(0,85 \div 0,9)\pi \cdot d_{\text{п}}}{Z_{\text{сегм}}} = \frac{0,87 \cdot 3,14 \cdot 0,77}{8} = 0,263 \text{ м.} \quad (3.53)$$

Для таких подшипников, экспериментально получено, что допускаемое значение удельного давления:

$$\left[p_{\text{уд}} \right] = 50 \cdot U = 50 \cdot 18,61 = 930,52 \text{ кПа.} \quad (3.54)$$

Исходя из условия допустимости, сегментный подшипник применим в данном случае.

Принимается к установке сегментный подшипник.

3.7 Выбор вспомогательного оборудования

3.7.1 Расчет гидрогенератора

Номинальная мощность гидрогенератора определяется по формуле

$$S_h = \frac{N_a}{\cos \varphi} = \frac{61,333}{0,85} = 72,2 \text{ МВ·А}, \quad (3.55)$$

где $\cos \varphi = 0,81 \div 0,9$ – коэффициент мощности.

Число пар полюсов определяется по формуле

$$2p = \frac{2 \cdot f \cdot 60}{n_{cinx}} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 60}{230,8} = 26. \quad (3.56)$$

Так как по рассчитанным сочетаниям мощности и синхронной частоте нет существующих гидрогенераторов, произвели расчет основных приближенных геометрических параметров.

Расчетная мощность определяется по формуле

$$S_p = k \cdot S_h = 1,07 \cdot 72,2 = 77,21 \text{ МВ·А}, \quad (3.57)$$

где k - коэффициент, зависящий от $\cos \varphi$.

Удельная нагрузка определяется по формуле

$$S^* = \frac{S_h}{2p} = \frac{72,2}{26} = 2,78 \text{ МВ·А}. \quad (3.58)$$

Полюсное деление, зависящее от нагрузки и от способа охлаждения определяется по формуле

$$\tau^* = A \cdot S^{*\alpha} = 0,451 \cdot 2,78^{0,239} = 0,58 \text{ м}, \quad (3.59)$$

где A и α - эмпирические коэффициенты.

Диаметр ротора определяется по формуле

$$D_i = \frac{\tau^* \cdot 2p}{\pi} = \frac{0,58 \cdot 26}{3,14} = 4,76 \text{ м.} \quad (3.60)$$

Проверяется, не будет ли при этом диаметре превышаться предельная окружная скорость ротора в разгонном режиме, которая составляет $v_{np}=160$ м/с для генератора с мощностью $S=72,2$ МВ·А.

Предельная окружная скорость определяется по формуле

$$v_{np} = \frac{\pi \cdot D_i \cdot k_{раз} \cdot n_{сих}}{60} = \frac{3,14 \cdot 4,76 \cdot 2 \cdot 230,8}{60} = 115,12 \text{ м/с.} \quad (3.61)$$

Предельная окружная скорость в разгонном режиме не превышает допустимых значений.

Диаметр шахты принимается равным внутреннему диаметру кромок статора турбины : $D_u = 4,66$ м.

Коэффициент машины определяется по формуле

$$C_a = \frac{R}{S^{*y}} = \frac{8,9}{2,78^{0,105}} = 8. \quad (3.62)$$

Высота активной стали определяется по формуле

$$l_a = \frac{W_s}{D_i^2} = \frac{30 \cdot C_a \cdot S_p}{\pi \cdot n_{сих} \cdot D_i^2} = \frac{30 \cdot 8 \cdot 77,21}{3,14 \cdot 230,8 \cdot 4,76} = 1,13 \text{ м.} \quad (3.63)$$

Высота активной стали стандартизована, поэтому принимается ближайшее значение $l_a = 115$ см.

После определения l_a и D_i уточняется конструктивное исполнение генератора:

$$\frac{D_i}{l_a} = \frac{4,76}{1,15} = 4,14 < 5, \text{ рекомендуется принимать подвесной.} \quad (3.64)$$

Внешний диаметр вала определяется по формуле

$$d_e = 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{N_{зен}}{n_{сих}}} = 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{61333}{230,8}} = 83,58 \text{ см.} \quad (3.65)$$

Принимается стандартная величина (округляют кратно 50 мм при $d_e < 1$ м , или кратно 100 мм при $d_e \geq 1$ м), таким образом $d_e = 85$ см.

Общая масса генератора определяется по формуле

$$G_{\text{ген}} = \psi \cdot D_i \cdot l_a = 46 \cdot 4,76 \cdot 1,15 = 252 \text{ т}, \quad (3.66)$$

где $\psi = (44 \div 50)$.

Вес ротора генератора с валом составляет 50-55% общей массы гидрогенератора, определяется по формуле

$$G_{\text{рот}} = 0,55 \cdot G_{\text{ген}} = 0,55 \cdot 251,2 = 138,6 \text{ т}. \quad (3.67)$$

Диаметр активной стали определяется по формуле

$$D_a = D_i + (0,5 \div 0,9) = 4,76 + 0,5 = 5,26 \text{ м}. \quad (3.68)$$

Тогда маркировка гидрогенератора: СВ 526/115-26.

Основные размеры генератора заносятся в таблицу 3.9.

Параметры нового генератора рассчитываются приближенно, по табличной зависимости.

Таблица 3.9 – Основные размеры гидрогенератора СВ 526/115-26

Элемент генератора	Параметры	Зависимость	Значение, м
Статор	высота корпуса $h_{\text{ст}}$	$1,8 \cdot l_a$	2,07
	диаметр корпуса $D_{\text{ст}}$	$(1,05 + 0,0017 \cdot n_0) \cdot D_i$	6,87
	диаметр активной стали D_a	$D_i + 0,7$	5,46
Верхняя крестовина	высота $h_{\text{в.к}}$	$0,1 \cdot D_i$	0,48
	диаметр лучей $D_{\text{в.к}}$	D_{cm}	6,87
Подпятник	высота $h_{\text{п}}$	$0,17 \cdot D_i$	0,81
	диаметр кожуха $D_{\text{п}}$	$0,45 \cdot D_i$	2,14
Нижняя крестовина	высота $h_{\text{н.к}}$	$0,25 \cdot D_u$	1,17
	диаметр лучей $D_{\text{н.к}}$	$D_u + 0,4$	5,06
Надстройка	высота h_0	0,4	0,4
	диаметр d_0	$0,2 \cdot D_i$	0,95
Кратер	диаметр $D_{\text{кр}}$	$1,4 \cdot D_i$	6,67
	минимальная ширина подхода b	0,4	0,4

3.7.2 Выбор маслонапорной установки

Наиболее крупными элементами по габаритам системы регулирования гидротурбин является маслонапорная установка (МНУ), размещение которой должно быть предусмотрено при проектировании строительной части здания ГЭС. Она обеспечивает подачу масла под давлением в систему регулирования турбин (например, сервомоторов НА).

МНУ состоит из масловоздушного котла и сливного бака.

Котел на одну треть заполнен маслом и на две трети воздухом под давлением. На сливном баке смонтированы маслонасосные агрегаты, периодически пополняющие запасы масла в котле.

Габаритные размеры МНУ определяются объемом масловоздушного котла, зависящего от суммарного объема сервомоторов, обслуживаемых одной МНУ.

По справочным данным [5, стр. 143] по номограмме для РО гидротурбин принимается тип маслонапорной установки МНУ 1,6/1-40-2,5-2.

Маслонапорная установка:

- объем гидроаккумулятора – 1,6 м³;
- состоит из одного сосуда;
- избыточное давление составляет – 4 МПа;
- объем сливного бака маслонасосного агрегата – 2,5 м³;
- имеет 2 насоса.

3.7.3 Выбор электрогидравлического регулятора

По справочным данным [5, стр. 103] определяется тип ЭГР.

Для радиально-осевой гидротурбины приняли: ЭГР-2И1-150-11 регулятор скорости электрогидравлический с электромеханическим комбинатором вне колонки управления.

4 Компоновка и сооружения гидроузла

4.1 Определение класса сооружения

Класс основных ГТС определяется в зависимости от их высоты и типа грунтов оснований, $N_{уст}$, количество населения в НБ в соответствии с [8].

Число постоянно проживающих людей, которые могут пострадать при аварии на ГЭС равно 2000 человек. Присваивается II класс сооружения, так как численность людей находится в пределах 500-3000 человек.

$N_{уст} = 184$ МВт, что соответствует III классу сооружения, так как находится в пределах 10-300 МВт.

Предварительная компоновка показала, что высота бетонной плотины будет находиться в пределах 10-25 м, а грунтовой 15-35 м. Грунт основания – скальный (гранито-гнейсы). На основании этих показателей предусмотрен III класс.

В конечном итоге Архызский гидроузел будет относиться ко II классу сооружений.

При проектировании постоянных речных ГТС расчетные максимальные расходы воды надлежит принимать исходя из обеспеченности, устанавливаемой в зависимости от класса сооружения для двух расчетных случаях – основного и поверочного.

Для основного расчетного случая: $Q_{P=1,0\%}=192 \text{ м}^3/\text{с.}$

Для поверочного расчетного случая: $Q_{P=0,1\%}=207 \text{ м}^3/\text{с.}$

4.2 Проектирование сооружений напорного фронта

4.2.1 Определение отметки гребня бетонной плотины

Для бетонных плотин с вертикальной напорной гранью за отметку гребня принимают наибольшую из двух отметок, вычисленных для расчетных уровней НПУ и ФПУ по формулам

$$\nabla ГБП = \nabla НПУ + h_{1\%} + \Delta h_{set} + a, \quad (4.1)$$

где a – конструктивный запас, зависящий от класса сооружения (для II класса сооружения – 0,7 м);

Δh_{set} – высота ветрового нагона в верхнем бьефе, определяемая по формуле

$$\Delta h_{set} = k_w \cdot \frac{V_w^2 \cdot L}{g \cdot d} \cdot \cos \alpha, \quad (4.2)$$

где $V_w = 12,5 \text{ м/с}$ – расчетная скорость ветра [9];

k_w – коэффициент, зависящий от скорости ветра, определяемый по формуле

$$k_w = 3 \cdot (1 + 0,3 \cdot V_w) \cdot 10^{-7} = 3 \cdot (1 + 0,3 \cdot 12,5) \cdot 10^{-7} = 0,000001425; \quad (4.3)$$

α – угол между продольной осью водохранилища и направлением ветра, допускается принять $\alpha=0^\circ$;

d – условная расчетная глубина воды в водохранилище, определяемая по формуле

$$d = \frac{\nabla \text{НПУ} - \nabla \text{ДНА}}{2} = \frac{1851,18 - 1830,00}{2} = 10,6 \text{ м}; \quad (4.4)$$

$L=498$ м – длина разгона волны, определяемая по картографическому материалу с учетом направления ветра.

Тогда высота ветрового нагона будет

$$\Delta h_{set} = 14,25 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{12,5^2 \cdot 498}{9,81 \cdot 10,6} \cdot 1 = 0,001.$$

Порядок определения элементов волн в глубоководной зоне водохранилища:

1. Вычисляем безразмерные комплексы $\frac{g \cdot L}{V_w^2}$ и $\frac{g \cdot t}{V_w}$,

где t – продолжительность непрерывного действия ветра, принимаем $t = 21600$ м;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

$$\frac{g \cdot L}{V_w^2} = \frac{9,81 \cdot 498}{12,5^2} = 31,3. \quad (4.5)$$

$$\frac{g \cdot t}{V_w} = \frac{9,81 \cdot 21600}{12,5} = 16952. \quad (4.6)$$

2. Из графика [9, приложение А, рисунок А1] по верхней огибающей кривой (для глубоководной зоны с глубиной $d > 0,5 \cdot \bar{\lambda}_d$) для каждого из безразмерных комплексов $\frac{g \cdot L}{V_w^2}$ и $\frac{g \cdot t}{V_w}$ определяем относительные параметры $\frac{g \cdot \bar{h}}{V_w^2}$ и

$$\frac{g \cdot \bar{T}}{V_w}.$$

Для $\frac{g \cdot L}{V_w^2} = 31,3$: $\frac{g \cdot \bar{h}}{V_w^2} = 0,01$ и $\frac{g \cdot \bar{T}}{V_w} = 1,15$.

Для $\frac{g \cdot t}{V_w} = 16952$: $\frac{g \cdot \bar{h}}{V_w^2} = 0,09$ и $\frac{g \cdot \bar{T}}{V_w} = 4,2$.

По меньшему значению параметров $\frac{g \cdot \bar{h}}{V_w^2} = 0,01$ и $\frac{g \cdot \bar{T}}{V_w} = 1,15$ определим среднюю высоту волны и средний период волны.

Средний период волны определяется по формуле

$$\bar{T} = \frac{1,15 \cdot V_w}{g} = \frac{1,15 \cdot 12,5}{9,81} = 1,47 \text{ с.} \quad (4.7)$$

Средняя высота волны определяется по формуле

$$\bar{h} = \frac{0,01 \cdot V_w^2}{g} = \frac{0,01 \cdot 12,5^2}{9,81} = 0,16 \text{ м.} \quad (4.8)$$

3. Средняя длина волны вычисляется по известному среднему периоду волны по формуле

$$\bar{\lambda}_d = \frac{g \cdot \bar{T}^2}{2 \cdot \pi} = \frac{9,81 \cdot 1,47^2}{2 \cdot 3,14} = 3,38 \text{ м.} \quad (4.9)$$

4. Проверяется соблюдение условия для глубоководной зоны:

$d = 10,6 \text{ м} > 0,5 \cdot \bar{\lambda}_d = 0,5 \cdot 3,38 = 1,69 \text{ м}$ - условие выполняется, т.е. зона глубоководная.

Высота волны 1 % обеспеченности определяется по формуле

$$h_{1\%} = \bar{h} \cdot K_i, \quad (4.10)$$

где K_i – коэффициент, определяемый по графику [9, приложение А, рисунок А2] в зависимости от безразмерного комплекса $\frac{g \cdot L}{V_w^2}$.

Принимаем $K_i=2,09$, тогда высота волны будет

$$h_{1\%} = 0,16 \cdot 2,09 = 0,334 \text{ м.}$$

Тогда получаем отметки гребня бетонной плотины

$$\nabla ГБП = 1851,18 + 0,334 + 0,001 + 0,7 = 1852,22 \text{ м.}$$

4.3 Гидравлические расчёты

4.3.1 Определение ширины водосливного фронта

Определяют расчетный расход воды для основного расчетного случая Q_p , который должен пропускаться, как правило, при НПУ через все эксплуатационные водопропускные сооружения гидроузла при полном их открытии и через гидроагрегаты ГЭС – $Q_{ГЭС}$. Количество агрегатов, участвующих в пропуске расчетных расходов, должно быть не более:

(n-1) при числе гидроагрегатов ГЭС $n \leq 6$.

С учетом того, что на Архызской ГЭС запроектировано 3 гидроагрегата выбирается количество агрегатов, участвующих в пропуске расчетных расходов $n - 1 = 2$.

Расчетный расход воды через водосливную плотину определяется по формуле

$$Q_p = Q_{\max.p.osn.} - Q_{ГЭС} - Q_{ав}, \quad (4.11)$$

где $Q_{\max.p.osn.} = 192 \text{ м}^3/\text{с}$ – максимальный расчетный расход для основного расчетного случая с учетом трансформации его водохранилищем и вероятностью превышения в соответствии со II классом сооружения;

$Q_{ГЭС}$ – расход через гидроагрегаты ГЭС, участвующие в пропуске расчетного расхода, определяемый по формуле

$$Q_{ГЭС} = Q_{1ae} \cdot (n-1) = 28,5 \cdot (3-1) = 57 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.12)$$

где Q_{1ae} – расход через 1 гидроагрегат;

$Q_{ав}$ – аварийный расход, определяемый по формуле

$$Q_{ав} = \frac{V_{пол}}{t_{cp}} = \frac{0,5 \cdot 10^9}{15768017} = 31,7 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.13)$$

где $V_{пол} = 0,5 \text{ км}^3$ – полезный объем;

$t_{cp} = 15768017$ сек – время сработки при годичном регулировании.

Тогда расчетный расход воды составит

$$Q_p = 192 - 57 - 31,7 = 103,3 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Ширина водосливного фронта определяется по формуле

$$B = \frac{Q_p}{q_s}, \quad (4.14)$$

где q_s - удельный расход на водосливе, определяемый по формуле

$$q_s = 1,25 \cdot q_p = 1,25 \cdot 31,1 = 38,88 \text{ м}^3/\text{с,} \quad (4.15)$$

где q_p - удельный расход на рисберме, определяемый по формуле

$$q_p = [v_h] \cdot h_{HB} = 5 \cdot 6,22 = 31,1 \text{ м}^3/\text{с,} \quad (4.16)$$

где $[v_h]$ - допустимая скорость на рисберме, зависящая от грунтов (для скального основания $[v_h] = 5 \text{ м/с}$);

h_{HB} - глубина воды в нижнем бьефе, определяемая по кривой связи $\nabla HB = f(Q_{HB})$ при $Q_{\max, \text{р.осн.}}$.

Тогда ширина водосливного фронта составит

$$B = \frac{103,3}{38,88} = 2,66 \text{ м.}$$

Ширина водосливного фронта B должна быть целым числом, поэтому полученное значение округляют в большую сторону и, кроме того, $B = b \cdot n$; где b - ширина пролета, принимаемая в соответствии с техническим регламентом заводов – изготавителей гидромеханического оборудования;

n - число пролетов.

Принимаем водослив с 1 пролетом и шириной 3 метра. Тогда

$$B = 3 \cdot 1 = 3 \text{ м.} \quad (4.17)$$

4.3.2 Определение отметки гребня водослива

Основным профилем оголовка водосливных плотин всех классов является профиль криволинейного очертания, работающий в безвакуумном режиме при пропуске расхода основного расчетного случая.

По основной формуле расхода для водосливов всех типов методом последовательных приближений определяют напор на гребне водослива, сначала без учета сжатия и подтопления – H_{01} , а затем с учетом сжатия и подтопления – H_{02} .

Напор на гребне водослива без учета сжатия и подтопления определяется по формуле

$$H_{01} = \left(\frac{Q_p}{m \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \right)^{\frac{2}{3}}; \quad (4.18)$$

где $m=0,49$ – коэффициент расхода, зависящий от формы оголовка водослива практического профиля [10, раздел 6-4].

Тогда напор без учета сжатия и подтопления будет

$$H_{01} = \left(\frac{103,3}{0,49 \cdot 3 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \right)^{\frac{2}{3}} = 6,31 \text{ м.}$$

Напор на гребне водослива с учетом сжатия и подтопления определяется по формуле

$$H_{02} = \left(\frac{Q_p}{m \cdot \varepsilon \cdot \sigma_n \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (4.19)$$

где $\sigma_n = 1$ – коэффициент подтопления [10, раздел 6-3];

ε – коэффициент бокового сжатия, зависящий от условий входа, определяется по формуле

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \cdot \frac{\xi_y + (n-1) \cdot \xi_0}{n} \cdot \frac{H_{01}}{b}, \quad (4.20)$$

где b и n – соответственно ширина и число пролетов;

$\xi_y = 0,7$ – коэффициент формы боковых устоев;

$\xi_0 = 0,45$ – коэффициент, зависящий от расположения быка в плане a и от формы верховой грани быка [10, таблицы 6-8, 6-9].

Тогда напор с учетом сжатия и подтопления будет

$$H_{02} = \left(\frac{103,3}{0,49 \cdot 0,71 \cdot 1 \cdot 3 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \right)^{\frac{2}{3}} = 7,93 \text{ м.}$$

Геометрический напор на гребне водослива без учета скорости подхода потока к водосливу V_0 определяется по формуле

$$H = H_{02} - \frac{\alpha V_0^2}{2g}, \quad (4.21)$$

где V_0 - скорость подхода потока к водосливу, определяемая по формуле

$$V_0 = \frac{Q_p}{(\nabla HPU - \nabla DNA) \cdot (B + (n-1) \cdot \delta_\delta)}, \quad (4.22)$$

где B - ширина водосбросного фронта;

δ_δ - толщина разрезного быка.

Толщина неразрезного быка определяется по рекомендациям Березинского А.Р.[9]:

$$\delta_\delta = 0,3 \cdot b = 0,3 \cdot 3 = 1 \text{ м.} \quad (4.23)$$

При разрезке быка его толщина увеличивается на 1 метр.

$$\delta_\delta = 1 + 1 = 2 \text{ м.} \quad (4.24)$$

$$V_0 = \frac{103,3}{(1851,18 - 1830)(3 + (1-1) \cdot 2)} = 1,63 \text{ м/с.}$$

Тогда геометрический напор составит

$$H = 7,93 - \frac{1,1 \cdot 1,63^2}{2 \cdot 9,81} = 7,78 \text{ м.}$$

Приводится к стандартному напору $H_{cm} = 8 \text{ м.}$, назначаемому путем округления расчетного геометрического напора в большую сторону до ближайшего значения, соответствующего техническому регламенту.

Отметка гребня водослива определяется по формуле

$$\nabla ГВ = \nabla НПУ - H_{cm} = 1851,18 - 8 = 1843,18 \text{ м.} \quad (4.25)$$

Отметка гребня быка бетонной водосливной плотины определяется по формуле

$$\nabla ГБ = \nabla ГВ + 1,6 \cdot H_{cm} = 1843,18 + 1,6 \cdot 8 = 1855,98 \text{ м.} \quad (4.26)$$

Устанавливается проектную отметку гребня плотины напорного фронта наибольшая из: $\nabla ГБП = 1852,22 \text{ м}$, $\nabla ГБ = 1855,98 \text{ м}$.

За отметку плотины принимаем $\nabla ГБ = 1855,98 \text{ м}$.

4.3.3 Построение оголовка водослива по Кригер-Офицерову

Очертание оголовка строится по координатам Кригера-Офицерова, где координаты, представленные в [10, табл. 6-12], перемножаются на $H_{cm} = 8 \text{ м}$.

Вычисленные координаты для построения оголовка водосливной грани представлены в таблице 4.1. Оголовок водосливной грани представлен на рисунке 4.1.

Таблица 4.1 – Координаты для построения оголовка водосливной грани

Координаты		Координаты для построения	
x	y	x·Нст	y·Нст
0,000	0,126	0,000	1,008
0,100	0,036	0,800	0,288
0,200	0,007	1,600	0,056
0,300	0,000	2,400	0,000
0,400	0,006	3,200	0,048
0,500	0,027	4,000	0,216
0,600	0,060	4,800	0,480
0,700	0,100	5,600	0,800
0,800	0,146	6,400	1,168
0,900	0,198	7,200	1,584
1,000	0,256	8,000	2,048
1,100	0,321	8,800	2,568
1,200	0,394	9,600	3,152
1,300	0,475	10,400	3,800
1,400	0,564	11,200	4,512
1,500	0,661	12,000	5,288
1,600	0,764	12,800	6,112
1,700	0,873	13,600	6,984
1,800	0,987	14,400	7,896
1,900	1,108	15,200	8,864

Окончание таблицы 4.1

Координаты		Координаты для построения	
x	y	x·Нст	y·Нст
2,000	1,235	16,000	9,880
2,100	1,369	16,800	10,952
2,200	1,508	17,600	12,064
2,300	1,653	18,400	13,224
2,400	1,894	19,680	15,152
2,500	1,960	20,000	15,680
2,600	2,122	20,800	16,976
2,700	2,289	21,600	18,312
2,800	2,462	22,400	19,696
2,900	2,640	23,200	21,120
3,000	2,824	24,000	22,592
3,100	3,013	24,800	24,104
3,200	3,207	25,600	25,656
3,300	3,405	26,400	27,240
3,400	3,609	27,200	28,872
3,500	3,818	28,000	30,544
3,600	4,031	28,800	32,248
3,700	4,249	29,600	33,992
3,800	4,471	30,400	35,768
3,900	4,698	31,200	37,584
4,000	4,930	32,000	39,440

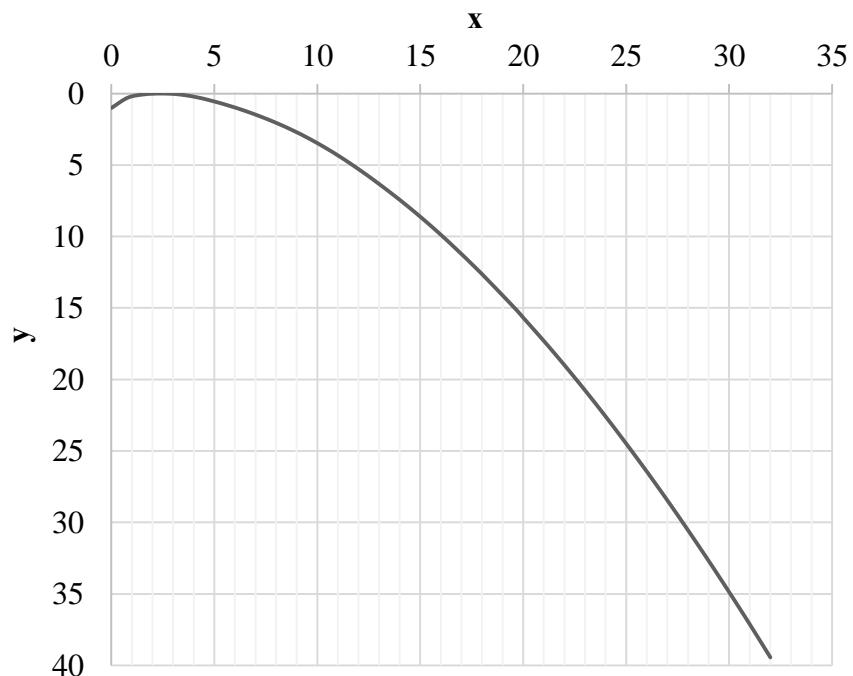


Рисунок 4.1 – Оголовок водосливной грани

Кроме того, для дальнейших построений по [10, табл. 6-14], в зависимости от высоты плотины и напора на водосливе определяется радиус сопряжения по формуле

$$R = (0,2 - 0,5) \cdot (p_e + H_{cm}) = 0,3 \cdot (13,18 + 8) = 6,35 \text{ м}, \quad (4.27)$$

где p_e - высота плотины с верхнего бьефа, определяемой по формуле

$$p_e = \nabla HPU - \nabla DNA - H_{cm} = 1851,18 - 1830 - 8 = 13,18 \text{ м}. \quad (4.28)$$

4.3.4 Расчет сопряжения потока в нижнем бьефе

Определяется тип гидравлического прямка за водосливом.

Вычисляется критическая глубина потока при полном открытии всех отверстий по формуле

$$h_{kp} = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot Q_p^2}{(B + (n-1) \cdot \delta_o)^2 \cdot g}}, \quad (4.29)$$

где α - коэффициент Кориолиса, равный 1,1.

Тогда критическая глубина потока будет равна

$$h_{kp} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot 103,3^2}{(3 + (1-1) \cdot 2)^2 \cdot 9,81}} = 2,9 \text{ м.}$$

Вычисляется полная удельная энергия в сечении перед водосливом по формуле

$$T_0 = \nabla HPU - \nabla DNA = 1851,18 - 1830 = 21,18 \text{ м.} \quad (4.30)$$

Вычисляется отношение $\xi_{T_0} = \frac{T_0}{h_{kp}}$ и определяется значение коэффициента скорости φ в зависимости от длины сливной грани.

$$\xi_{T_0} = \frac{T_0}{h_{kp}} = \frac{21,18}{2,9} = 7,3. \quad (4.31)$$

По графику М.Д. Черткоусова [10, рис. 9-55] в зависимости от коэффициента скорости $\varphi = 0,95$ и ξ_{T_0} определяем ξ_c и ξ_c'' .

$$\xi_c = 0,285; \quad \xi_c'' = 2,57.$$

Вычисляются сопряженные глубины по формулам

$$h'_c = \xi_c \cdot h_{kp} = 0,285 \cdot 2,9 = 0,82 \text{ м}; \quad (4.32)$$

$$h''_c = \xi_c'' \cdot h_{kp} = 2,57 \cdot 2,9 = 7,45 \text{ м}. \quad (4.33)$$

Определим тип прыжка.

Так как $h''_c = 7,45 \text{ м} > h_{HB} = 6,22 \text{ м}$ имеем отогнанный прыжок.

Отогнанный прыжок за плотиной не допускается, поэтому необходимо проектировать сопряжение бьефов по типу затопленного прыжка.

Для этого необходимо создать в нижнем бьефе соответствующую глубину или погасить часть избыточной энергии с помощью гасителей энергии. Применим гашение избыточной энергии с помощью водобойной стенки.

4.4 Конструктивные элементы нижнего бьефа

4.4.1 Расчет водобойной стенки

Первоначально расчет высоты водобойной стенки проводим, рассматривая стенку как неподтопленный водослив практического профиля, и определятся по формуле

$$h_{cm} = \sigma \cdot h''_c - H_{cm}, \quad (4.34)$$

где $\sigma = 1,1$ - коэффициент запаса [11];

H_{cm} - геометрический напор (без учета скорости подхода) над водобойной стенкой, определяемый по формуле

$$H_{cm} = \left(\frac{q}{m \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \right)^{2/3} - \frac{\alpha \cdot q^2}{2 \cdot q \cdot (\sigma \cdot h''_c)^2}, \quad (4.35)$$

где $m = 0,42$ – коэффициент расхода для водобойной стенки прямоугольного профиля;

q - удельный расход на водобое, определяемый по формуле

$$q = \frac{Q_p}{B + (n-1) \cdot \delta_\delta} = \frac{103,3}{3 + (1-1) \cdot 2} = 34,43 \text{ м}^2/\text{с}. \quad (4.36)$$

Тогда геометрический напор над водобойной стенкой будет

$$H_{cm} = \left(\frac{34,43}{0,42 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \right)^{2/3} - \frac{1,1 \cdot 34,43^2}{2 \cdot 34,43 \cdot (1,1 \cdot 7,45)^2} = 6,71 \text{ м.}$$

Высота водобойной стенки составит

$$h_{cm} = 1,1 \cdot 7,45 - 6,71 = 1,49 \text{ м.}$$

Схема к расчету водобойной стенки представлена на рисунке 4.2.

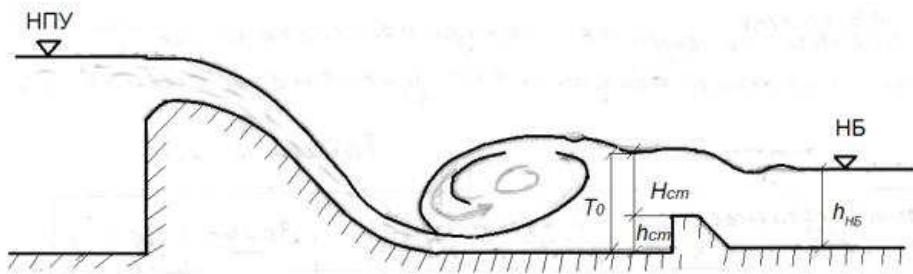


Рисунок 4.2 – Схема к расчёту водобойной стенки

После определения высоты стенки h_{cm} необходимо проверить условие сопряжения бьефов за стенкой:

Принимаем полную удельную энергию перед стенкой равной

$$T_0 = h_{cm} + H_{cm} = 1,49 + 6,71 = 8,2 \text{ м.} \quad (4.37)$$

Вычисляется отношение по формуле (4.31)

$$\xi_{T_0} = \frac{T_0}{h_{kp}} = \frac{8,2}{2,9} = 2,83.$$

Аналогично предыдущему расчёту по [10] определяются:

$$\xi_c = 0,5; \quad \xi_c' = 1,6.$$

Вычисляются сопряженные глубины по формулам (4.32) и (4.33)

$$h'_c = \xi_c \cdot h_{kp} = 0,5 \cdot 2,9 = 1,45 \text{ м;} \quad$$

$$h_c'' = \xi_c'' \cdot h_{kp} = 1,6 \cdot 2,9 = 4,64 \text{ м.}$$

Так как $h_c'' = 4,64 \text{ м} < h_{HB} = 6,22 \text{ м}$ за стенкой образуется затопленный прыжок, чего и требовалось добиться.

Определяется толщина водобойной плиты по формуле

$$\delta_e = 0,15 \cdot V_c \cdot \sqrt{h_c'}, \quad (4.38)$$

где V_c - скорость в сжатом сечении, определяемая по формуле

$$V_c = \frac{q}{h_c'} = \frac{34,43}{1,45} = 23,74 \text{ м/с.} \quad (4.39)$$

Тогда толщина водобойной плиты будет

$$\delta_e = 0,15 \cdot 23,74 \cdot \sqrt{1,45} = 4,29 \text{ м.}$$

Принимаем толщину водобойной плиты $\delta_e = 5 \text{ м.}$

Определяется длина водобоя по формуле

$$l_e = (0,75 - 1) \cdot l_{np} = 1 \cdot 18,42 = 18,42 \text{ м,} \quad (4.40)$$

где l_{np} - длина гидравлического прыжка, определяемая по формуле

$$l_{np} = 2,5 \cdot (1,9 \cdot h'' - h_c') = 2,5 \cdot (1,9 \cdot 4,64 - 1,45) = 18,42 \text{ м.} \quad (4.41)$$

Плиту водобоя проверяют на всплытие. Устойчивость плиты водобоя на всплытие определяется условием

$$K_{ecn} = \frac{(\rho_b - \rho_w) \cdot \delta_b \cdot l_b \cdot g}{(W_d + W_n + W_\Phi) \cdot \gamma_{lc}} \geq \gamma_n, \quad (4.42)$$

где $\gamma_{lc} = 1$ – коэффициент сочетания нагрузок [10];

$\gamma_n = 1,20$ – коэффициент надежности по ответственности сооружения [10];

W_Φ – фильтрационное противодавление, определяемое по формуле

$$W_\Phi = 0,05 \cdot (T - h_c'') \cdot l \cdot \rho_w \cdot g \cdot 0,5, \quad (4.43)$$

где l – расстояние от сжатого сечения до рисбермы;

T – превышение уровня верхнего бьефа над поверхностью водобоя $\nabla_{\text{ПВ}}$, определяемое по формуле

$$T = \nabla_{\text{НПУ}} - \nabla_{\text{ПВ}} = 1851,18 - 1825 = 26,18 \text{ м.} \quad (4.44)$$

$$W_{\phi} = 0,05 \cdot (26,18 - 4,64) \cdot 19 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 109691 \text{ Па;}$$

W_{Δ} – дефицит давления, определяемый по формуле

$$W_{\Delta} = \frac{1}{2} \cdot t_1 \cdot g \cdot \rho_w \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 2,07 \cdot 9,81 \cdot 1000 \cdot 19 = 192914 \text{ Па,} \quad (4.45)$$

$$\text{где } t_1 = (0,6 \div 0,7) \cdot (h_c'' - h_c') = 0,65 \cdot (4,64 - 1,45) = 2,07 \text{ м;} \quad (4.46)$$

W_n – пульсационная вертикальная динамическая нагрузка, определяемая по формуле

$$W_n = \frac{\alpha \cdot V_c^2 \cdot \rho_w}{2} \cdot (\omega_{\otimes}^B) = \frac{0,06 \cdot 23,74^2 \cdot 1000}{2} \cdot 5 = 84538,1 \text{ Па;} \quad (4.47)$$

где ω_{\otimes}^B – площадь миделева сечения плиты водобоя,

$$\alpha = 0,05 \div 0,07.$$

Тогда коэффициент всплытия:

$$K_{ecn} = \frac{(\rho_b - \rho_w) \cdot \delta_b \cdot l_b \cdot g}{(W_{\Delta} + W_n + W_{\phi}) \cdot \gamma_{lc}} = \frac{(2400 - 1000) \cdot 5 \cdot 19 \cdot 9,81}{(192914 + 84538,1 + 109691) \cdot 1} = 3,37.$$

Проверим условие устойчивости плиты водобоя на всплытие по формуле (4.42)

$$K_{ecn} = 3,37 \geq \gamma_n = 1,20.$$

Условие выполняется, тогда принимаем $l_e = 19 \text{ м}$ и $\delta_e = 5 \text{ м}$ в целях удобства проведения строительных работ.

4.4.2 Рисберма

За стенкой устраиваем рисберму – участок, предназначенный для успокоения и рассеяния потока. По течению крепление облегчается за счет

уменьшения толщины плит. Плиты бетонируют на месте, выполняют их квадратами размером 3 м.

Определяется длина рисбермы по формуле

$$l_p = 0,5 \cdot l_e = 0,5 \cdot 19 = 9,5 \text{ м.} \quad (4.48)$$

Определяется толщина рисбермы по формуле

$$\delta_p = 0,5 \cdot \delta_e = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ м.} \quad (4.49)$$

4.5 Конструирование бетонной плотины

4.5.1 Определение ширины подошвы плотины

Оптимальным теоретическим профилем гравитационной плотины на скальном основании является прямоугольный треугольник с вершиной на отметке НПУ.

Экономичная плотина на скальном основании, характеризуемом относительно высоким коэффициентом сопротивления сдвигу, отвечает условию прочности и устойчивости при условии:

$$B_n = (0,7 - 0,8) \cdot h = 0,8 \cdot 26,18 = 21 \text{ м,} \quad (4.50)$$

где h - высота плотины, определяемая по формуле

$$h = \nabla HPU - \nabla nod = 1851,18 - 1825 = 26,18 \text{ м,} \quad (4.51)$$

где ∇nod - отметка подошвы плотины, определяемая по формуле

$$\nabla nod = \nabla dna - \delta_e = 1830 - 5 = 1825 \text{ м,} \quad (4.52)$$

где $\delta_e = 5 \text{ м}$ - толщина водобойной плиты.

4.5.2 Разрезка бетонной плотины швами

В данной работе бетонная водосливная плотина выполнена в виде одной секции шириной, рассчитываемой по формуле

$$B_{oc} = b + \delta_e = 3 + 2 = 5 \text{ м,} \quad (4.53)$$

где $b = 3 \text{ м}$ - ширина пролета водосливной плотины;

$\delta_b = 2$ м - толщина быка.

Секции бетонных глухих левобережной и правобережной плотин конструктивно принимаем 10 м.

4.5.3 Быки

На водосливе устраивают быки для деления водосливного фронта на пролеты и для установки затворов. Быки будут выдвинуты в верхний бьеф для установки крана и организации площадки хранения ремонтных затворов.

Оголовок быка принимаем обтекаемым с формой для обеспечения плавного входа воды в водосбросное отверстие с минимальным сжатием потока.

В связи с тем, что бык разрезной принимаем толщину быка $\delta_b = 2$ м.

Длина и ширина паза ремонтного затвора: $a = c = 0,6$ м.

Ширина паза t рабочего затвора принята равной 1 метру [15, с.27].

Между аварийно-ремонтным и рабочим затворами составляет 1 м.

4.5.4 Галереи в теле плотины

Имеем 1 галерею, предназначенную для цементационной завесы.

Продольную галерею спроектируем на расстоянии 2 метров от напорной грани.

Размеры галереи принимаем шириной 3 м и высотой 3,5 м.

4.5.5 Ширина плотины по гребню

Ширина плотины по гребню включает ширину проезжей части, место для козлового крана и пешеходной дорожки. Проезжая часть принимается шириной 3,5 м. Ширина пешеходной дорожки 1,5 м. Ширина путей козлового крана 6 м. Расстояние между путями козлового крана и верховой гранью быка принимается 1 м. Таким образом, ширина плотины по гребню принимается равной 12 м.

4.6 Элементы подземного контура плотины

В основании плотины, стоящей на скале, устраиваем цементационную завесу и вертикальный дренаж для уменьшения фильтрационного давления. Противофильтрационные завесы устраиваем под подошвой плотины с верховой стороны.

Расстояние от напорной грани до оси цементационной завесы определяется по формуле

$$l_s = (0,05 \div 0,1) \cdot B_n = 0,1 \cdot 21 = 2,1 \text{ м}, \quad (4.54)$$

где $B = 21$ м - ширина подошвы плотины.

Принимаем $l_s = 3$ м.

Глубина цементационной завесы определяется по формуле

$$h_{зас} = (0,5 \div 0,8) \cdot H_{\max} = 0,6 \cdot 21,18 = 12,7 \text{ м}, \quad (4.55)$$

где $H_{\max} = \nabla H \Pi U - \nabla дна = 1851,18 - 1830 = 21,18$ м.

Принимаем $h_{зас} = 13$ м.

Глубина дренажа определяется по формуле

$$h_{op} = (0,5 \div 0,7) \cdot h_{зас} = 0,6 \cdot 12,7 = 7,62 \text{ м}. \quad (4.56)$$

Принимаем: $h_{op} = 8$ м.

Дренаж выполним в виде наклонной в сторону нижнего бьефа скважины диаметром 0,2 м. с шагом 2 м.

Определяется толщина цементационной завесы по формуле

$$\delta_{зас} = \frac{\Delta H \cdot \gamma_n}{J_{kp}} = \frac{8,47 \cdot 1,20}{15} = 0,68 \text{ м} = 1 \text{ м}, \quad (4.57)$$

где ΔH – напор, действующий на завесу, определяемый по формуле

$$\Delta H = 0,4 \cdot H_d = 0,4 \cdot 21,18 = 8,47 \text{ м}; \quad (4.58)$$

$J_{kp} = 15$ – критический градиент напора на скальном основании;

$\gamma_n = 1,20$ – коэффициент надежности по ответственности сооружения.

4.7 Определение основных нагрузок на плотину

Первый расчетный случай – нормальный эксплуатационный при НПУ в верхнем бьефе и минимальном уровне нижнего бьефа (при $Q_{сан}$). Второй расчетный случай – особое сочетание нагрузок при ФПУ в верхнем бьефе и максимальном уровне в нижнем бьефе (при $Q_{поп}$).

4.7.1 Вес плотины, быка и затворов

Вес 1 п.м. водосливной части плотины определяется по формуле

$$G_{n\pi} = \frac{S_{n\pi} \cdot b \cdot g \cdot \rho_6}{b + \delta_6} = \frac{237 \cdot 3 \cdot 9,81 \cdot 2400}{3 + 2} = 3348 \text{ кН}, \quad (4.59)$$

где $S_{n\pi} = 237 \text{ м}^2$ – площадь поперечного сечения плотины, определенная в программе AutoCad;

$b=3 \text{ м}$ – ширина пролета;

$\delta_6=2 \text{ м}$ – толщина быка;

$\rho_6=2400 \text{ кг/м}^3$ – плотность бетона.

Определяется вес быка по формуле

$$G_6 = \frac{S_6 \cdot \delta_6 \cdot g \cdot \rho_6}{b + \delta_6} = \frac{400 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 2400}{3 + 2} = 3767,04 \text{ кН/м}, \quad (4.60)$$

где S_6 – площадь поперечного сечения быка, определяется по AutoCad:
 $S_6 = 400 \text{ м}^2$.

Вес плоского затвора определяется по формуле А.Р. Березинского

$$Q_3 \approx 0,055 \cdot f \cdot \sqrt{f \cdot g} \approx 0,055 \cdot 32,52 \cdot \sqrt{32,52 \cdot 9,81} \approx 10,06 \text{ кН}. \quad (4.61)$$

где f – площадь затвора, определяемая по формуле

$$f = (\nabla \Phi \Pi U - \nabla \Gamma B + 0,5) \cdot b = (1853,52 - 1843,18 + 0,5) \cdot 3 = 32,52 \text{ м}^2. \quad (4.62)$$

Вес затвора приводится к 1 п. м. длины секции по формуле

$$q_3 = \frac{Q_3}{b + \delta_6} = \frac{100,06}{3 + 2} = 20,01 \text{ кН/м}. \quad (4.63)$$

Величина силы давления на затвор находится по формуле

$$P_3 = q_w \cdot g \cdot (\nabla H \Pi U - \nabla \Gamma B) \cdot 0,5 \cdot b, \quad (4.64)$$

$$P_3 = 1000 \cdot 9,81 \cdot (1851,18 - 1843,18) \cdot 0,5 \cdot 3 = 117,72 \text{ кН}.$$

4.7.2 Сила гидростатического давления

Горизонтальная составляющая силы гидростатического давления воды:

1) Для основного сочетания нагрузок

- со стороны верхнего бьефа определяется по формуле

$$T_e = \frac{\rho_e \cdot g \cdot h_1^2}{2} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 26,18^2}{2} = 3361,85 \text{ кН/м}, \quad (4.65)$$

где $h_1 = \nabla H \Pi Y - \nabla nod = 1851,18 - 1825 = 26,18 \text{ м.}$ (4.66)

- со стороны нижнего бьефа определяется по формуле

$$T_h = \frac{\rho_e \cdot g \cdot h_2^2}{2} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 8,32^2}{2} = 339,54 \text{ кН/м}, \quad (4.67)$$

где $h_2 = \nabla Y H B_{\min} - \nabla nod = 1833,32 - 1825 = 8,32 \text{ м.}$ (4.68)

2) Для особого сочетания нагрузок:

- со стороны верхнего бьефа определяется по формуле

$$T'_e = \frac{\rho_e \cdot g \cdot h_1'^2}{2} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 28,52^2}{2} = 3989,68 \text{ кН/м}, \quad (4.69)$$

где $h_1' = \nabla \Phi \Pi Y - \nabla nod = 1853,52 - 1825 = 28,52 \text{ м.}$ (4.70)

- со стороны нижнего бьефа определяется по формуле

$$T'_h = \frac{\rho_e \cdot g \cdot h_2'^2}{2} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 11,57^2}{2} = 656,61 \text{ кН/м}, \quad (4.71)$$

где $h_2' = \nabla Y H B_{\max} - \nabla nod = 1836,57 - 1825 = 11,57 \text{ м.}$ (4.72)

4.7.3 Сила взвешивающего давления

Эпюры взвешивающего давления при плоской подошве плотины представляет собой прямоугольник с высотой равной давлению столба воды от уровня нижнего бьефа до отметки подошвы:

$$\begin{aligned} p_{\text{взв}} &= \rho_w \cdot g \cdot h_1 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 8,32 = 81,62 \text{ кН/м}^2, \\ p'_{\text{взв}} &= \rho_w \cdot g \cdot h_1' = 1000 \cdot 9,81 \cdot 11,57 = 113,5 \text{ кН/м}^2, \end{aligned} \quad (4.73)$$

где $h_1 = \nabla Y H B_{\min} - \nabla под = 1833,32 - 1825 = 8,32 \text{ м,}$
 $h_1' = \nabla Y H B_{\max} - \nabla под = 1836,57 - 1825 = 11,57 \text{ м.}$ (4.74)

Площади взвешивающего давления: для основного расчетного случая - $S_{\text{бз}} = 174,72 \text{ м}^2$, для поверочного- $S'_{\text{бз}} = 242,97 \text{ м}^2$.

Определим силу взвешивающего давления для основного сочетания нагрузок по формуле

$$W_{\text{вз}} = S_{\text{ЭП}} \cdot g \cdot \rho_w = 174,72 \cdot 9,81 \cdot 1000 = 1714 \text{ кН/м}. \quad (4.75)$$

Определим силу взвешивающего давления для особого сочетания нагрузок по формуле

$$W'_{\text{вз}} = S'_{\text{ЭП}} \cdot g \cdot \rho_w = 242,97 \cdot 9,81 \cdot 1000 = 2383,54 \text{ кН/м}. \quad (4.76)$$

4.7.4 Сила фильтрационного давления

Как правило, подземный контур плотин на скальном основании состоит из глубокой цементационной завесы и скважинного дренажа за ней. В СНиП [8, таблица 5, черт. 7] в представлены приведенные к действующему напору H_d значения напора по оси цемавесы H_{as} и дренажа H_{dr} при основном и особом сочетании нагрузок, при нормальной работе противофильтрационных и дренажных устройств и в случае нарушения их нормальной работы.

Для основного расчетного случая:

$$H_d = \nabla H \Pi Y - \nabla Y H B_{\min} = 1851,18 - 1833,32 = 17,86 \text{ м}. \quad (4.77)$$

$$H_{as} = 0,4 \cdot H_d = 0,4 \cdot 17,86 = 7,14 \text{ м}. \quad (4.78)$$

$$H_{dr} = 0,15 \cdot H_d = 0,15 \cdot 17,86 = 2,68 \text{ м}. \quad (4.79)$$

Для особого сочетания нагрузок:

$$H_d = \nabla \Phi \Pi Y - \nabla Y H B_{\max} = 1853,52 - 1836,57 = 16,95 \text{ м}. \quad (4.80)$$

$$H_{as} = 0,4 \cdot H_d = 0,4 \cdot 16,95 = 6,78 \text{ м}.$$

$$H_{dr} = 0,15 \cdot H_d = 0,15 \cdot 16,95 = 2,54 \text{ м}.$$

Площади фильтрационного давления: для основного расчетного случая - $S_\phi = 72,56 \text{ м}^2$, для поверочного - $S'_\phi = 68,84 \text{ м}^2$.

Определим силу фильтрационного давления для основного сочетания нагрузок по формуле

$$W_{\phi} = S_{\phi} \cdot g \cdot \rho_w = 72,56 \cdot 9,81 \cdot 1000 = 711,81 \text{ кН/м.} \quad (4.81)$$

Определим силу фильтрационного давления для особого сочетания нагрузок по формуле

$$W'_{\phi} = S'_{\phi} \cdot g \cdot \rho_w = 68,84 \cdot 9,81 \cdot 1000 = 675,32 \text{ кН/м.} \quad (4.82)$$

4.7.5 Волновое давление

Определяется равнодействующую волнового давления по формуле А.Л. Можевитинова

$$W_{\text{волн}} = 0,5 \cdot \rho_w \cdot g \cdot h_{1\%} \cdot \left(\frac{\bar{\lambda}_d}{\pi} + \frac{h_0}{2} \right), \quad (4.83)$$

$$W_{\text{волн}} = 0,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,304 \cdot \left(\frac{3,38}{3,14} + \frac{0,09}{2} \right) = 1,67 \text{ кН.}$$

$$\text{где } h_0 = \frac{\pi \cdot h_{1\%}^2}{\bar{\lambda}_d} = \frac{3,14 \cdot 0,304^2}{3,38} = 0,09 \text{ м.} \quad (4.84)$$

Линия действия равнодействующей $W_{\text{волн}}$ находится ниже расчетного уровня верхнего бьефа (НПУ) на величину:

$$y_c = \frac{\bar{\lambda}_d}{2 \cdot \pi} - \frac{3}{8} \cdot h_{1\%} = \frac{3,38}{2 \cdot 3,14} - \frac{3}{8} \cdot 0,304 = 0,42 \text{ м.} \quad (4.85)$$

Эпюра волнового давления представлена в виде треугольника, основание которого параллельно верховой грани плотины, одна вершина треугольника, лежащая на основании, расположена на расстоянии:

$$1,1 \cdot h_{1\%} = 1,1 \cdot 0,304 = 0,3344 \text{ м} = 0,4 \text{ м над НПУ;}$$

$$8 \cdot h_{1\%} = 8 \cdot 0,304 = 2,4 \text{ м под НПУ.}$$

Толщину эпюры треугольника волнового давления определим по формуле

$$a = \frac{W_{\text{волн}}}{\frac{1}{2} \cdot (1,1 \cdot h_{1\%} + 8 \cdot h_{1\%}) \cdot \gamma_n} = \frac{1,67}{\frac{1}{2} \cdot (0,4 + 2,4) \cdot 9,81} = 0,12 \text{ м.} \quad (4.86)$$

4.7.6 Давление грунта

Давление наносов на вертикальную грань можно определить по формуле

$$p_{\text{H}} = \gamma_{\text{H}} \cdot h_{\text{H}} \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\Phi_{\text{H}}}{2} \right) = 10 \cdot 1 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{20}{2} \right) = 10 \cdot 0,7^2 = 4,9 \text{ кН/м}^2, \quad (4.87)$$

где γ_{H} – удельный вес наносов во взвешенном состоянии (10 кН/м^3);

h_{H} – толщина слоя наносов (1 м);

$\Phi_{\text{H}} = 20^\circ$ – угол внутреннего трения наносов.

Равнодействующая давления наносов определяется по формуле

$$E_{\text{H}} = \frac{p_{\text{H}} \cdot h_{\text{H}}}{2} = \frac{4,9 \cdot 1}{2} = 2,45 \text{ кН.} \quad (4.88)$$

Активное давление грунта основания со стороны верхнего бьефа определяется по формуле

$$p'_{\text{gp}} = \gamma_{\text{H}} \cdot h_{\text{H}} \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\Phi_{\text{gp}}}{2} \right) - 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\Phi_{\text{gp}}}{2} \right), \quad (4.89)$$

$$p'_{\text{gp}} = 10 \cdot 1 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{35}{2} \right) - 2 \cdot 70 \cdot \operatorname{tg} \left(45 - \frac{35}{2} \right) = 2,71 - 72,88 = -70,17 \text{ кН/м}^2.$$

В точке на нижней границе слоя грунта толщиной $h_{\text{gp}} = \nabla \text{дна} - \nabla \text{подошвы} = 1830 - 1825 = 5 \text{ м}$, где действуют и вес наносов, и вес грунта, давление равняется:

$$p''_{\text{gp}} = \left(\gamma_{\text{H}} \cdot h_{\text{H}} + \gamma_{\text{gp}}^{\text{B3B}} \cdot h_{\text{gp}} \right) \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\Phi_{\text{gp}}}{2} \right) - 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\Phi_{\text{gp}}}{2} \right), \quad (4.90)$$

где $\gamma_{\text{gp}}^{\text{B3B}}$ – удельный вес взвешенного грунта, определяемый по формуле

$$\gamma_{\text{gp}}^{\text{B3B}} = \gamma_{\text{gp}} - (1 - n_0) \cdot \gamma_w = 25 - (1 - 0,07) \cdot 10 = 15,7 \text{ кН/м}^3, \quad (4.91)$$

где γ_{gp} – удельный вес сухого грунта;

n_0 – пористость сухого грунта;

γ_w – удельный вес воды.

$$p_{\text{гр}}'' = (10 \cdot 1 + 15,7 \cdot 5) \cdot \tan^2(45 - \frac{35}{2}) - 2 \cdot 70 \cdot \tan\left(45 - \frac{35}{2}\right) = 84,67 - 136,94 = -52,27 \text{ кН/м}^2.$$

Исходя из вышеприведённого расчёта, активное давление грунта отсутствует.

4.8 Оценка прочности плотины

Расчет прочности бетонной плотины производится по методу предельных состояний первой группы. Для оценки прочности плотины вводятся критерии прочности. Таким образом, в результате расчета определяются напряжения в плотине, которые затем сравниваются с критериями прочности.

4.8.1 Определение напряжений

В расчете плотины сжимающие напряжения принимаются со знаком «-», а растягивающие – со знаком «+». Сбор всех нагрузок представлен в таблице 4.2. Точки приложения равнодействующих сил найдены в программе AutoCad.

Таблица 4.2 - Расчетные нагрузки на плотину

Обозначение силы	γ_f	Направление силы	Основной случай			Поверочный случай		
			Сила, кН	Плечо, м	Момент кН·м	Сила, кН	Плечо, м	Момент кН·м
T_b	1,0	→	3361,85	8,73	29349	3989,68	9,51	37941,9
T_h	1,0	←	339,54	2,77	-940,5	656,61	3,86	-2534,5
G_b	0,95	↓	3578,7	1,14	-4079,7	3578,7	1,14	-4079,7
$G_{пл}$	0,95	↓	3180,6	1,13	-3594,1	3180,6	1,13	-3594,1
$W_{взв}$	1,0	↑	1714	3,82	6547,5	2383,54	3,82	9105,12
W_ϕ	1,0	↑	711,81	2,3	1637,2	675,32	2,3	1553,24
E_h	1,2	→	2,94	5,33	15,7	2,94	5,83	17,14
$W_{волн}$	1,0	→	1,67	25,51	42,6	1,67	25,51	42,6
qз	0,9*	↓	18	6,31	-113,6	18	6,31	-113,6
			$\Sigma N=13009$		$\Sigma M=28864,1$	$\Sigma N=14487$		$\Sigma M=38338,1$

* В соответствии с СП 20.13330

Расчет краевых напряжений в горизонтальных сечениях плотины:

Для основного расчетного случая:

1) Для верховой грани:

$$\sigma_y^u = -\frac{N}{B_d} + \frac{6 \cdot \sum M}{B_d^2} = -\frac{13009}{21} + \frac{6 \cdot 28864,1}{21^2} = -226,77 \text{ кПа}, \quad (4.92)$$

где N – сумма вертикальных сил, действующих на плотину;
 M – сумма моментов всех сил, действующих на плотину;
 B_d – ширина подошвы плотины.

Нормальное напряжение по вертикальной площадке:

$$\sigma_x^u = \sigma_y^u \cdot m_u^2 - \gamma_e \cdot H_d^u \cdot (1 - m_u^2), \quad (4.93)$$

где $m_u = 0$, так как у водосливной плотины напорная грань вертикальна;

$$H_d^u = \nabla HPU - \nabla nod = 1851,18 - 1825 = 26,18 \text{ м.} \quad (4.94)$$

$$\sigma_x^u = -226,77 \cdot 0 - 10 \cdot 26,18 \cdot (1 - 0^2) = -261,8 \text{ кПа.}$$

Касательное напряжение по горизонтальной площадке, кПа:

$$\tau_{xy}^u = (\gamma_e \cdot H_d^u + \sigma_y^u) \cdot m_u = (10 \cdot 24,18 - 226,77) \cdot 0 = 0 \text{ кПа.} \quad (4.95)$$

Максимальное растягивающее главное напряжение:

$$\sigma_1^u = \sigma_y^u \cdot (1 + m_u^2) + \gamma_e \cdot H_d^u \cdot m_u^2 = -226,77 + 10 \cdot 26,18 \cdot 0 = -226,77 \text{ кПа.} \quad (4.96)$$

Максимальное сжимающее главное напряжение:

$$\sigma_3^u = -\gamma_e \cdot H_d^u = -10 \cdot 26,18 = -261,8 \text{ кПа.} \quad (4.97)$$

2) Для низовой грани:

Нормальное напряжение по вертикальной площадке:

$$\sigma_y^t = -\frac{N}{B_d} - \frac{6 \cdot \sum M}{B_d^2} = -\frac{13009}{21} - \frac{6 \cdot 28864,1}{21^2} = -1012,2 \text{ кПа.} \quad (4.98)$$

Нормальное напряжение по вертикальной площадке:

$$\sigma_x^t = \sigma_y^t \cdot m_t^2 - \gamma_e \cdot H_d^t \cdot (1 - m_t^2), \quad (4.99)$$

где $m_t = 0,7$ – заложение низовой грани;

$$H_d^t = \nabla YHB_{\min} - \nabla nod = 1833,32 - 185 = 8,32 \text{ м.} \quad (4.100)$$

$$\sigma_x^t = -1012,2 \cdot 0,7^2 - 10 \cdot 8,32 \cdot (1 - 0,7^2) = -538,41 \text{ кПа.}$$

Касательное напряжение по горизонтальной площадке:

$$\tau_{xy}^t = -(\gamma_e \cdot H_d^t + \sigma_y^t) \cdot m_t = -(10 \cdot 8,32 - 538,41) \cdot 0,7 = 318,65 \text{ кПа.} \quad (4.101)$$

Максимальное растягивающее главное напряжение:

$$\sigma_1^t = -\gamma_e \cdot H_d^t = -10 \cdot 8,32 = -83,2 \text{ кПа.} \quad (4.102)$$

Максимальное сжимающее главное напряжение:

$$\sigma_3^t = \sigma_y^t \cdot (1 + m_t^2) + \gamma_e \cdot H_d^t \cdot m_t^2; \quad (4.103)$$

Для особого сочетания нагрузок, формулы 4.92 – 4.103:

1) Для верховой грани:

$$\sigma_y^u = -\frac{N}{B_d} + \frac{6 \cdot \sum M}{B_d^2} = -\frac{14487}{21} + \frac{6 \cdot 38338,1}{21^2} = -168,25 \text{ кПа,}$$

Нормальное напряжение по вертикальной площадке:

$$\sigma_x^u = \sigma_y^u \cdot m_u^2 - \gamma_e \cdot H_d^u \cdot (1 - m_u^2),$$

где $m_u = 0$, так как у водосливной плотины напорная грань вертикальна;

$$H_d^u = \nabla \Phi \Pi U - \nabla nod = 1853,52 - 1825 = 28,52 \text{ м.}$$

$$\sigma_x^u = -168,25 \cdot 0 - 10 \cdot 28,52 \cdot (1 - 0^2) = -168,25 \text{ кПа.}$$

Касательное напряжение по горизонтальной площадке, кПа:

$$\tau_{xy}^u = (\gamma_e \cdot H_d^u + \sigma_y^u) \cdot m_u = (10 \cdot 28,52 - 168,25) \cdot 0 = 0 \text{ кПа.}$$

Максимальное растягивающее главное напряжение:

$$\sigma_1^u = \sigma_y^u \cdot (1 + m_u^2) + \gamma_e \cdot H_d^u \cdot m_u^2 = -168,25 + 10 \cdot 28,52 \cdot 0 = -168,25 \text{ кПа.}$$

Максимальное сжимающее главное напряжение:

$$\sigma_3^u = -\gamma_e \cdot H_d^u = -10 \cdot 28,52 = -285,2 \text{ кПа.}$$

2) Для низовой грани:

Нормальное напряжение по вертикальной площадке:

$$\sigma_y^t = -\frac{N}{B_d} - \frac{6 \cdot \sum M}{B_d^2} = -\frac{14487}{21} - \frac{6 \cdot 38338,1}{21^2} = -1211,46 \text{ кПа.}$$

Нормальное напряжение по вертикальной площадке:

$$\sigma_x^t = \sigma_y^t \cdot m_t^2 - \gamma_e \cdot H_d^t \cdot (1 - m_t^2),$$

где $m_t = 0,7$ – заложение низовой грани;

$$H_d^t = \nabla YHB_{\max} - \nabla nod = 1836,57 - 1825 = 11,57 \text{ м.}$$

$$\sigma_x^t = -1211,46 \cdot 0,7^2 - 10 \cdot 11,57 \cdot (1 - 0,7^2) = -652,62 \text{ кПа.}$$

Касательное напряжение по горизонтальной площадке:

$$\tau_{xy}^t = -(\gamma_e \cdot H_d^t + \sigma_y^t) \cdot m_t = -(10 \cdot 11,57 - 1211,46) \cdot 0,7 = 767 \text{ кПа.}$$

Максимальное растягивающее главное напряжение:

$$\sigma_1^t = -\gamma_e \cdot H_d^t = -10 \cdot 11,57 = -115,7 \text{ кПа.}$$

Максимальное сжимающее главное напряжение:

$$\sigma_3^t = \sigma_y^t \cdot (1 + m_t^2) + \gamma_e \cdot H_d^t \cdot m_t^2;$$

$$\sigma_3^t = -1211,46 \cdot (1 + 0,7^2) + 10 \cdot 11,57 \cdot 0,7^2 = -1748,4 \text{ кПа.}$$

4.8.2 Критерии прочности плотины

На данном этапе производится проверка расчетов напряжений для основного сочетания нагрузок исходя из следующих условий:

1) Во всех точках плотины:

$$\gamma_n \cdot \gamma_{lc} \cdot |\sigma_3| \leq \gamma_c \cdot R_b, \quad (4.104)$$

где $\gamma_n = 1,2$ – коэффициент надежности по назначению в зависимости от класса сооружения;

$\gamma_{lc} = 1,00$ – коэффициент сочетания нагрузок, для основного расчётного случая;

$\gamma_c = 0,9$ – коэффициент условий работы, для основного расчетного случая.

Основное сочетание нагрузок:

$$R_b \geq \frac{\gamma_n \cdot \gamma_{lc} \cdot |\sigma_3|}{\gamma_c} = \frac{1,2 \cdot 1 \cdot |-1467,41|}{0,9} = 1956,55 \text{ кН/м}^2. \quad (4.105)$$

Условие выполняется, т.к.:

$$1956,55 \text{ кН/м}^2 \leq 2800 \text{ кН/м}^2.$$

Исходя из данного условия принимается класс бетона В10 с учетом реальных напряжений в плотине и технических особенностей бетона с расчетным сопротивлением бетона на сжатие $R_b = 2800 \text{ кН/м}^2$, который необходимо уложить в зоне с максимальными сжимающими напряжениями.

2) На верховой грани не должно быть растягивающих напряжений:

$$\sigma_y^u < 0 \quad (4.106)$$

В данной работе $\sigma_y^u = -226,77 \text{ кПа}$, следовательно, условие выполняется.

3) В зоне верховой грани плотины:

$$|\sigma_y^u| \geq 0,25 \cdot \gamma_w \cdot H_d^u$$

$$|-226,77| \geq 0,25 \cdot 10 \cdot 26,18 \quad (4.107)$$

$$226,77 \text{ кН/м}^2 \geq 65,45 \text{ кН/м}^2.$$

Условие выполняется.

Особое сочетание нагрузок:

Условие выполняется, т.к.:

$$R_b \geq \frac{\gamma_n \cdot \gamma_{lc} \cdot |\sigma_3|}{\gamma_c} = \frac{1,2 \cdot 1 \cdot |-1748,4|}{0,9} = 2331,2 \text{ кН/м}^2.$$

$$2331,2 \text{ кН/м}^2 \leq 2800 \text{ кН/м}^2$$

Исходя из данного условия, предварительно принимается класс бетона В5 с расчетным сопротивлением бетона на сжатие $R_b = 2800 \text{ кН/м}^2$, который необходимо уложить в зоне с максимальными сжимающими напряжениями.

4) На верховой грани не должно быть растягивающих напряжений:

$$\sigma_y^u < 0$$

В данной работе $\sigma_y^u = -168,25 \text{ кПа}$, следовательно, условие выполняется.

5) В зоне верховой грани плотины:

$$|\sigma_y^u| \geq 0,25 \cdot \gamma_w \cdot H_d^u$$

$$|-168,25| \geq 0,25 \cdot 10 \cdot 28,52$$

$$168,25 \text{ кН/м}^2 \geq 71,30 \text{ кН/м}^2.$$

4.8.3 Обоснование устойчивости плотины

Устойчивость бетонных плотин на скальных основаниях определяется несущей способностью основания, в том числе его сопротивлением сдвигу сооружения. Плотина рассчитывается на сдвиг по первому предельному состоянию – по потере несущей способности.

При поступательной форме сдвига плотина будет устойчива, если выполняется условие:

$$\frac{R \cdot \gamma_{cd}}{F \cdot \gamma_{lc}} \geq \gamma_n, \quad (4.108)$$

где $\gamma_n = 1,2$ – коэффициент надежности по назначению в зависимости от класса сооружения;

$\gamma_{lc} = 1,00$ – коэффициент сочетания нагрузок, для основного расчётного случая;

$\gamma_{cd} = 0,95$ – коэффициент условий работы, для основного расчетного случая.

Основной расчетный случай:

$$R = (G_{\delta} + G_{n\pi} - W_{\text{взр}} - W_{\phi} + q_3) \cdot \operatorname{tg}\varphi + c \cdot B_n; \quad (4.109)$$

$$R = (3578,7 + 3180,6 - 1714 - 711,81 + 18) \cdot 0,6 + 70 \cdot 21 = 4081 \text{ кН/м.}$$

где $\operatorname{tg}\varphi$ – тангенс угла внутреннего трения скального грунта 0,6;

c – сцепление для грунта, 70 кН/м²;

B_n – ширина подошвы плотины 21 м.

Сдвигающая сила:

$$F = T_e - T_h + W_{\text{волн}} + E_h; \quad (4.110)$$

$$F = 3361,85 - 339,54 + 1,67 + 2,94 = 3027 \text{ кН/м.}$$

Таким образом, выполнено условие на сдвиг:

$$\frac{4081 \cdot 0,95}{3027 \cdot 1} = 1,28$$

$$1,28 > 1,2$$

Особое сочетание нагрузок:

$$R = (G_{\delta} + G_{n\pi} - W_{\text{взр}} - W_{\phi} + q_3) \cdot \operatorname{tg}\varphi + c \cdot B_n;$$

$$R = (3578,7 + 3180,6 - 2383,54 - 675,32 + 18) \cdot 0,6 + 70 \cdot 21 = 3701 \text{ кН/м.}$$

Сдвигающая сила:

$$F = T_e - T_h + W_{\text{волн}} + E_h = 3989,68 - 656,61 + 1,67 + 2,94 = 3338 \text{ кН/м.}$$

Таким образом, выполнено условие на сдвиг:

$$\frac{3701 \cdot 0,95}{3338 \cdot 1} = 1,25$$

$$1,25 > 1,2$$

Расчётное значение коэффициента надёжности меньше 10% при особом сочетании нагрузок, что говорит о необходимом запасе сопротивления сдвигу (по потере несущей способности) плотины при экономичном использовании материалов на её возведение.

5 Организация и производство гидротехнических работ

5.1 Периоды и этапы строительства ГЭС

Строительство ГЭС осуществляется, как правило, в малоосвоенных регионах при отсутствии какой-либо жилой и производственной базы.

В целях устранения сокращения продолжительности строительства ГЭС строительными нормами и правилами регламентируется выполнение работ на таких сооружениях в три периода.

Первый период – подготовительный. Его главной задачей является подготовка к ведению работ по основным сооружениям.

Второй период – основной. Главной задачей этого периода является возведение основных сооружений в объеме, необходимом для пуска объекта на полную мощность.

Третий период – заключительный. Главной задачей этого периода является подготовка и сдача объекта в постоянную эксплуатацию. В этот период заканчиваются все работы по объекту, не включенные во второй период, к моменту пуска объекта во временную эксплуатацию.

В основном периоде выделяем 3 этапа, связанных с очередностью возведения сооружений с учетом пропуска строительных расходов и наполнения водохранилища:

I этап – возведение сооружений, необходимых для перекрытия русла;

II этап – перекрытие русла;

III этап – наращивание сооружений до отметок, необходимых для начала наполнения водохранилища.

5.2 Компоновка Архызского гидроузла

Компоновка Архызского гидроузла – деривационная.

Напорный фронт верхнего гидроузла образует бетонная гравитационная плотина на скальном основании, состоящая из водосливной части, правобережной и левобережной глухих бетонных частей.

Пропуск эксплуатационного расхода производится правобережным тоннелем.

Компоновка головного гидроузла ГЭС – русловая [19]. Строительство сооружений предлагается выполнить в 2 очереди со стеснением русла.

Строительные работы начинаем с возведения временных сооружений – перемычек, отсыпкой их в воду.

Для того, чтобы обеспечить строительство сооружений, необходимых для перекрытия русла реки, требуется возвести перемычки, образующие правобережный котлован первой очереди.

5.3 I этап строительства – возведение сооружений, необходимых для перекрытия русла

Основные строительные работы I этапа:

- 1) Возведение верховой, продольной и низовой перемычек I очереди.
- 2) Откачка воды и водопонижение в котловане I очереди.
- 3) Выемка скальных грунтов с применением буровзрывных работ (БВР).
- 4) Бетонирование тела водосбросной плотины и глухой правобережной бетонной плотины.
- 5) Монтаж затворов для донных отверстий и необходимого на этом этапе гидромеханического оборудования водосливной плотины.

5.3.1 Гидравлический расчет пропуска строительных расходов I очереди через стесненное русло

5.3.1.1 Расход строительного периода

Для временных гидротехнических сооружений IV класса ежегодную вероятность расчетных максимальных расходов воды, при сроке эксплуатации до 10 лет, следует принимать равный 10% в соответствии с таблицей 2 [20]. Для перемычек, эксплуатируемых в период строительства, назначаем IV класса. $Q_{p10\%} = 175 \text{ м}^3/\text{с}$ тогда $\nabla YB_{Q_{10\%}} = 1835,92 \text{ м}$.

Скорость потока в сжатом русле определяется по формуле

$$V_{cжc} = \frac{Q_{10\%}}{\omega_{cжc}} = \frac{175}{189,4} = 0,9 \text{ м/с}, \quad (5.1)$$

где $\omega_{cжc}$ - площадь сечения сжатого русла, определяемая по формуле

$$\omega_{cжc} = B_{cжc} \cdot h_{cжc} = 32 \cdot 5,92 = 189,4 \text{ м}^2, \quad (5.2)$$

где $B_{cжc} = 32 \text{ м}$ - ширина сжатого русла, определяемая из условия

$$B_{cжc} = (40 \div 60\%) \cdot B_0 = 0,42 \cdot 76,52 = 32 \text{ м}, \quad (5.3)$$

где $B_0 = 76,52 \text{ м}$ - ширина русла реки;

$h_{cжc}$ - высота сжатого русла, определяемая по формуле

$$h_{cжc} = \nabla YB_{Q_{10\%}} - \nabla ДНА = 1835,92 - 1830 = 5,92 \text{ м}. \quad (5.4)$$

Допустимая неразмывающая скорость для гранита составляет $V_{don} = 18 \text{ м/с}$. Скорость в сжатом сечении не превышает допустимую, следовательно, размыва русла не происходит.

При сжатии русла перед верховой перемычкой образуется подпор, а между верховой перемычкой (ВП) и низовой перемычкой (НП) образуется перепад $Z_{расч}$, определяемый по формуле

$$Z_{расч} = \frac{V_{cжc}^2}{2 \cdot \varphi^2 \cdot g} - \frac{V_0^2}{2 \cdot g}, \quad (5.5)$$

где $\varphi = 0,8$ - коэффициент скорости;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения;

V_0 - скорость течения в естественном русле с учетом подпора, определяемая по формуле

$$V_0 = \frac{Q_{10\%}}{\omega_0}, \quad (5.6)$$

где ω_0 - живое сечение реки перед ВП с учетом подпора расчетным перепадом $Z_{прин}$, определяемое по формуле

$$\omega_0 = B_0 \cdot (h_0 + Z_{прин}), \quad (5.7)$$

где $B_0 = 76,52 \text{ м}$ - ширина русла реки;

h_0 - глубина воды в русле реки, определяемая по формуле

$$h_0 = \nabla Y B_{Q_{10\%}} - \nabla ДНА = 1835,92 - 1830 = 5,92 \text{ м}. \quad (5.8)$$

Все возможные рассчитанные значения $Z_{расч}$ сводятся в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Рассчитанные значения перепада $Z_{расч}$

$Z_{прин}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1
V_0	0,37	0,36	0,35	0,34	0,33
ω_0	468,30	483,61	498,91	514,21	529,52
$Z_{расч}$	0,057	0,058	0,058	0,059	0,059

$Z_{расч}^{\max}$ принимаем равным 0,059 м.

Определяется гребень верховой перемычки первой очереди по формуле

$$\nabla \Gamma B \Pi_{I_{o\chi}(Q_{10\%})} = \nabla YB_{Q_{10\%}} + Z_{pacu}^{\max} + d = 1835,92 + 0,059 + 1,5 = 1837,48 \text{ м}, \quad (5.9)$$

где d - запас высоты гребня, определяемый по формуле

$$d = h_h + \Delta h + \alpha = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ м}, \quad (5.10)$$

где $h_h = 0,5 \text{ м}$ - высота наката ветровой волны на откос;

$\Delta h = 0,5 \text{ м}$ - высота ветрового нагона;

$h_h = 0,5 \text{ м}$ - запас.

Определяется гребень низовой перемычки первой очереди по формуле

$$\nabla \Gamma H \Pi_{I_{o\chi}(Q_{10\%})} = \nabla YB_{Q_{10\%}} + \alpha = 1835,92 + 0,5 = 1836,42 \text{ м}. \quad (5.11)$$

По плану определяем длины перемычек:

- верховой $L_b = 46,4 \text{ м}$;

- продольной $L_\pi = 75,8 \text{ м}$;

- низовой $L_h = 45,6 \text{ м}$.

5.3.2.1 Гидравлический расчет пропуска строительных расходов II очереди через донные отверстия

Определяется минимально допустимое количество донных отверстий из условия неразмываемости русла реки по формуле

$$n_{\min} = \frac{Q_{10\%}}{V_{don} \cdot h_\pi \cdot l} = \frac{175}{18 \cdot 5,92 \cdot 5} = 0,3 \text{ округляем} - 1 \text{ отверстие}, \quad (5.12)$$

где $h_\pi = 5,92 \text{ м}$ - глубина русла;

$l = 5 \text{ м}$ - ширина донного отверстия.

Назначаем размеры отверстия, исходя из конструкции бетонной водосливной плотины: 1 донное отверстие шириной 5 м и высотой 5 м.

Время перекрытия русла назначаем осеннюю межень, месяц ноябрь с расходом $116 \text{ м}^3/\text{с}$. Следовательно $Q_{nep} = 116 \text{ м}^3/\text{с}$ тогда $\nabla YB_{Q_{nep}} = 1834,92 \text{ м}$.

Определяется уровень верхнего бьефа при перекрытии русла по формуле

$$\nabla YB_B = \nabla YB_{Q_{nep}} + Z_{\max} = 1834,92 + 1 = 1835,92 \text{ м}, \quad (5.13)$$

где $Z_{\max} = 1 \text{ м}$ - перепад при перекрытии русла.

Определяется глубина воды в ВБ над порогом донного отверстия по формуле

$$H_{\Pi} = \left(\frac{Q_{nep}}{m \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{116}{0,33 \cdot 5 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \right)^{\frac{2}{3}} = 6,3 \text{ м}, \quad (5.14)$$

где $b = 5 \text{ м}$ - ширина донного отверстия;
 $m = 0,33$ - коэффициент расхода водослива.

Определяется отметку порога донного отверстия по формуле

$$\nabla \Pi \Delta O = \nabla YB_{Q_{nep}} - H_{\Pi} = 1835,92 - 6,3 = 1829,62 \text{ м} \approx 1830 \text{ м}. \quad (5.15)$$

$$\nabla \Pi \Delta O = 1830 \text{ м} = \nabla \Delta HA = 1830 \text{ м}.$$

Проверим пропускную способность донного отверстия на $Q_{p10\%}$.

Определяется отметку верха донного отверстия по формуле

$$\nabla V \Delta O = \nabla \Pi \Delta O + h_{om} = 1830 + 5 = 1835 \text{ м} < \nabla YB_{Q_{10\%}} = 1835,92 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (5.16)$$

Следовательно отверстие затопленное.

Определяется перепад Z_{Δ_0} по формуле

$$Z_{\Delta_0} = \frac{Q_{10\%}^2}{\mu^2 \cdot \omega_{\Delta_0}^2 \cdot 2 \cdot g} = \frac{175^2}{0,75^2 \cdot 25^2 \cdot 2 \cdot 9,81} = 4,4 \text{ м}, \quad (5.17)$$

$$\text{где } \omega_{\Delta_0} = \omega \cdot n = (5 \cdot 5) \cdot 1 = 25 \text{ м}^2 \text{ - площадь донного отверстия}; \quad (5.18)$$

μ - коэффициент расхода, определяемый по формуле

$$\mu = \frac{1}{1 + \xi_{ex} + \frac{2 \cdot g \cdot L}{C^2 \cdot R}} = \frac{1}{1 + 0,3 + \frac{2 \cdot 9,81 \cdot 12,3}{84,9^2 \cdot 1,25}} = 0,75, \quad (5.19)$$

где $\xi_{ex} = 0,3$ - потери на входе;
 $L = 12,3 \text{ м}$ - длина донного отверстия;

$$C = \frac{101,6 + 68,2}{2} = 84,9 \text{ - коэффициент Шези; } \quad (5.20)$$

R - гидравлический радиус, определяемый по формуле

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{25}{20} = 1,25 \text{ м,} \quad (5.21)$$

где $\chi = 2 \cdot b + 2 \cdot h = 2 \cdot 5 + 2 \cdot 5 = 20 \text{ м}^2$ - смоченный период. (5.22)

Определяется отметка верхнего гребня при расходе 10% обеспеченности по формуле

$$\nabla YB_{Q_{10\%}} = \nabla YB_{Q_{10\%}} + Z_{D_0} = 1835,92 + 4,4 = 1840,3 \text{ м.} \quad (5.23)$$

5.3.2.2 Определение отметок гребней перемычек II очереди

$$\nabla \Gamma B \Pi_{II \text{ оч.}} = \nabla YB_{Q_{10\%}} + d = 1835,92 + 1,5 = 1837,42 \text{ м.} \quad (5.24)$$

$$\nabla \Gamma H \Pi_{II \text{ оч.}} = \nabla YB_{Q_{10\%}} + \alpha = 1835,92 + 0,5 = 1836,42 \text{ м.} \quad (5.25)$$

Так как ширина русла мала ($B_0 = 76,52 \text{ м}$), а допустимая неразмывающая скорость велика ($V_{don} = 18 \text{ м/с}$), продольную перемычку конструктивно принимаем ряжевой $10 \times 10 \text{ м}$ (рисунок 5.1). Ряжи принимаем из бруса сечением $200 \times 200 \text{ мм}$.

Тип и профиль верховой и низовой перемычек назначаем каменно-земляными трапецидальными с суглинистым ядром (рисунок 5.2). Ширину по гребню принимаем 7 м для удобства производства работ. Откосы в зависимости от угла естественного откоса отсыпаемых грунтов и метода возведения сооружения назначаем: верховой откос 1:2 и низовой откос 1:1,5.

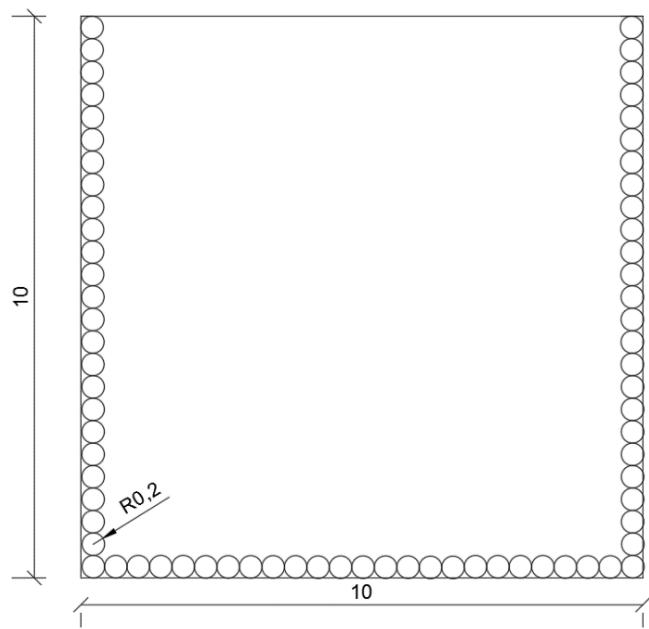


Рисунок 5.1 – Поперечное сечение продольной ряжевой перемычки

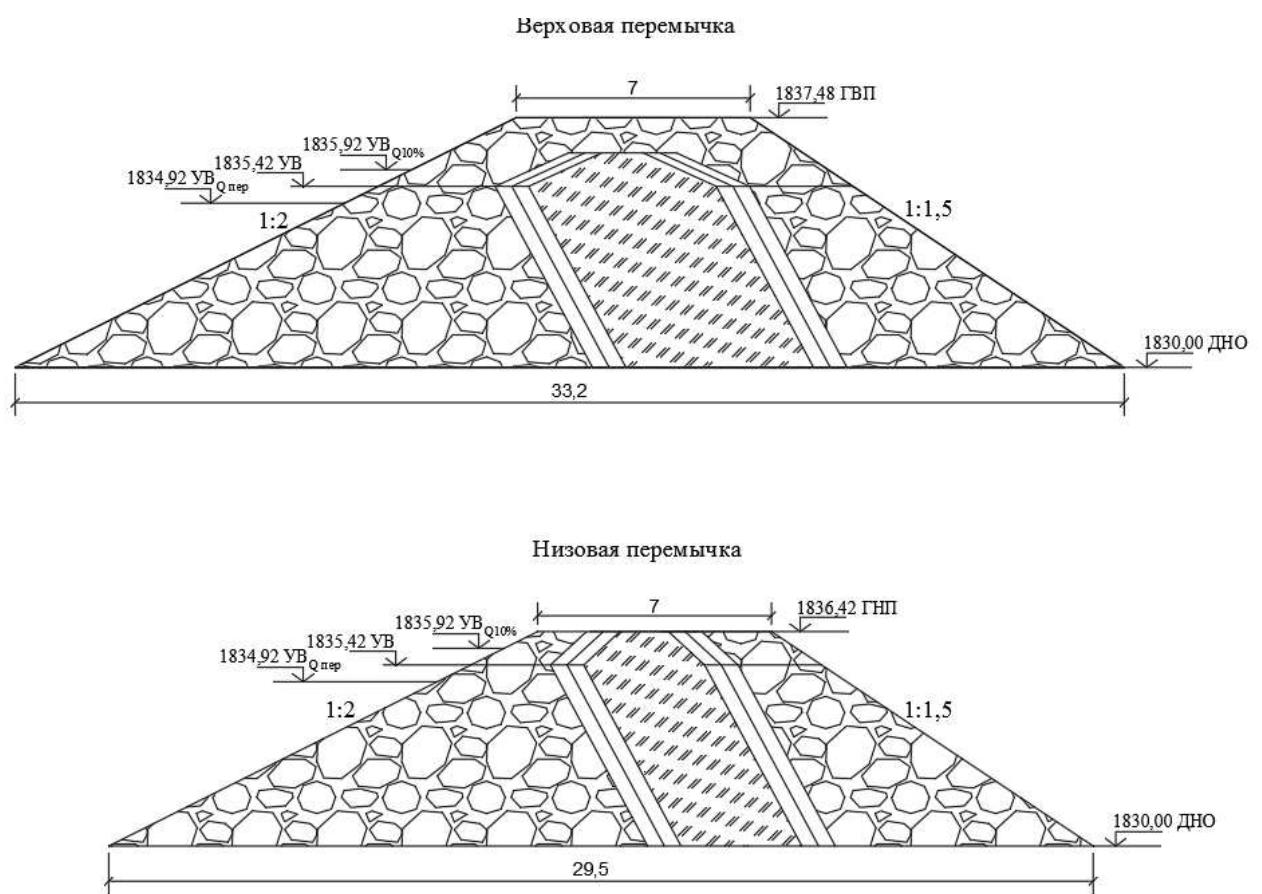


Рисунок 5.2 – Поперечное сечение верховой и низовой каменно – земляных перемычек

5.3.2.3 Технология возведения перемычек

Для возведения каменно-земляной перемычки используют горную массу из карьеров без сортировки камня или от выемки при прокладке дорог и котлованов I и II очереди. Отсыпку производят пионерным способом: отсыпают скальный банкет для создания стоячего пруда воды, затем слоями отсыпаем перемычку.

Порядок возведения ряжевой перемычки в летнее время: нижние части ряжи собираются на стапелях или плашкоуте, затем ряжи спускаются на воду, буксируются к месту установки и осаживаются на дно. Посадка ряжей на дно осуществляется путем засыпки грунтом части ячеек ряжи.

В зимнее время разрешается производить сборку ряжей на льду при достаточной несущей способности льда.

С помощью программы AutoCAD определим площади поперечного сечения перемычек: $\omega_{вп} = 150,4 \text{ м}^2$, $\omega_{пп} = 100 \text{ м}^2$, $\omega_{нп} = 117,1 \text{ м}^2$.

Определяются объемы перемычек по формуле

$$V = \omega \cdot L, \quad (5.26)$$

где ω - площадь поперечного сечения перемычки;

L - длина перемычки.

Для верховой перемычки:

$$V_{вп} = \omega_{вп} \cdot L_{в} = 150,4 \cdot 46,4 = 6978,6 \text{ м}^3.$$

Для продольной перемычки:

$$V_{пп} = \omega_{пп} \cdot L_{пп} = 100 \cdot 75,8 = 7580 \text{ м}^3.$$

Для низовой перемычки:

$$V_{нп} = \omega_{нп} \cdot L_{н} = 117,1 \cdot 45,6 = 5339,8 \text{ м}^3.$$

Общий объем верховой и низовой перемычек определяется по формуле

$$V_{пер} = V_{вп} + V_{нп} = 6978,6 + 5339,8 = 12318,4 \text{ м}^3. \quad (5.27)$$

Время отсыпки верховой и низовой перемычек определяем по [21] таблица ГЭСН 36-01-004-03. Время составит 16,83 чел.-ч. на 1000 м^3 при возведении насыпей способом отсыпки в воду в искусственных прудках:

$$\left(\frac{12318,4}{1000} \right) \cdot 16,83 = 207,3 \text{ часов}; \quad (5.28)$$

$$\frac{207,3}{16} = 13 \text{ суток при 2-х сменной работе.} \quad (5.29)$$

Время возведения продольной перемычки определяем по [22] таблица ГЭСН 40-01-001-02. Время составит $2,63+23=25,63$ чел.-ч. на 1м^3 при рубке ряжей из бревен на стапеле с достройкой на плаву.

$$40 \text{ м} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 40 \text{ м} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 1,2 \text{ м}^2. \quad (5.30)$$

$$1,2 \cdot 8 = 9,6 \text{ м}^3. \quad (5.31)$$

$$25,63 \cdot 9,6 = 246 \text{ часов; } \quad (5.32)$$

$$\frac{246}{16} = 16 \text{ суток при 2-х сменной работе.} \quad (5.33)$$

Суммарное число суток

$$13 + 16 = 29 \text{ суток.} \quad (5.34)$$

5.3.2.4 Осушение котлована I очереди

Осушение котлована произведем способом открытого водоотлива, то есть откачивать воду будем непосредственно из котлована насосами, которые будут установлены на берегу реки.

С помощью программы AutoCAD определим площадь водной поверхности в габаритах котлована $S_{\text{kot}} = 3879 \text{ м}^2$.

Глубина воды в котловане при расходе перемычки $Q_{\text{пер}} = 116 \text{ м}^3/\text{с}$ составит $h_e = 4,92 \text{ м}$.

Определяется объем воды в котловане, которую необходимо выкачать, по формуле

$$V_{\text{kot}} = S_{\text{kot}} \cdot h_e \cdot (2 \div 3) = 3879 \cdot 4,92 \cdot 2 = 38169,4 \text{ м}^3. \quad (5.35)$$

Принимаем центробежные одноступенчатые насосы Д20-10, имеющие производительность $W = 20 \text{ м}^3/\text{час}$ при высоте подъема воды до 10 м.

Планируем не менее 5 насосов: 4 основных и 1 резервный. Количество насосов напрямую влияет на время откачки воды.

Рассчитается время откачки воды по формуле

$$t = \frac{V_{\text{кот}}}{W \cdot n \cdot 24} = \frac{38169,4}{20 \cdot 4 \cdot 24} = 20 \text{ сут.} \quad (5.36)$$

Проверяется на суффозию и размыв бортов, т.е. определяется интенсивность понижения уровня воды по формуле

$$J = \frac{h_e}{t} = \frac{4,92}{20} = 0,2 \text{ м/сут.} \quad (5.37)$$

Рассчитанная интенсивность откачки воды ниже допустимой скорости откачки для скальных грунтов $J_{\text{доп}} = 0,5 \text{ м/сут.}$ Следовательно, рационально использовать эти насосы в дальнейшем поддержании котлована в осушенном состоянии.

5.3.2.5 Водонижение котлована I очереди

Для поддержания котлована в сухом состоянии устраиваем канавки и зумпфы-приямки по всему периметру котлована. Насосы располагаем во временных передвижных насосных станциях. Откачуку воды производим из приямков по трубам за пределы котлована. Используем те же насосы, что и для откачки воды из котлована.

5.3.2.6 Разработка котлована I очереди

Для разработки котлована I очереди необходимо произвести земельно-скальные работы, состоящие из:

1. Определение объемов земельно-скальных работ;
2. Разрыхление грунтов с применением буровзрывных работ (БВР);
3. Набор грунта землеройными механизмами, погрузка его в транспорт, транспортировка и складирование.

5.3.2.7 Земельно-скальные работы

Определяется суммарный объем выемки по формуле

$$\Sigma V_{\text{выемки}} = V_{\text{врезки}} + V_{B\Pi} + V_{\text{дороги}}, \quad (5.38)$$

где $V_{\text{врезки}}$ - объем врезки;

V_{BP} - объем водосливной плотины;

$V_{\text{дороги}}$ - объем дороги, принимаемый 40% от объема врезки.

Тогда:

$$\Sigma V_{\text{вывемки}} = 14658 + 3448,5 + 5863,2 = 23969,7 \text{ м}^3.$$

Цикл земельно-скольных работ состоит из набора грунта экскаватором прямой лопатой, погрузкой его в транспорт и транспортировки в полезную насыпь на расстоянии 2 км. Подбираем экскаватор ЭО-5114 с емкостью ковша 1 м³. Для данного экскаватора подбираем самосвал с объемом кузова 5 м³.

Определяется время погрузки грунта экскаватором в автотранспорт по формуле

$$T_{\Pi} = \frac{W}{\Pi_3} = \frac{5}{91} = 0,055 \text{ ч}, \quad (5.39)$$

где $W = 5 \text{ м}^3$ - емкость кузова самосвала;

Π_3 - эксплуатационная производительность экскаватора, определяемая по формуле

$$\Pi_3 = \Pi_T \cdot T_p \cdot K_B = 113 \cdot 1 \cdot 0,8 = 91 \text{ м}^3/\text{час}, \quad (5.40)$$

где $K_B = 0,8$ - коэффициент использования машины во времени за период;

$T_p = 1 \text{ ч}$ - длительность периода работы;

Π_T - техническая производительность экскаватора, определяемая по формуле

$$\Pi_T = \frac{3600 \cdot q \cdot K_H}{t_{\Pi} \cdot K_p} = \frac{3600 \cdot 1 \cdot 1,1}{25 \cdot 1,4} = 113 \text{ м}^3/\text{час}, \quad (5.41)$$

где $K_H = 1,1$ - коэффициент наполнения ковша;

$K_p = 1,4$ - коэффициент разрыхления грунта;

$q = 1 \text{ м}^3$ - вместимость ковша;

$t_{\Pi} = 25 \text{ с}$ - продолжительность цикла.

Определяется необходимое количество транспорта по формуле

$$(m-1) \cdot T_{\Pi} = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + T_p + T_3, \quad (5.42)$$

где m - количество транспорта на 1 экскаватор;

L_1 и L_2 - длина пути груженной машины и обратно соответственно;

V_1 и V_2 - скорость в пути груженной машины (25 км/ч) и обратно (60 км/ч) соответственно;

$T_p = 40$ с - время разгрузки самосвала;

$T_3 = 10$ мин - время задержки в пути.

Тогда:

$$(m-1) \cdot 0,055 = \frac{2}{25} + \frac{2}{60} + 0,011 + 0,2 = 0,324;$$

$$m = \frac{0,324}{0,055} + 1 = 6,8 \text{ шт.} \quad (5.43)$$

Принимаем количество машин равным 7.

Определяется объем выемки в месяц одного экскаватора по формуле

$$V_{\text{в.м.}} = \Pi_3 \cdot T_p = 91 \cdot 8 \cdot 21 = 15288 \text{ м}^3. \quad (5.44)$$

Определяется количество времени на разработку котлована I очереди по формуле

$$\frac{V}{V_{\text{в.м.}}} = \frac{23969,7}{15288} = 1,6 \text{ мес.} \quad (5.45)$$

5.3.2.8 Буровзрывные работы

Бурение скважин в гранитогнейсах выполним с помощью станков роторно-шарошечного бурения. Класс гранитогнейсов относится по относительному показателю трудности бурения породы к труднобуримым (10). Подбираем буровой станок модели 5СБШ-200-36 с технической скоростью бурения $V_b = 7,8 \text{ м/ч}$.

Определяется сменная производительность бурового станка по формуле

$$\Pi_{6, \text{см}} = \frac{T_{\text{см}}}{T_0 + T_B} \cdot K_{и.б} = \frac{8}{0,13 + 0,026} \cdot 0,85 = 43,6 \text{ м/см}, \quad (5.46)$$

где $T_{\text{см}} = 8$ ч - продолжительность смены;

$K_{и.б} = 0,85$ - коэффициент использования сменного времени;

T_0 - продолжительность выполнения основных операций, приходящихся на 1 м скважины, определяются по формуле

$$T_0 = \frac{1}{V_6} = \frac{1}{7,8} = 0,13 \text{ ч}; \quad (5.47)$$

T_B - продолжительность выполнения вспомогательных операций, приходящихся на 1 м скважины, составляющих 20% от T_0 . Тогда:

$$T_B = 0,2 \cdot T_0 = 0,2 \cdot 0,13 = 0,026 \text{ ч}. \quad (5.48)$$

Назначаем схему бурения грунтов методом скважинных зарядов. За схему расположения зарядов принимаем вертикальные скважины (рисунок 5.3).

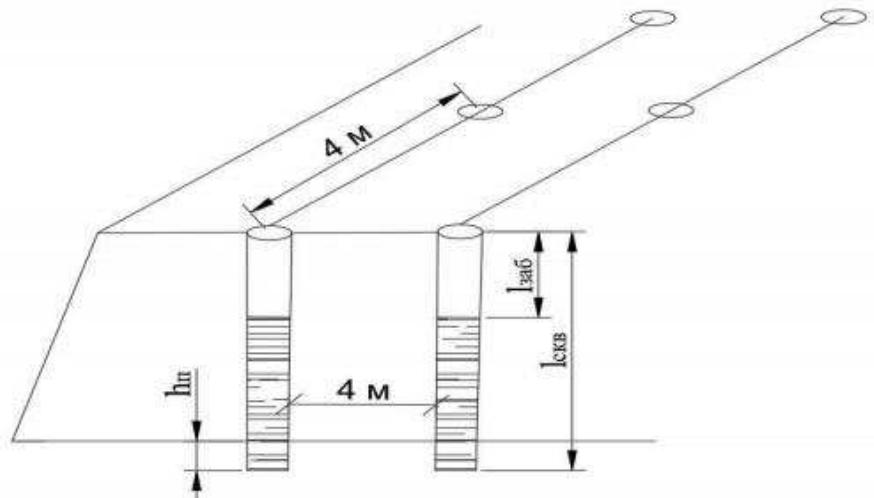


Рисунок 5.3 – Схема расположения зарядов

Объем грунта, приходящийся на 1 скважину равен $V_{\text{гр}} = 4 \cdot 4 \cdot 4 = 64 \text{ м}^3$.

Определяется количество скважин по формуле

$$N_{\text{скв}} = \frac{\sum V_{\text{выемки}}}{V_{\text{гр}}} = \frac{23969,7}{64} = 375 \text{ шт.} \quad (5.49)$$

Определяется длину скважины по формуле

$$L_{\text{скв}} = H_{\text{уст}} + h_{\text{пп}} = 4 + 2 = 6 \text{ м}, \quad (5.50)$$

где $H_{\text{уст}} = 4 \text{ м}$ - высота рабочего уступа;

$h_{\text{пп}}$ - глубина перебора, определяемая по формуле

$$h_{\Pi} = 10 \cdot d_{CKB} = 10 \cdot 0,2 = 2 \text{ м.} \quad (5.51)$$

Определяется объем буровых работ в погонных метрах по формуле

$$V_{\text{пм.бур}} = N_{CKB} \cdot L_{CKB} = 375 \cdot 6 = 2247 \text{ пм.} \quad (5.52)$$

Определяется объем буровых работ в сменах по формуле

$$\frac{V_{\text{пм.бур}}}{\Pi_{6,\text{см}}} = \frac{2247}{43,6} = 52 \text{ смены.} \quad (5.53)$$

5.3.2.9 Производство бетонных работ

Бетонные работы состоят из:

1. Вспомогательных работ: опалубочные и арматурные работы и другие виды работ (установка КИА);
2. Основных работ: приготовление бетонной смеси, транспортировка бетонной смеси (горизонтальный и вертикальный транспорт); состав мероприятий по подготовке блоков к бетонированию, укладка и уплотнение бетонной смеси, уход за бетоном, а так же контроль качества бетонных работ.

5.3.2.10 Суммарный объем бетона

Объем бетонирования водосливной части, глухих левобережной и правобережной части плотины определяется с помощью программы AutoCAD:

$$V_{\text{плот.}} = \frac{12+21}{2} \cdot 31 \cdot 190 = 97185 \text{ м}^3. \quad (5.54)$$

Объем бетонирования водобоя и рисбермы:

$$V_{\text{водоб+рисб}} = (19 + 9,5) \cdot 5 \cdot 5 = 712,5 \text{ м}^3. \quad (5.55)$$

Объем бетонирования водоприемника:

$$V_{\text{водопр.}} = 50\% \cdot (16 \cdot 16 \cdot 31) = 3968 \text{ м}^3. \quad (5.56)$$

Объем бетонирования здания ГЭС:

$$V_{\text{здания ГЭС}} = 25\% \cdot (41 \cdot 16 \cdot 54,4) = 8922 \text{ м}^3, \quad (5.57)$$

где 41 м - ширина;

54,4 м - длина;

16 м - высота.

Суммарный объем бетона:

$$\sum V = V_{\text{плот.}} + V_{\text{водоб+рисб}} + V_{\text{водопр.}} + V_{\text{здания ГЭС}}; \quad (5.58)$$

$$\sum V = 97185 + 712,5 + 3968 + 8922 = 110787 \text{ м}^3.$$

5.3.2.11 Опалубочные работы

Определяется площадь опалубливаемой поверхности по формуле

$$S = \sum V_{\text{бет.}} \cdot K_{\text{оп}} = 110787 \cdot 0,4 = 44314,8 \text{ м}^2, \quad (5.59)$$

где $K_{\text{оп}} = 0,4 \text{ м}^2/\text{м}^3$ - коэффициент опалубливаемой поверхности для массивных плотин.

По ГЭСН 37-01-021-04 определяется количество машино-часов для установки и распалубки щитовой плоской опалубки при подаче кранами башенными бетоноукладочными 25-50 т: деревометаллической площадью щита до 10 м^2 - 15,83 маш/ч на 100 м^2 опалубливаемой поверхности.

Время установки и распалубки щитовой плоской опалубки определяется по формуле

$$\left(\frac{44314,8}{100} \right) \cdot 15,83 = 7015 \text{ часов.} \quad (5.60)$$

5.3.2.12 Арматурные работы

Объем арматурных работ принимаем по коэффициенту армирования $\mu = 13 \text{ кг}/\text{м}^3$. Вычисляется количество арматуры на объем бетона I этапа по формуле

$$V_{\text{ар.p}} = \sum V_{\text{бет.}} \cdot \mu = 110787 \cdot 13 = 1440232 \text{ кг} = 1400 \text{ т.} \quad (5.61)$$

По ГЭСН 37-01-027-03 определяется количество машино-часов для установки кранами башенными бетоноукладочными: 10-25 т армосетки массой свыше 5 т - 36,31 маш/ч на 100 т арматуры.

Время установки армосетки определяется по формуле

$$\frac{1400}{100} \cdot 36,31 = 523 \text{ часов.} \quad (5.62)$$

5.3.2.13 Приготовление бетонной смеси

Приготовление осуществляется на бетонном заводе, предназначенном для сухой и готовой смеси бетона. По продолжительности действия завод полустационарный. Циклического действия, так как завод не требует огромных объемов бетонных работ и большого фронта этих работ. Автоматизирован, автоматическое управление только на дозировании материалов. Складирование песка и щебня производится в складах бункерного типа, а хранение цемента – в складах силосного типа.

Принимаем бетонный завод «Эконом 15» производительностью $15 \text{ м}^3/\text{час}$, который находится в 500 м от производимых работ.

Комплектация бетонного завода:

- Бетоносмеситель 1 БП-750 со скипом;
- Эстакада под бетоносмеситель 1 БП-750 с лестницей Н-2 м;
- Дозирующий комплекс ДКБ-5 мини полностью автоматизирован;
- Дозатор воды ДВП-25;
- Дозатор химических добавок ДХП-15 в зимнее время;
- Дозатор цемента ВМХ ДЦ-250;
- Шнек для цемента ВМХ, ф 219x9000.

Технические параметры бетонного завода:

- Производительность, $15 \text{ м}^3/\text{час}$;
- Объем по загрузке бетона, 750 л;
- Объем готового замеса бетона, 500 л;
- Объем готового замеса раствора, 600 л;
- Крупность заполнителя не более 70 мм;
- Пульт управления в ручном режиме.

5.3.2.14 Транспортировка бетонной смеси

Горизонтальный транспорт:

Для транспортировки бетонной смеси от бетонного завода до сооружения принимаем автобетоносмеситель FUSO с емкостью барабана 3 м^3 .

Технические характеристики:

- Модель – FUSO;
- Шасси – FUSO;
- Колесная формула – 2×1 ;
- Тип привода – КОМ;
- Полезный объем смесительного барабана – 3 м^3 ;

- Вместимость бака для воды – 400 л;
- Грузоподъемность по бетонной смеси – 7500 кг;
- Частота вращения смесительного барабана - 14 об/мин;
- Полная масса автобетоносмесителя – 13500 кг;
- Габаритные размеры - 5000×2400×3200 мм .

Смесительный барабан:

- Высота выгрузки - 150-1200 мм;
- Высота загрузки – 3200 мм.

Определяется объем смеси, перевозимый одним автобетоносмесителем до подачи в блок, по формуле

$$Q = q \cdot 60 \cdot T \cdot \frac{k}{t(\text{ц})} = 3 \cdot 60 \cdot 8 \cdot \frac{0,8}{26} = 44 \text{ м}^3/\text{смену}, \quad (5.63)$$

где $q = 6 \text{ м}^3$ - объем порции бетонной смеси, перевозимой за 1 рейс;

60 - количество минут в часе;

$T = 8 \text{ ч}$ - продолжительность смены;

$k = 0,8$ - коэффициент использования рабочего времени;

$t(\text{ц})$ - продолжительность цикла, определяемая по формуле

$$t(\text{ц}) = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 5 + 8 + 3 + 5 + 5 = 26 \text{ мин}, \quad (5.64)$$

где $t_1 = 5 \text{ мин}$ - загрузка;

$t_2 = 8 \text{ мин}$ - грузовой пробег;

$t_3 = 3 \text{ мин}$ - выгрузка;

$t_4 = 5 \text{ мин}$ - порожний пробег;

$t_5 = 5 \text{ мин}$ - очистка кузова.

Определяется потребность количества автотранспорта по формуле

$$N_p = \frac{J}{Q} = \frac{172,3}{44} = 3,9 \text{ шт}, \quad (5.65)$$

где $I = 7236 \text{ м}^3/\text{мес} = 172,3 \text{ м}^3/\text{смену}$ - интенсивность укладки бетонной смеси в блок по календарному графику.

Принимаем 4 бетоносмесителя в смену.

Вертикальный транспорт:

Подачу бетонной смеси в блоки бетонирования будем осуществлять бетоноукладочными кранами КБГС-101М. Технические характеристики крана приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Характеристики КБГС-101М

Показатели КБГС-101М	
Наибольший вылет крюка, м	40
Наименьший вылет крюка, м	6,7
Вылет крюка при наибольшей грузоподъемности, м	18
Грузоподъемность при наибольшем вылете, т	10
Грузоподъемность при наименьшем вылете, т	25
Высота подъема крюка, м	45
Скорость передвижения грузовой тележки, м/мин	30
Скорость поворота стрелы, об/мин	0,4
Скорость передвижения крана, м/мин	9
Завод-изготовитель	Завод Гидросталь-конструкция

По ГЭСН 37-01-008-01 определяется количество машино-часов для укладки бетонной смеси кранами башенными бетоноукладочными: 10-25 т в бетонные блоки площадью до 150 м² - 5,41 маш/ч на 100 м³ бетона.

Определяется время укладки бетона по формуле

$$\frac{110787}{100} \cdot 5,41 = 5994 \text{ часов.} \quad (5.66)$$

Уплотнение бетона в расценке ГЭСН 37-01-008-01 составляет 29,51 маш.ч на 100м³ бетона.

Определяется время уплотнения бетона по формуле

$$\frac{110787}{100} \cdot 29,51 = 32693 \text{ часов.} \quad (5.67)$$

Определяется суммарное количество часов за весь цикл бетонных работ:

$$7015(\text{опалубка}) + 523(\text{арматура}) + 5994(\text{бетон}) = 13532 \text{ ч,} \quad (5.68)$$

$$13532 + 32693 = 46225 \text{ ч.} \quad (5.69)$$

Определяется интенсивность бетонных работ по формуле

$$\frac{46225}{110787} = 0,42 \text{ ч/м}^3. \quad (5.70)$$

5.3.2.15 Состав мероприятий по подготовке блоков к бетонированию

Целью мероприятий по подготовке блоков к бетонированию является обеспечение условий для нормального ведения бетонных работ в блоке и для набора бетоном и конструкцией проектной прочности, включая получение прочного и плотного сцепления свежеуложенной смеси с ранее уложенным бетоном или с естественным основанием. Мероприятия разделяют на следующие группы:

- Установка опалубки и заделка щелей;
- Установка и зачистка проектных арматурных конструкций;
- Установка закладных частей для всех видов оборудования;
- Установка КИА (контрольно-измерительной аппаратуры);
- Подготовка площадок и оборудования для приема бетонной смеси;
- Подготовка поверхностей оснований блоков;
- Приемка блоков к бетонированию;
- Проверка готовности всего тракта приготовления – транспорта и подачи бетонной смеси в блок и их соответствия проектным условиям;
- Установка тепляков или шатров и поддержание в них температурного режима (в зимний период);
- Сдача блока приемочной комиссии.

Установка и монтаж арматуры и опалубки осуществляется на основе чертежей и схем армирования, и схем опалубки блоков.

Так же каждая группа мероприятий имеет свой набор работ, обеспечивающих нормальный ход бетонных работ.

5.3.2.16 Подготовка оснований блоков

Подготовка естественных оснований заключается в обеспечении требуемых условий для получения в контактном слое требуемых противофiltрационных и прочностных свойств. При скальном основании (гранитогнейс) проводят следующие операции:

- Разработка защитного слоя;
- Удаление всех продуктов выветривания;
- Отвод ключей грунтовых напорных вод;
- Очистка, промывка, продувка воздухом;
- Сдача комиссии по приему блока к бетонированию с составлением акта.

Подготовка поверхности ранее уложенного бетона предусматривает:

- Удаление опалубки, штраб, пробок и других деревянных закладных частей;
- Удаление напльвов, раковин (до здорового бетона);
- Удаление пятен мазута, нефти, битума;
- Удаление цементной пленки;

- Очистка от мусора;
- Промывка струей воды под напором и продувка сжатым воздухом.

Удаление цементной пленки происходит различными способами, в зависимости от возраста бетона в основании: 6-12 ч – водяной или воздушной струей под давлением 0,4-0,5 Мпа; 8-20 ч – металлическими механическими щетками; в возрасте более 3 суток – с применением гидропескоструйного аппарата.

Разрешается не удалять цементную пленку при укладке бетона со стороны напорной и низовой граней плотного бетона.

5.3.2.17 Уплотнение бетонной смеси

Уплотнение бетонной смеси – одно из основных технологических процессов при бетонировании конструкции, определяющих качество уложенного бетона.

Принимаем виброуплотнение, так как для возведения массивных бетонных сооружений применяют жесткие и малопластичные бетонные смеси.

Уплотнение проводим глубинными вибраторами, прикрепленными к опалубке или другим устройствам и передающими колебания через опалубку. Глубина уплотнения смеси 10-20 см. Применяем для бетонирования тонких элементов с повышенной густотой армирования, а так же для побуждения выгрузки бетонной смеси из бункеров, бадей, автосамосвалов.

5.3.2.18 Производство бетонных работ в зимних условиях

Производство бетонных работ в зимнее время ведется при соблюдении заданных проектом требований по сохранению монолитности сооружения обеспечивать получение в заданные сроки бетона с проектной прочностью, водонепроницаемостью и морозостойкостью. Для этого необходимо выполнять следующие действия:

- Обеспечение необходимого температурного режима в процессе твердения бетона;
- Сохранение положительных температур бетонной смеси в процессе укладки и уложенного бетона.

Температурный режим твердения бетона в зимнее время должен обеспечить до замораживания не менее 40% проектной прочности для классов бетона 200 и выше, и не менее 50% прочности для низких марок.

Укладка производится в открытых блоках методом «термоса» и под защитой шатров при температурах не ниже минус 15°C. При более низких температурах дополнительно утепляют углы и ребра блоков или используют периферийный электропрогрев.

При производстве бетонных работ зимой должны особо тщательно соблюдаться правила пожарной безопасности.

5.3.2.19 Уход за бетонном

Основные требования по уходу за бетоном:

- 1) Обеспечение тепловлажностного режима, определяющего заданное нарастание прочности и предотвращающего значительные температурно-усадочные деформации и трещины;
- 2) Получение температурного режима и температурных перепадов в блоках бетонирования, гарантирующих отсутствие трещинообразования;
- 3) Предохранение твердеющего бетона от повреждений.

Уход следует начинать сразу же по достижению бетоном прочности 0,5 Мпа и продолжать не менее 14 суток, либо до перекрытия блока другим блоком. Влажностный уход за кавитационностойким, износостойким и бетоном, к которому предъявляются требования высокой морозостойкости (F200 и выше), продолжается не менее 28 суток.

При бетонировании в жаркую и сухую погоду открытая поверхность должна укрываться паронепроницаемой (полиэтиленовой) пленкой 0,16-0,20 мм и находится под нею в течение 6-8 часов, после чего может быть начат систематический влажностный уход за бетоном посредством полива водой. Также неснятая деревянная опалубка должна постоянно находиться во влажном состоянии.

В случае обнаружения дефектов бетона (раковин, трещин, каверн) причины их появления выясняются и устраняются.

Расчищенные раковины на поверхностях блока заполняются бетонной смесью той же марки (класса), что и в конструкции, но с крупностью заполнителя до 20 мм.

5.3.2.20 Деривационный канал

Длина деривационного канала 1550 м, сечением 10x10 м.

Определяется объем выемки деривационного канала по формуле

$$V_{dep} = 10 \cdot 10 \cdot 1550 = 155000 \text{ м}^3. \quad (5.71)$$

Определяется объем бетона деривационного канала по формуле

$$V_{dep} = 10 \cdot 0,4 \cdot 1550 = 18600 \text{ м}^3, \quad (5.72)$$

где 10 м - периметр круглого сечения канала;

0,4 м - толщина облицовки.

5.4 II Этап перекрытия русла

Основные строительные работы II этапа:

- Предварительное стеснение русла перемычками;
- Разборка низовой перемычки I очереди и затопление котлована;
- Разборка верховой перемычки I очереди;
- Отсыпка банкета в проране для перекрытия реки.

5.5 III Этап – наращивание сооружений для начала наполнения водохранилища до проектных отметок

Основные строительные работы III этапа:

1. Откачка воды и водонаполнение в котловане Возвведение верховой и низовой перемычек II очереди (котлован II очереди);
2. II очереди;
3. Выемка скальных грунтов с применением БВР;
4. Бетонирование облицовки подводящего канала, глухой левобережной бетонной плотины, левобережной подпорной стенки, здание ГЭС, деривационным туннель, водоприемник;
5. Нарашивание всех основных сооружений по всему напорному фронту до отметки гребня;
6. Наполнение водохранилища.
7. Устройство глубокой цементационной завесы;
8. Бурение дренажных скважин в основании плотины;
9. Поочередный пуск всех ГА.

Все работы: конструкция перемычек II очереди, технология возведения, механизмы и транспорт аналогичны, как для перемычек I очереди. Так же водоотлив, БВР, выемка грунта, бетонные работы по котловану II очереди выполняются, как и в котловане I очереди с применением тех же технологий, механизмов и транспорта. Все объемы работ приведены на чертеже и в сводных таблицах 5.3 и 5.4.

Таблица 5.3 – Объемы земляных работ

Интенсивность: $J_{БВР} = 0,0022 \text{ смены}/\text{м}^3$ и $J_{ЗР} = 6,7 \cdot 10^{-5} \text{ мес}/\text{м}^3$.

№ этапа	Земляные работы	Объем, м^3	Месяцы	Примечания
Выемка грунта				
I	Котлован I очереди (скольного грунта)	11147,2	БВР=0,6 ЗР=0,8	БВР в 2 смены: 1,2/2=0,6
II	Котлован II очереди (скольного грунта)	9329	БВР=0,5 ЗР=0,6	БВР в 2 смены: 1/2=0,5
III	Водоприемник	7396	БВР=0,4 ЗР=0,5	БВР в 2 смены: 0,8/2=0,4
III	Здание ГЭС	35687	БВР=1,9 ЗР=2,4	БВР в 2 смены: 3,8/2=1,9
III	Деривационный канал	155000	БВР=8,1 ЗР=10,4	БВР в 2 смены: 16,2/2=8,1

Окончание таблицы 5.3

№ этапа	Земляные работы	Объем, м ³	Месяцы	Примечания
Насыпные работы				
Перемычки котлована I очереди				
I	Верховая перемычка	6978,6	0,4	B 2 смены
	Низовая перемычка	5339,8		
	Продольная перемычка	7580	0,5	B 1 смену
Перемычки котлована II очереди				
II	Верховая перемычка	5760,3	0,7	B 1 смену
	Низовая перемычка	4367,8		
I	Перекрытие русла	-	-	-

Таблица 5.4 – Объемы бетонных работ

Интенсивность: $J_{BP} = 0,42 \text{ час/м}^3$.

№ этапа	Бетонные работы	Объем, м ³	Месяцы	Примечания
I	Водосливная плотина	3268,5	8,2	
I	Правобережная глухая плотина	48592,5	20	B 3 смены и 2 крана
III	Левобережная глухая плотина	45324	18,8	B 3 смены и 2 крана
III	Подпорные стенки	1500	3,8	
III	Деривационный канал	18600	15,5	B 3 смены и 1 кран
III	Водоприемник	3968	5	B 2 смены и 1 кран
III	Здание ГЭС	8922	7,4	B 3 смены и 1 кран

5.6 Строительный генеральный план

Строительный генеральный план содержит:

- границы строительной площадки;
- действующие и временные сети и коммуникации;
- постоянные и временные дороги;
- размещение постоянных, строящихся и временных зданий, и сооружений, расположение знаков геодезической разбивочной основы;
- расположение помещений для санитарно-бытового обслуживания персонала;
- расположение зон выполнения работ повышенной опасности, здания промышленные зоны и жилой поселок.

5.7 Выводы по календарному графику

Строительство Архызской ГЭС состоит из трех периодов:

1. Подготовительный;

2. Основной;
3. Заключительный

Подготовительный период включает в себя устройство автодорог и временных ЛЭП, а так же строительство производственной базы и бетонного завода «Эконом 15». Продолжительность периода составляет 11 месяцев.

В основной период входят 3 этапа строительства гидроузла. Каждый этап подразделяется на определенные виды работ и имеет определенную продолжительность по времени. Продолжительность I этапа составляет 22,4 месяца, II этапа – 1,8 месяца и III этапа – 27,3 месяца.

Полная продолжительность строительства Архызского гидроузла составляет 41,5 месяцев, то есть 3 года и 5,5 месяц.

В конце основного периода, когда заканчивается строительство деривационного канала, происходит поочередная установка и пуск гидроагрегатов. На установку одного гидроагрегата требуется 1 месяц. В итоге на монтаж гидроагрегатов уйдут последние 3 месяца строительства.

6 Охрана труда и противопожарная безопасность. Мероприятия по охране окружающей среды в зоне влияния Архызской ГЭС

6.1 Безопасность гидротехнических сооружений

Главная задача эксплуатации Архызской ГЭС – обеспечение безопасности гидротехнических сооружений. Так же эта задача имеет характер общегосударственного значения. Деятельность службы безопасной эксплуатации Архызского гидроузла регулируется положениями законов, стандартов, технических регламентов, местных производственных и должностных инструкций. Основным является Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений». Требованием этого закона является составление Декларации о безопасности гидротехнических сооружений, определяемое положением, которое утверждается Правительством РФ. Это положение определяет содержание и порядок составления Декларации. После разработки Декларация должна пройти государственную экспертизу и утверждена Органом государственного надзора, определяющего срок действия Декларации. Декларация о безопасности ГТС разрабатывается при проектировании, строительстве, эксплуатации, реконструкции восстановлении или консервации, а также при ликвидации сооружений. Ответственность лежит на собственнике ГЭС. Декларация является основным документом, в соответствии с которым выполняется эксплуатация ГТС Архызской ГЭС. В Декларации содержатся сведения о соответствии гидротехнических сооружений критериям безопасности.

Архызская ГЭС оснащена всей необходимой контрольно-измерительной аппаратурой для отслеживания напряженно-деформированного состояния, фильтрационного режима, вертикальных и горизонтальных смещений, сейсмоконтроля и т. д. для контроля состояния основных и вспомогательных сооружений. Задача состава эксплуатационного персонала специального подразделения – измерения с помощью контрольно-измерительной аппаратуры, визуальный осмотр, а также оценка безопасности гидротехнических сооружений на основе анализа величин контролируемых показателей.

6.2 Общие сведения о районе строительства

Архызская ГЭС расположена в республике Карачаево-Черкессия на реке Архыз. Длина реки 150 километров, площадь бассейна 2,5 км³. Архыз – горная река, образующаяся от слияния р. Дукка и р. Речепсе. Окончание реки - слияние Архыза с Кизгычом.

Проектируемый Архызский гидроузел, возводимый на реке Архыз, энергетического назначения.

Благодаря горным хребтам, образовавшим подобие стены, долина Архыз надежно защищена от холодного ветра. Климат умеренно тёплый, зима короткая,

лето тёплое, достаточно увлажнённое. Для климата показательна большая продолжительность солнечного сияния.

Средняя температура января $-3,2^{\circ}\text{C}$, июля $+20,6^{\circ}\text{C}$.

Самая высокая температура $+43^{\circ}\text{C}$, низкая -29°C .

Среднегодовое количество осадков от 500 до 2000 мм.

Расчетная температура района строительства составляет -20°C (СП131.13330.2018) для города Черкеск.

Основным источником загрязнения реки Архыз является строительство Архызской ГЭС, так как на данной реке других ГЭС нет, сбрасываемые отходы отсутствуют.

Растительность территории Карачаево – Черкесской республики разнообразна. Большая часть республики, примерно две трети, принадлежит горной лесистой местности. Присутствуют разнообразные деревья – дикие яблони и груши, дубы, клены, березки, лещины. Из кустарников имеется рододендрон. Немного дальше открываются субальпийские и альпийские луга, покрытые фиалками, примулами, незабудками, васильками, генцианами и другими цветами.

Фауна региона не менее разнообразна. Из крупных обитателей можно отметить бурого медведя, благородного оленя, зубробизона, западнокавказского тура, серну, рысь, косулю и кабана. Часто встречаются лисицы, шакалы, волки, зайцы и енотовидные собаки. Из мелких видов зверей распространены ондатра, куница, большой тушканчик, степной хорек, суслик и хомяк, а такие животные, как барсук, лесной кот, кавказская норка и выдра нуждаются в защите. В горах часто встречаются горные козлы, ловко перебирающиеся по камням скал.

На территории Карачаево - Черкесии обитает большое количество редких и ценных птиц, среди них черный гриф, беркут, орел, альпийская галка, ястреб-тетеревятник. Встречается серая куропатка, фазан, улар кавказский, распространены утки, а белоголовый сип и кавказский тетерев занесены в Красную Книгу Российской Федерации.

К пресмыкающимся и земноводным, обитающим на территории республики, можно отнести скальную и прыткую ящерицу, малоазиатскую и озерную лягушку, зеленую жабу, квакшу, веретеницу, степную гадюку, ужа и медянку. В водоемах Карачаево - Черкесии (около 130 высокогорных озера и 172 реки) водится форель, щука, судак, белый амур, сом, толстолобик, сазан и множество других пород рыб.

6.3 Охрана труда

Охрана труда – основа по защите работников на гидроэлектростанциях. Персонал, работающий на предприятии, сталкивается с такими вредными и опасными производственными факторами, как ток, вибрация, запыленность, шум, плохая освещенность, резкий перепад температур, нервно – психические и физические перегрузки и т. д. Чтобы обеспечить безопасность на предприятии,

необходимо сформировать службу охраны труда, отвечающую за проверку знаний у работающего персонала.

Служба охраны труда находится в подчинении у руководителя гидроэлектростанции и выполняет следующие функции:

1. Контроль за выполнением персоналом требований охраны труда;
2. Контроль за выполнением мероприятий по улучшению условий труда;
3. Организовывать профилактические работы по предупреждению производственного травматизма и заболеваний.

Систему охраны труда Архызской ГЭС составляют следующие мероприятия:

1. Создание службы охраны труда;
2. Оценка рабочих мест;
3. Инструктаж с персоналом организации;
4. Разработка и утверждение инструкций и положений по охране труда.

При формировании системы охраны труда необходимо разработать и утвердить документацию по вопросам охраны труда. В эту документацию входят:

- локальные нормативные акты по общим вопросам охраны труда;
- программы проведения вводного и первичного инструктажа работников;
- журналы регистрации проведения инструктажа работников по охране труда;
- приказ о возложении на конкретных работников обязанностей по проведению инструктажей;
- приказ об утверждении перечня профессий и должностей работников;
- приказ о создании службы охраны труда или введении в штатное расписание должности инженера по охране труда;
- журнал регистрации несчастных случаев;
- журнал регистрации инструкций по охране труда для работников;
- журнал учета выдачи инструкций.

Виды инструктажей, проводимых для работников:

- вводный;
- первичный (на рабочем месте);
- повторный;
- внеплановый;
- целевой.

Программа вводного инструктажа разрабатывается и утверждается руководителем с учетом специфики деятельности предприятия. Данный инструктаж проводится специалистом по охране труда для:

- лиц, принимаемых на работу и командированных в организацию (независимо от стажа работы и образования);
- лиц, работающих в сторонних организациях, выполняющих работу на данном участке;
- лиц, участвующих в производственной деятельности организации;

- лиц, обучающихся в образовательных учреждениях и проходящих производственную практику в организации.

Инструктаж на рабочем месте (первичный) проводится с работниками, которые эксплуатируют, обслуживают, испытывают, ремонтируют и налаживают оборудования, используют различные инструменты, а также хранят и применяют сырье и материалы. Первичный инструктаж проводится руководителем (производителем), прошедшим в установленном порядке обучение и проверку знаний по охране труда. Данный инструктаж проводится с работниками:

- которым поручают выполнение новой для них работы;
- переведенными из другого структурного подразделения;
- вновь принятыми на работу, включая временные (ст. 289 ТК РФ), сезонные (ст. 293 ТК РФ), совместители (ст. 282 ТК РФ), надомники (ст. 310 ТК РФ).

Повторный инструктаж проводится для работников, прошедших первичный инструктаж, не реже 1 раза в полгода (6 месяцев) по разработанным программам для проведения первичного инструктажа.

Внеплановый инструктаж при определенных случаях, а именно:

- при замене или модернизации оборудования, приспособлений, инструментов;
- при изменении технологического процесса;
- при нарушении работниками требований охраны труда, если эти нарушения создали угрозу тяжких последствий (авария, несчастный случай и т. д.).

Целевой инструктаж проводится с работниками при выполнении разовых работ, ликвидации последствий аварии, стихийных бедствий, работы, на которые оформляется наряд – допуск, разрешение и другие специальные документы, а также при проведении в организации массовых мероприятий.

Программа первичного инструктажа на Архызской ГЭС по «Действия персонала при наличии угроз совершения террористических актов»:

1. Общие требования к действиям работников по предупреждению террористического акта:

Для предупреждения террористического акта на Объектах работникам необходимо:

а) ежедневно тщательно осматривать свои рабочие места на предмет возможного обнаружения взрывных устройств или подозрительных предметов, а также обращать внимание на подозрительных лиц;

б) при обнаружении на объекте посторонних предметов не подходить к ним и не пытаться осмотреть их, а немедленно доложить непосредственному начальнику, а также сотрудникам полиции;

в) незамедлительно сообщать руководству подразделений (дежурному) об обнаружении неисправности систем видеонаблюдения, средств оповещения и связи, а также технических средств охраны на Объектах;

г) не разглашать информацию об особенностях охраны Объектов, а также функционирования технических средств охраны, средств оповещения, сигнализации и связи;

д) незамедлительно сообщать непосредственному начальнику о лицах, проявляющих интерес к планам и системам охраны Объектов.

2. ДЕЙСТВИЯ РАБОТНИКОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ИНФОРМАЦИИ О ГОТОВЯЩИХСЯ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ АКТАХ НА ОБЪЕКТАХ.

Информация о готовящихся террористических актах может поступить по телефону, электронным видам связи, письменно, на иных носителях, а также устно.

2.1. Поступление угрозы по телефону:

Телефон является основным каналом поступления сообщений, содержащих информацию о заложенных взрывных устройствах, захвате людей в заложники, вымогательстве и шантаже.

В основном телефонные сообщения поступают о взрывных устройствах. Как правило, эти провокационные действия совершают, в первую очередь, несовершеннолетние и психически больные люди.

Несмотря на то, что подобные ложные сигналы приносят большие убытки, следует иметь в виду, что нельзя оставлять без внимания ни одного подобного сообщения и необходимо обеспечить своевременную передачу полученной информации в полицию, а также принять меры по обеспечению безопасности клиентов, работников объекта и иных лиц, находящихся на нем.

При получении информации по телефону о готовящемся террористическом акте необходимо:

а) не оставлять без внимания ни одного звонка о готовящемся противоправном действии;

б) передать полученную информацию в полицию;

в) запомнить по возможности пол звонившего и особенности его речи: голос (громкий тихий, высокий низкий); темп речи быстрый (медленный); произношение отчетливое, искаженное, с заиканием, шепелявое, с акцентом или диалектом; манеру речи (развязная и т.д.), а также иные сведения, позволяющие установить личность передавшего сообщение;

г) постараться отметить при разговоре звуковой фон (шум автомашин или железнодорожного транспорта, звук телерадиоаппаратуры, посторонние голоса и т.п.);

д) отметить происхождение звонка - городской или междугородный;

ж) зафиксировать точное время начала разговора и его продолжительность;

з) постараться получить в ходе разговора ответы на следующие вопросы:

- куда, кому, по какому телефону звонит этот человек;

- какие конкретные требования выдвигает;

- выдвигает требования лично, выступает в роли посредника или представляет какую-то группу лиц;

- как и когда с ним можно связаться;

- кому вы можете или должны сообщить об этом звонке;
- постараться добиться от звонящего максимального времени на доведение его требований до должностных лиц или для принятия руководством решения;
- в процессе разговора постараться сообщить о звонке руководству. Если этого не удалось сделать, то сообщить немедленно по окончании разговора;
- если позвонивший не называет точного места закладки взрывного устройства, его приметы и время взрыва, следует самому спросить его об этом;
- и) не разглашать посторонним сведения о факте разговора и его содержании;
- к) записать при наличии телефона с автоматическим определением номера определившийся номер;
- л) извлечь кассету (мини диск) с записью разговора при использовании звукозаписывающей аппаратуры сразу после разговора и принять меры к ее (его) сохранности. Обязательно установить на ее (его) место другую кассету (мини диск);
- м) быть спокойным, вежливым во время разговора, не перебивать говорящего;
- н) не класть по окончании разговора телефонную трубку на рычаги отбоя в телефоне.

2.2. При поступлении угрозы в письменной форме:

Угрозы в письменной форме могут поступать как по почтовому каналу, так и в результате обнаружения различного рода анонимных материалов (записок, надписей, информации, записанной на диксете или полученной по электронным видам связи, и др.).

При получении указанных материалов необходимо соблюдать следующие правила:

- а) обращаться с материалами максимально осторожно, положить их в чистый плотно закрываемый полиэтиленовый пакет и поместить в отдельную жесткую папку;
- б) не оставлять по возможности на нем отпечатков своих пальцев;
- в) вскрывать конверт только путем отрезания кромки конверта с левой или правой стороны;
- г) сохранять все материалы (сам документ с текстом, любые вложения, конверт и упаковку);
- д) не расширять круг лиц, знакомившихся с содержанием документа.

Анонимные материалы руководством Объектов направляются в полицию с сопроводительным письмом, в котором должны быть указаны конкретные признаки анонимных материалов (вид, количество, каким способом и на чем выполнены, с каких слов начинает и какими заканчивается текст, наличие подписи и т.п.), а также обстоятельства, связанные с их получением, обнаружением или распространением.

Анонимные материалы не должны сшиваться, склеиваться, на них не разрешается делать подписи, подчеркивать или обводить отдельные места в тексте, писать резолюции и указания, также запрещается их мять и сгибать.

При исполнении резолюций и других надписей на сопроводительных документах не должно оставаться давленых следов на анонимных материалах.

Регистрационный штамп проставляется только на сопроводительных письмах Организации и заявлениях граждан, передавших анонимные материалы в инстанции.

2.3. При поступлении угрозы устно:

При поступлении устной информации о готовящемся террористическом акте, постараться запомнить внешность сообщившего и его особые приметы для информирования правоохранительных органов.

2.4. Действия работников при обнаружении подозрительных лиц на Объектах

В случае обнаружения подозрительных лиц на Объектах необходимо:

а) незамедлительно сообщить о них в дежурную часть полиции, а также дежурную службу и/или руководству Объектов, указать их приметы и точное место нахождения (направление движения);

б) не принимать самостоятельных попыток к задержанию;

в) по возможности, не привлекая внимания осуществлять наблюдение за лицами, вызывающими подозрение. В ходе данного наблюдения зафиксировать количество лиц, точные приметы внешности, одежды и имеющиеся при них предметы, марки и номера автомобилей (при их использовании подозрительными лицами), направление движения и т.д.;

г) по прибытии сотрудников полиции, не привлекая к себе внимания, указать на подозрительных лиц.

3. ДЕЙСТВИЯ РАБОТНИКОВ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ НА ОБЪЕКТАХ ВЗРЫВНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДОЗРИТЕЛЬНЫХ ПРЕДМЕТОВ.

При обнаружении взрывных устройств и подозрительных предметов категорически запрещается производить с ними какие-либо манипуляции (передвигать, поднимать, открывать и т.д.). Кроме того, необходимо:

а) опросить находящихся поблизости людей с целью установления возможной принадлежности обнаруженного предмета конкретному лицу;

б) немедленно оповестить дежурные подразделения службы безопасности и полиции, а при наличии - подразделение по ликвидации чрезвычайных ситуаций;

в) обеспечить полную неприкосновенность обнаруженного предмета, а в случае необходимости огородить место его обнаружения;

г) принять меры по удалению из опасной зоны находящихся поблизости людей при возникновении подозрений о том, что обнаруженный предмет может представлять опасность;

д) находиться при охране подозрительного предмета по возможности за укрытиями, обеспечивающими защиту (углом здания, колонной, толстым деревом, автомашиной и т.д.) и вести наблюдение;

ж) помнить о том, что обезвреживание взрывоопасного предмета на месте его обнаружения производится только специалистами полиции, а также подразделений по ликвидации чрезвычайных ситуаций.

При поступлении информации о заложенных взрывных устройствах и подозрительных предметах, насколько бы абсурдными ни выглядели эти сообщения, необходимо соблюдать следующий порядок действий:

- а) оповестить подразделение полиции и непосредственное руководство;
- б) осмотреть до прибытия полиции рабочие помещения. Если при визуальном изучении обнаружен подозрительный предмет, необходимо:
 - обозначить хорошо видимым знаком место нахождения подозрительного предмета;
 - принять меры по удалению граждан, клиентов и работников на безопасное расстояние от возможного эпицентра предполагаемого взрыва (если граждане находятся в каком-то закрытом помещении, принять меры их полной эвакуации);
 - организовать охрану места с подозрительным предметом с соблюдением мер предосторожности в связи с возможностью его подрыва по команде от часового механизма или по радиосигналу;
 - передать всю известную информацию об обнаруженному подозрительному предмете сотрудникам полиции по их прибытии на место.

4. ДЕЙСТВИЯ РАБОТНИКОВ ПРИ СОВЕРШЕНИИ ТЕРРОРИСТИЧЕСКОГО АКТА.

- 4.1. При совершении террористического акта на объекте необходимо:
 - а) сохранять самообладание, действовать обдуманно, без паники;
 - б) не проявлять инициативы ведения переговоров с террористами;
 - в) обеспечить беспрепятственный проход (проезд) к Объектам представителей силовых структур, автомашин скорой медицинской помощи, пожарной службы и т.д.
 - г) выполнять в случае необходимости требования террористов, если это не связано с риском причинения ущерба жизни и здоровью людей;
 - д) не допускать действий, которые могут спровоцировать террористов на применение оружия, взрывных устройств и привести к человеческим жертвам;
 - ж) принять меры по оповещению силовых структур, диспетчера (в том числе и условным сигналом или сообщением) о совершении на Объектах террористического акта;
 - з) руководству Объектов при поступлении сообщения о совершении террористического акта оценить сложившуюся обстановку и масштабы разрушений, дать указание о локализации места происшествия, принять меры по эвакуации людей, действовать по указаниям специальных антитеррористических служб.

4.2. При получении информации о захвате террористами заложников работник обязан:

- а) немедленно сообщить о захвате непосредственному начальнику, а при возможности в полицию;
- б) при отсутствии возможности передать данную информацию указанным лицам принять меры по ее передаче установленным сигналом (сообщением)

органам МЧС, другим организациям, водителям транспортных средств, находящихся поблизости;

в) получить любыми способами исчерпывающую информацию о террористах: их количестве, вооружении, степени агрессивности, количестве захваченных заложников, точном месте дислокации, выдвигаемых требованиях, вероятности применения ими огнестрельного оружия или взрывного устройства и передать информацию непосредственному начальнику;

г) согласовывать в дальнейшем действия с непосредственным начальником; при этом в целях обеспечения безопасности жизни и здоровья людей, находящихся в зоне действия террористов, по возможности выполнять выдвигаемые террористами требования с учетом соблюдения требований по безопасности людей;

д) сообщать непосредственному начальнику или в полицию о требованиях (выполнении требования) террориста (террористов);

4.3. Действие работников при захвате заложников:

При осуществлении захвата в заложники клиентов и/или иных лиц необходимо:

а) немедленно сообщить непосредственному начальнику о захвате заложников;

б) организовать при наличии возможности эвакуацию клиентов в помещения, не захваченные террористами;

в) стараться не допускать истерики и паники среди клиентов;

г) в ходе общения с преступниками стараться запомнить их приметы, отличительные черты лиц, одежду, имена, клички и иные сведения, позволяющие установить личность террористов и предполагаемый план их дальнейших действий;

д) по прибытии руководителя действовать по его указаниям.

6.4 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность Архызской ГЭС предусматривает:

- политику предприятия в пожарной безопасности;
- обязанности ответственного лица за пожарную безопасность
- обязанности должностных лиц в пожаробезопасности;
- обязанности рабочих и служащих;
- основные требования пожарной безопасности.

Основные требования пожарной безопасности в Российской Федерации изложены в ФЗ «О пожарной безопасности» №69-ФЗ. Ответственность за противопожарное состояние гидроэлектростанции возлагается на руководителя станции. Руководитель Архызской ГЭС обязан:

- организовывать изучение и выполнение правил пожарной безопасности всеми работниками ГЭС;
- обеспечивать разработку и выполнение мероприятий, которые направлены на повышение пожарной безопасности;

- устанавливать противопожарный режим в административных, производственных и других помещениях;
- устанавливать порядок регулярной проверки состояния пожарной безопасности гидроэлектростанции;
- назначать ответственные лица по каждому производственному участку и помещению;
- сообщать в местные органы пожарной безопасности о каждом пожаре, назначать комиссию для установления причин пожара и разработки противопожарных мероприятий и т.д.

Руководитель структурных подразделений, ответственный за пожарную безопасность отдельных производственных и вспомогательных сооружений и размещенных в них оборудования и устройств, обязан:

- обеспечивать на участке выполнение мероприятий, повышающих пожарную безопасность, и соблюдение противопожарного режима;
- обеспечивать исправность оборудования, принимать меры к исправлению неисправностей, приводящих к пожару;
- организовывать подготовку подчиненного персонала, требовать от него соблюдения противопожарного режима и соблюдение установленных требований пожаробезопасности;
- обеспечивать контроль за соблюдением правил пожаробезопасности при проведении ремонтных работ персоналом подразделений и подрядными организациями;
- устанавливать ответственность за содержанием в исправном состоянии и постоянной готовности к действию имеющихся средств тушения пожара и его обнаружения.

Каждый работник гидроэлектростанции обязан знать и соблюдать все установленные требования пожаробезопасности. При возникновении пожара необходимо сообщить оперативному персоналу про место пожара и руководителю, принять все возможные меры по спасению и эвакуации людей и имущества и приступить непосредственно к ликвидации пожара всеми имеющимися средствами пожаротушения с соблюдением мер безопасности.

Программа первичного инструктажа на Архызской ГЭС по пожарной безопасности. Первичные средства пожаротушения и правила их использования.

К первичным средствам пожаротушения Архызской ГЭС относятся:

- огнетушители;
- внутренние пожарные краны;
- пожарные щиты;
- пожарный инвентарь (ящики с песком, бочки с водой, пожарные ведра, совковые ведра, совковые лопаты, асbestosовые полотна, войлок, кошма);
- пожарный инструмент (багры, ломы, топоры, лестницы).

Использование первичных средств пожаротушения, немеханизированного пожарного инструмента и инвентаря для хозяйственных и прочих нужд, не связанных с тушением пожара, запрещается.

На объекте должно быть ответственное лицо за приобретение, ремонт, сохранность и готовность к действию первичных средств пожаротушения. Учет проверки наличия и состояния первичных средств пожаротушения следует вести в специальном журнале произвольной формы.

Тип огнетушителей должен соответствовать типу веществ, которые могут воспламениться на ГЭС:

- пенные (с химической или воздушной пеной) – для тушения твердых веществ, горючих жидкостей, легковоспламеняющихся жидкостей. Их не применяют в помещениях с наличием ценных предметов, материалов, приборов, электроники. Эти огнетушители запрещено использовать в работающих электроустановках, для тушения щелочных металлов и их карбидов;

- углекислотные - для тушения большинства возгораний, в том числе тех, для которых запрещено применение пенных огнетушителей. Их запрещено использовать для тушения гидрофильных легковоспламеняющихся жидкостей (спирт, ацетон), тлеющих предметов, а также когда горение происходит без доступа воздуха;

- порошковые - для тушения любых возгораний. Не рекомендуется использовать для тушения ценных предметов, помещений, в которых хранятся документация, приборы, электроника.

Внутренние пожарные краны установлены в производственных, административных зданиях. Необходимо следить за их сохранностью, так как от этого часто зависят жизни людей.

Пожарные краны используют не только для тушения возгораний на ранней стадии развития, но в дополнение к струям воды, подаваемым от машин пожарных бригад.

При возникновении пожара необходимо сорвать пломбу или достать ключ из окошка на дверце, открыть шкаф, раскатать рукав. Проверить соединение крана с рукавом и стволов и затем открыть вентиль, повернув его против часовой стрелки до упора.

Для удобства пользования пожарным краном рекомендуется действовать вдвоем. Один открывает дверцу шкафа. Второй, взяв ствол в левую руку, а правой, придерживая пожарный рукав, бежит к очагу пожара. После прокладки рукава первый человек открывает пожарный кран, пуская воду к очагу пожара.

Работая со стволов, необходимо занять позицию, позволяющую видеть очаг возгорания. Следует наступать навстречу распространению огня. Струю воды направляют в очаг пожара. Горящие вертикальные поверхности тушат сверху вниз.

Если пожарным краном будет работать один человек, то сначала необходимо проложить рукав до места возгорания, затем вернуться к крану и открыть его. Затем быстро вернуться к очагу возгорания и начать тушение.

Противопожарные щиты комплектуются в зависимости от площади подразделения (от этого зависит количество предметов и вместительность емкостей) и производственных процессов, которые в нем проходят (от этого зависят тип первичных средств пожаротушения и правила их использования). На

ГЭС установлены противопожарные щиты открытого типа в виде деревянной панели.

На пожарном щите размещены первичные средства пожаротушения и инвентарь. Запрещается брать инвентарь с пожарного щита для использования не по назначению.

Стандартная комплектация пожарного щита включает: лом, лопату, багор, два конусных ведра и два огнетушителя, кошму пожарную.

Пожарный багор и лом используются при тушении пожаров для разборки кровель, стен, стропил, перегородок и других частей зданий, а также для растаскивания горящих материалов из очага возгорания.

Пожарная лопата применяется для тушения или локализации слабых низовых пожаров путем засыпания очага возгорания грунтом или песком, а также для расчистки мест пожара и перетаскивания горящих материалов.

Ведро пожарное конусное предназначено для доставки вручную воды или песка к месту возгорания.

Полотно противопожарное (кошма) предназначено для локализации возгораний в начальной стадии, путем перекрытия доступа кислорода. Обернутое вокруг пострадавшего полотно обеспечивает тушение тела и одежды человека. Обеспечивает защиту горючих конструкций и оборудования при проведении огневых работ. Аккуратно сложенное полотнище упаковывается в контейнер красного или другого цвета. Контейнеры вешаются на пожарном щите.

Рядом с пожарным щитом устанавливается ящик с песком.

6.5 Мероприятия по подготовке ложа водохранилища

В соответствии с СП от 1.07.1985 № 3907-85 «Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ» в рамках проведения работ необходимо выполнять следующие виды работ:

- очистка территории от остатков строений и мусора;
- вывоз отходов;
- засыпка искусственных углублений.

Основные мероприятия по охране окружающей среды в период подготовки ложа водохранилища:

1. Организационные:
 - разработка и утверждение проектов нормативов предельно-допустимых выбросов в атмосферный воздух;
 - разработка и утверждение проектов нормативов образования отходов;
 - разработка, согласование и утверждение нормативов допустимых сбросов веществ в водные объекты;
 - получение разрешения на выброс загрязняющих веществ в атмосферу и водные объекты;
 - оформление Решения о представлении водного объекта в пользование в целях сброса сточных и дренажных вод;

- расчет и своевременное внесение платы за негативное воздействие на окружающую среду;
 - организация и проведение экологического контроля;
2. Санитарно-технические:
- разделение на классы опасности отходов;
 - размещение отходов в специализированных и оборудованных полигонах;
 - передача на использование лома цветных и черного металлов, отходов кабельной продукции;
 - учет передачи отходов с регистрацией в журналах;
 - организация стоянок автотранспорта в специально-оборудованных местах, имеющих твердое покрытие.

6.6 Мероприятия по обеспечению охраны окружающей среды в период строительства

При строительстве Архызского гидроузла выполняются следующие виды работ:

- выемка грунта и складирование 38169,4 м³;
- отсыпка перемычек 12318,4 м³;
- расчистка и планировка территории;
- возведение временных сооружений;
- строительство основных сооружений 102653 м³ бетона.

Воздействия на окружающую среду в период эксплуатации:

- создание водохранилища, трансформация ландшафтов, изменение климата;
- подготовка ложа водохранилища, вырубка лесов площадью 84 км²;
- выбросы загрязняющих веществ в период строительства;
- образование и обращение с отходами;
- риски и опасности для населения.

Процессы, сопровождающиеся созданием водохранилища:

- изменение процессов переноса и седиментации наносов;
- образование новых процессов водного и термического режимов;
- изменение качества воды реки Архыз в нижнем бьефе Архызской ГЭС.

6.7 Отходы, образующиеся при строительстве Архызской ГЭС

В период строительства Архызского гидроузла выполняется большой объем строительно – монтажных работ (СМР). Образуется большое количество отходов, таких как:

- лом бетонных изделий;
- отходы, содержащие несортированные незагрязненные черные металлы в виде кусков и изделий.

Код отходов по ФККО – 2014 8 22 201 01 21 5 определяется по формуле

$$M = \frac{N \cdot q}{100} \cdot \rho = \frac{102653 \cdot 1,8}{100} \cdot 2,4 = 4435 \text{ т}, \quad (6.1)$$

где N - объем бетонных работ (102653 м^3);

q - удельный норматив образования ($1,8\%$);

ρ - плотность бетона ($2,5 \text{ т/м}^3$).

Код отходов по ФККО – 2014 4 61 010 01 20 5 определяется по формуле

$$M = \frac{N \cdot q}{100} \cdot \rho = \frac{102653 \cdot 1,8}{100} \cdot 2 = 4,2 \text{ т}, \quad (6.2)$$

где N - объем бетонных работ (117 м^3);

q - удельный норматив образования ($1,8\%$);

ρ - плотность бетона ($2,0 \text{ т/м}^3$).

6.8 Мероприятия по охране окружающей среды в период эксплуатации

Воздействие на окружающую среду в период эксплуатации Архызской ГЭС:

- сброс сточных вод;
- выбросы в атмосферу от сварочных и окрасочных работ, проводимых в период текущих и капитальных ремонтов;
- образование отходов при эксплуатации, техобслуживании и текущих капитальных ремонтов оборудования, производственных сооружений и зданий.

Мероприятия по охране окружающей среды в период эксплуатации Архызского гидроузла:

- регулирование режима водотока;
- очистка воды;
- при проведении ремонтных работ обеспечить непопадание загрязняющих веществ в воду;
- обеспечение непопадания масел и других загрязняющих веществ.

Архызская ГЭС находится недалеко от села Архыз (12 км по течению русла), согласно СП 2.2.1/2.1.11200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» требуется проведение исследования химических и физических факторов.

Также, согласно СП 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения питьевого назначения» необходимо выполнение мероприятий по не ухудшению качества воды реки Архыз от сбросов Архызской ГЭС ниже по течению.

Основные законодательные и нормативные документы при природоохранных мероприятиях при эксплуатации Архызской ГЭС:

- ФЗ «Об охране окружающей среды» № 7 - ФЗ от 10.01.2002;
- Земельный кодекс РФ № 136 - ФЗ от 25.10.2001;
- Водный кодекс РФ № 74 – ФЗ от 03.06.2006;
- Лесной кодекс РФ № 200 – ФЗ от 04.12.2006;
- ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» № 96 – ФЗ от 04.05.1999;
- ФЗ «О животном миру» № 52 ФЗ от 13.12.1996;
- ФЗ об отходах производства и потребления № 89 – ФЗ от 24.06.1998.

7 Объемы производства электроэнергии и расходы в период эксплуатации

7.1 Оценка объемов реализации электроэнергии

Проектирование Архызской ГЭС предполагает выполнение этапов, начиная с земляных работ и заканчивая установкой оборудования.

Оценка объемов реализации электрической энергии в первые годы эксплуатации представлена в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Оценка объемов реализации электроэнергии в первые годы эксплуатации

Наименование показателя	Единица измерения	Год реализации проекта				
		2023	2024	2025	2026	2027
Установленная мощность	МВт	184	184	184	184	184
Число часов использования установленной мощности	Часы	2880	2880	2880	2880	2880
Выработка электроэнергии	МВт·ч	529920	529920	529920	529920	529920
Расход электроэнергии на собственные нужды	%	1	1	1	1	1
Расход электроэнергии на собственные нужды	МВт·ч	5299,2	5299,2	5299,2	5299,2	5299,2
Объем реализации электроэнергии	МВт·ч	524620,8	524620,8	524620,8	524620,8	524620,8
Тариф на электроэнергию	руб/МВт·ч	1483	1525	1565	1604	1642
Выручка от реализации электроэнергии	млн.руб.	778,0	800,0	821,0	841,5	861,4
НДС к выручке	млн.руб	129,7	133,3	136,8	140,2	143,6

Вывод: увеличение тарифа на электроэнергию влияет на рост выручки, соответственно растет и НДС к выручке.

7.2 Текущие расходы по гидроузлу

Формирование текущих расходов выполнено на основании «ПАО «РусГидро» от 16.01.2017 №9 - «Единые сценарные условия ПАО «РусГидро» на 2017-2042 гг. с учетом реализованной электроэнергии.

Единые сценарные условия предназначены для унификации исходной информации в целях обеспечения единого подхода при формировании прогнозных документов на среднесрочный и долгосрочный горизонт планирования всеми структурными подразделениями ОАО «РусГидро», дочерними и зависимыми обществами ОАО «РусГидро», дочерними и зависимыми обществами ДЗООАО «РусГидро».

Единые сценарные условия представляют собой перечень наиболее значимых показателей, а также условий и допущений, необходимых для

подготовки расчетов в рамках формирования прогнозных документов на среднесрочную и долгосрочную перспективу, включая проведение расчета параметров экономической эффективности инвестиционных проектов.

Затраты, необходимые для создания продукции, называются текущими расходами, это денежные средства, необходимые для организации производственного процесса и создания продукции, работ или услуг.

Себестоимость продукции непосредственно зависит от текущих расходов предприятия, так как характеризует величину затрат, приходящихся на единицу продукции. Очевидно, что все факторы, влияющие на формирование расходов, оказывают непосредственное влияние и на себестоимость продукции.

Текущие расходы по гидроузлу включают в себя:

- амортизационные отчисления;
- расходы по страхованию имущества;
- эксплуатационные расходы;
- расходы на ремонт производственных фондов;
- расходы на услуги регулирующих организаций;
- налог на воду.

Амортизационные отчисления определяются по каждому виду актива, в соответствии с рассчитанной нормой амортизации.

Расходы по страхованию имущества принимаются в размере (от суммы восстановительной стоимости имущества объектов основных средств и объектов незавершенного строительства, определенной для целей страхования, с учетом прироста балансовой стоимости основных средств и незавершенного строительства за истекший период от даты последнего определения восстановительной стоимости): 0,08%.

Эксплуатационные расходы (оплата труда, производственные затраты, прочие расходы) по ГЭС определяются в расчете на 1 МВт установленной мощности. Эксплуатационные расходы представлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Эксплуатационные расходы Архызского гидроузла

Наименование	Ставка, тыс.руб/Мвт	Сумма, млн.руб.
Расходы на оплату труда	777,3	95,33
Прочие	493,6	60,54
Итого по ГЭС	1270,9	155,86

Отчисления на ремонт основных производственных фондов определяются исходя из величины их стоимости. Удельные значения расходов на ремонт в % представлены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Удельные значения расходов на ремонт

Этап проекта	Величина
От 1 до 5	0,06
От 6 до 15	0,09
От 16 до 25	0,14

Рассчитываются услуги регулирующих организаций исходя из ставок в соответствии единым сценарным условиям РусГидро, результат представлен в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Расходы на услуги регулирующих организаций

Наименование	Ставка	Сумма, млн.руб.
ОАО «СО – ЕЭС»	135,38 тыс.руб/Мвт	16,6
НП АТС (администратор торговой системы)	0,001097 тыс.руб/Мвт·ч	1,16
ЦФР (центр финансовых расчетов)	0,000318 тыс.руб/Мвт·ч	0,34
Итого		18,1

Налог на воду в расчете на 1 МВт·ч в соответствии с Налоговым кодексом РФ для реки Архыз составляет 4,8 руб.

Текущие затраты по гидроузлу в первые годы эксплуатации приведены в таблице 7.5.

Таблица 7.5 – Текущие затраты по гидроузлу в первые годы эксплуатации

Наименование	Год реализации проекта				
	2022	2023	2024	2025	2026
Амортизационные отчисления, млн.руб.	335,76	2577,68	481,01	481,01	481,01
Расходы на страхование, млн.руб.	1,96	50,29	116,23	116,23	116,23
Эксплуатационные затраты, млн.руб.	155,86	233,8	233,8	233,8	233,8
Расходы на ремонт производственных фондов, млн.руб.	0,12	3,14	7,26	10,9	10,9
Расходы на услуги регулирующих компаний, млн.руб.	18,1	27,15	27,15	27,15	27,15
Налог на воду, млн.руб.	4,45	7,63	7,63	7,63	7,63
Итого, млн.руб.	516,26	2899,7	877,08	876,72	876,72

Вывод: сумма текущих затрат до 2023 года увеличивается так, как они имеют наибольший объем в период строительства станции. После уменьшаются и варьируются примерно на одном уровне за счет снижения расхода на страхование и на ремонт производственных фондов.

Для большей наглядности текущие затраты по гидроузлу представлены в виде диаграммы (рисунок 7.1).



Рисунок 7.1 – Структура текущих затрат по гидроузлу, %

Амортизационные отчисления имеют наибольший объем в период строительства Архызской станции. Наименьший объем составляют расходы на ремонт производственных фондов.

7.3 Налоговые расходы

Налоговые расходы представляют собой отток денежных средств после завершения строительства ГЭС. Значительная часть отчисляется в региональный бюджет в соответствии с Налоговым Кодексом РФ.

Учтены следующие налоги:

- Налог на прибыль – 20%;
- НДС – 20%;
- Взносы в социальные фонды – 34%;
- Налог на имущество – 2,2%
- Налог на воду на 1 МВт·ч – 4,8 руб.

Предполагаемые налоговые расходы при отсутствии льгот за период 2022-2026 гг. приведены в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Налоговые расходы в первые годы эксплуатации

Наименование	Год реализации проекта				
	2022	2023	2024	2025	2026
Налог на прибыль, млн.руб.	114,34	30,43	67,51	257,09	271,87
НДС, млн.руб.	129,21	1,35	330,45	424,29	435,14

Окончание таблицы 7.6

Наименование	Год реализации проекта				
	2022	2023	2024	2025	2026
Взносы в социальные фонды, млн.руб.	24,16	25,34	25,34	25,34	22,66
Налог на имущество, млн.руб.	2,94	56,42	253,7	249,1	238,51
Итого, млн.руб.	270,65	113,54	677	955,82	968,2

Вывод: с увеличением прибыли происходит увеличение налога на нее.

7.4 Оценка суммы прибыли от реализации электроэнергии и мощности

Прибыль – это конечный финансовый результат от продажи электрической энергии генерирующей компании. В общем виде представляет разницу между ценой продукции и ее себестоимостью.

Годовая прибыль первых лет эксплуатации представлена в таблице 7.7.

Таблица 7.7 - Годовая прибыль в первые годы эксплуатации

Наименование	Год реализации проекта				
	2022	2023	2024	2025	2026
Выручка (нетто), млн.руб.	1563,97	2416,8	2485,61	2551,22	2616,26
Текущие расходы, млн.руб.	516,27	2899,7	873,08	876,72	876,72
EBITDA (Валовая прибыль), млн.руб.	1303,31	2014	2071,34	2126,1	2180,22
ЕВИТ (прибыль от налогообложения), млн.руб.	1047,71	1482,9	1612,53	1674,51	1739,55
Скорректированный налог на прибыль, млн.руб.	209,54	296,58	322,51	334,9	347,91
NOPAT (чистая прибыль), млн.руб.	838,16	386,32	1290,02	1339,61	1391,64
Ставка налога на прибыль, %	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00

Вывод: из-за окупаемости проекта происходит рост чистой прибыли. Вместе с прибылью начинается увеличение скорректированного налога на прибыль.

Динамика суммы чистой прибыли показана на рисунке 7.2.

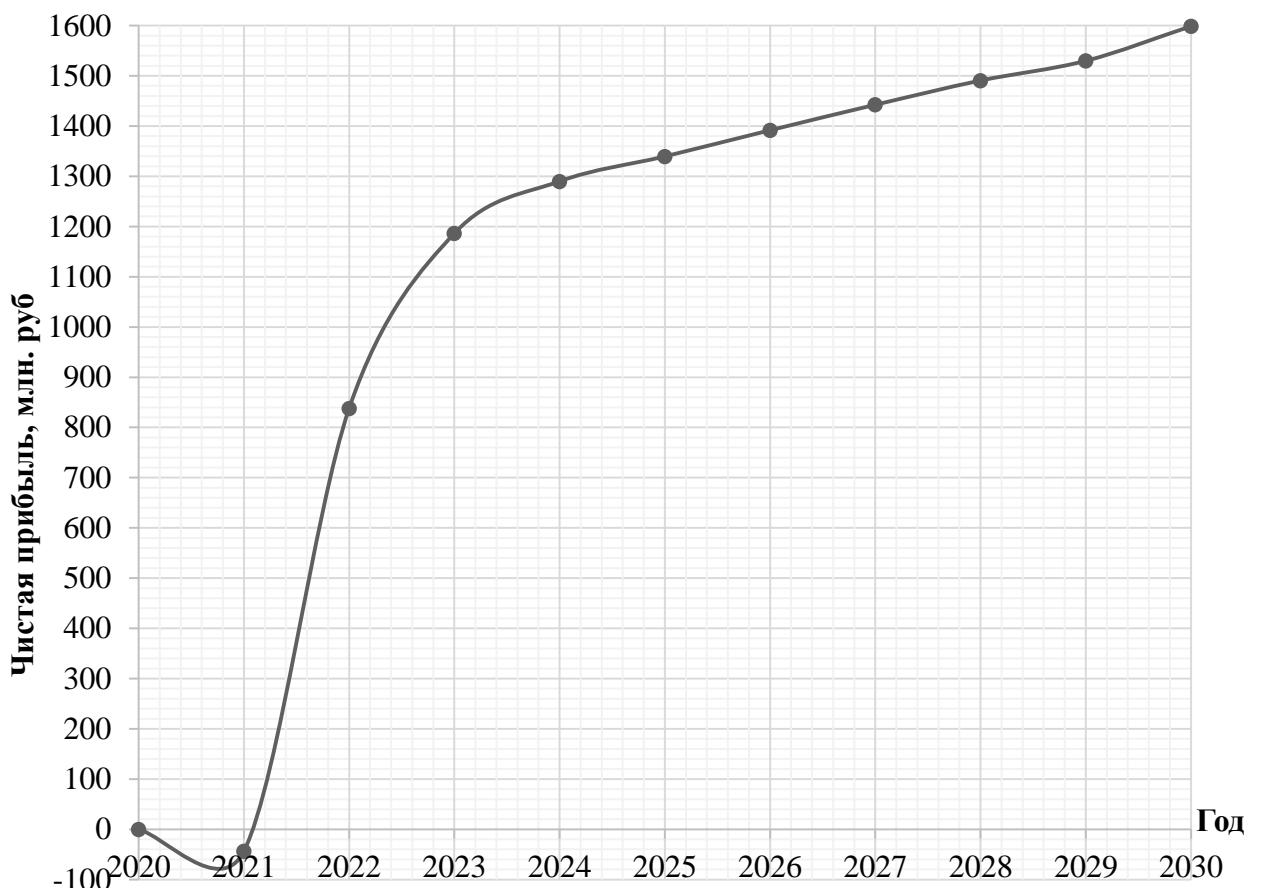


Рисунок 7.2 – Чистая прибыль, млн. руб.

Вывод: рост прибыли происходит из-за увеличения выдаваемой мощности.
Изменение суммы прибыли/убытков по проекту можно увидеть на рисунке 7.3.

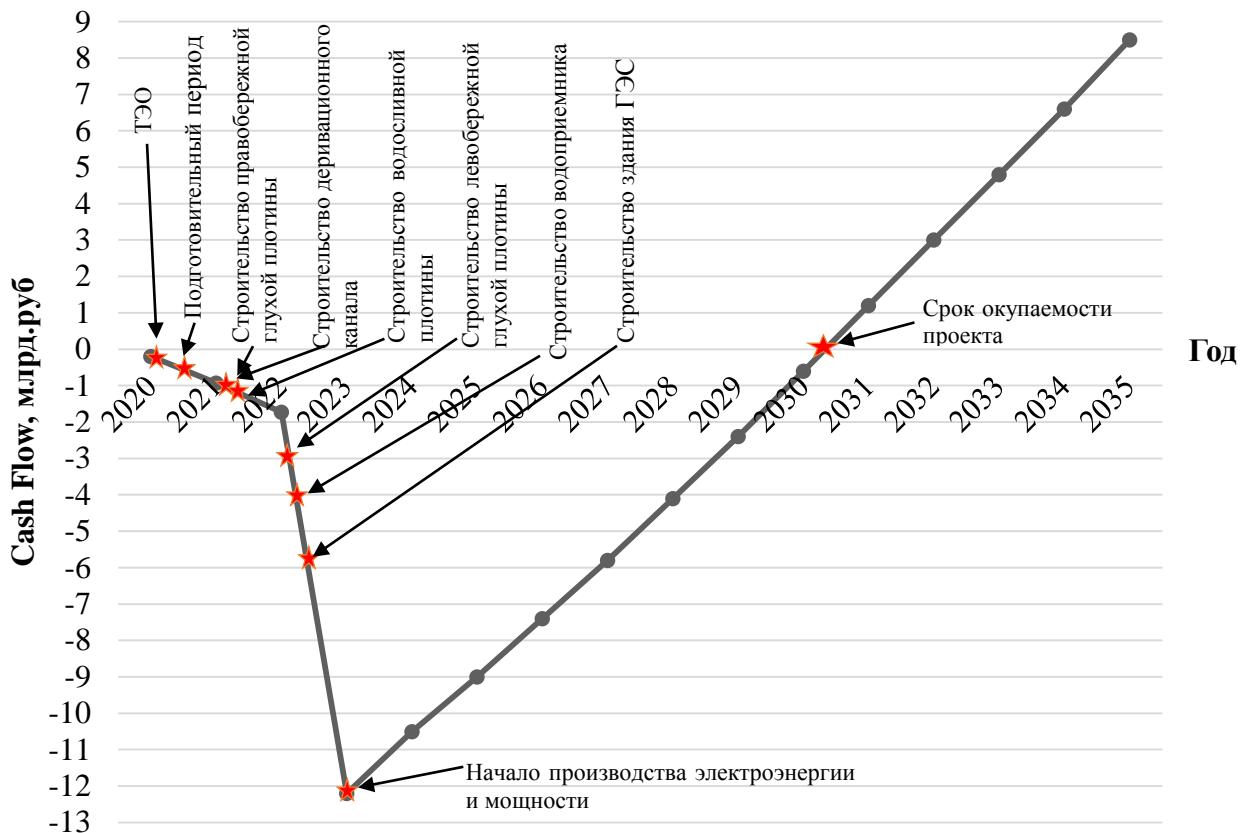


Рисунок 7.3 – Изменение суммы прибыли/убытков по проекту, с добавлением укрупненных этапов строительства проекта, млн. руб.

Вывод: В период строительства Архызской ГЭС чистая прибыль отрицательна, так как идут капитальные вложения в строительство объекта и все связанные затраты с ним. С момента производства электроэнергии и мощности, т. е. пуска гидроагрегатов, происходит рост дохода. Все это приводит к началу окупаемости ГЭС.

7.5 Оценка инвестиционного проекта

Главной целью оценки инвестиционного проекта является определение целесообразности реализации проекта, с учетом условий Заказчика (Приложение к приказу ОАО «РусГидро» от 16.01.2017 №9 - «Единые сценарные условия ОАО «РусГидро» на 2017-2042 гг.»).

7.5.1 Методология исходных данных

Целью оценки является определение показателей эффективности проекта, к таким показателям относятся:

- Чистый, дисконтированный доход;
- Индекс прибыльности;
- Срок окупаемости и т. д.

Расчёт показателей эффективности проекта выполняется в соответствии с:

а) «Методические рекомендации по оценке эффективности и разработке инвестиционных проектов и бизнес-планов в электроэнергетике», утвержденных приказом ОАО РАО «ЕЭС России» от 07.02.2000г. № 54 на основании Заключения Главгосэкспертизы России от 26.05.1999г. №24-16-1/20-113;

б) «Методические рекомендации по оценке эффективности и разработке инвестиционных проектов и бизнес-планов в электроэнергетике на стадии пред ТЭО и ТЭО», Москва, 2008 г., утвержденными РАО «ЕЭС России» от 31.03.2008г № 155 и Главгосэкспертизой России от 26.05.1999г. №24-16-1/20-113.

в) Приложение к приказу ОАО «РусГидро» от 16.01.2017 №9 - «Единые сценарные условия ОАО «РусГидро» на 2017-2042 гг.»

Расчёты проводились с использованием лицензионной версии программного продукта ProjectExpert, фирмы ExpertSystems.

Для целей оценки эффективности инвестиционного проекта принимаются следующие предпосылки:

1. Период прогнозирования для Архызской ГЭС составляет 20 лет, в соответствии со сроком службы основного оборудования.

2. Используемая при оценке эффективности информация отражает экономическую ситуацию, сложившуюся на 1 кв. 2020 года.

3. Предполагается что в течении прогнозного периода не будет происходить глобальных изменений в экономической ситуации, существующих правил и законов.

7.5.2 Коммерческая эффективность

Цель проведения расчетов коммерческой эффективности Архызской ГЭС на реке Архыз – определение показателей эффективности инвестиций.

Основные показатели эффективности реализации проекта представлены в таблице 7.8.

Таблица 7.8 - Показатели эффективности реализации проекта «Архызская ГЭС на реке Архыз»

Наименование	Значение
Ставка дисконтирования	11,60
Дисконтированный период окупаемости - DPB, мес	120
Чистый приведенный доход – NPV, млн.руб	3,95
Индекс прибыльности – PI, руб.	1,57
Внутренняя норма рентабельности - IRR, %	13,7
Себестоимость эл. энергии, руб/кВт·ч	0,62
Удельные капиталовложения, руб/кВт	84202,17

Вывод: Индекс прибыльности больше единицы – проект перспективен в будущей доходности. Чистый приведенный доход положительный, значит проект инвестиционно эффективен.

7.5.3 Бюджетная эффективность

Показатели бюджетной эффективности отражают влияние результатов проекта на доходную часть федерального и регионального бюджета. Доходная часть бюджетов различных уровней формируется за счёт налоговых поступлений величина которых показана в таблице 7.9.

Таблица 7.9 – Предполагаемые налоговые поступления в федеральный и региональные бюджеты

Наименование	3-12.2020	2021	2022	2023	2024
В федеральный бюджет, млн.руб.	14,33	21,03	272,16	64,75	430,92
В региональный бюджет, млн.руб.	0,26	2,14	2,94	56,42	253,7
Итого налоговых поступлений, млн.руб.	14,59	23,17	275,1	121,17	684,62

Вывод: в основном налоговые поступления идут в федеральный бюджет, так как в него входят такие налоги как: водный налог, налог на добавленную стоимость, взносы во внебюджетные фонды и налог на прибыль. Совсем небольшая часть в региональный, так как в него входит только налог на имущество.

7.6 Анализ чувствительности

Основным методом исследования рисков является анализ чувствительности - метод оценки влияния основных параметров финансовой модели на результирующий показатель.

В данном разделе проведен анализ чувствительности величины РІ к изменениям:

- а) Ставки налогов (рисунок 7.4);
- б) Цена сбыта (рисунок 7.5);
- в) Ставка дисконтирования (рисунок 7.6).

Пределы изменения рассматриваемых факторов определялись эксперально.

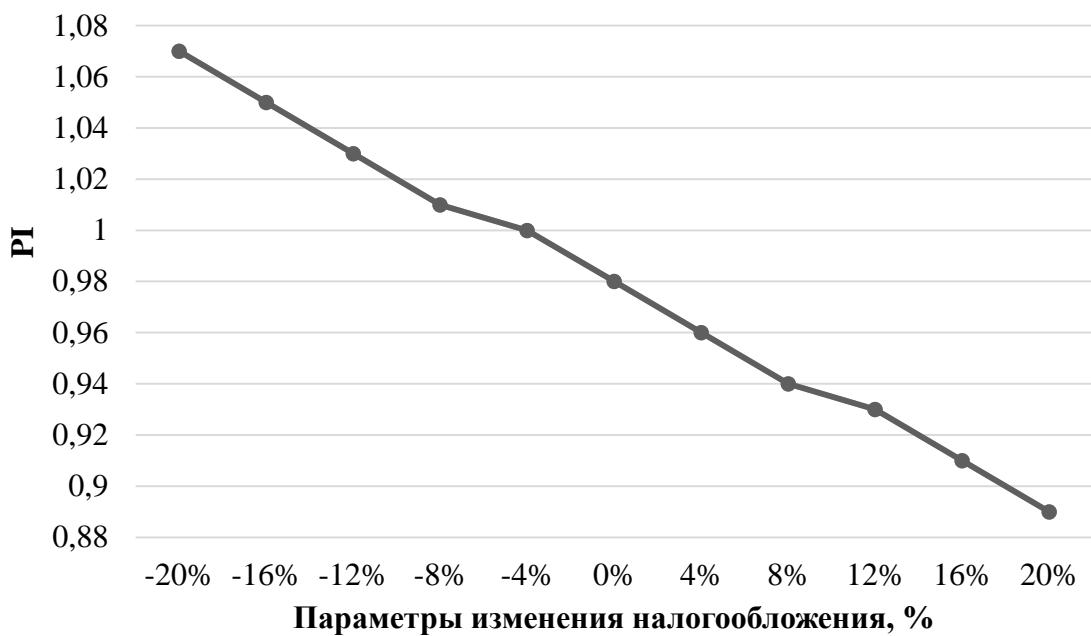


Рисунок 7.4 – Изменение PI в зависимости от изменения ставки налогов

Вывод: Чем больше ставка налога, тем меньше индекс прибыльности PI. Это связано с тем, что сумма налогов занимает большую часть в отчислениях.

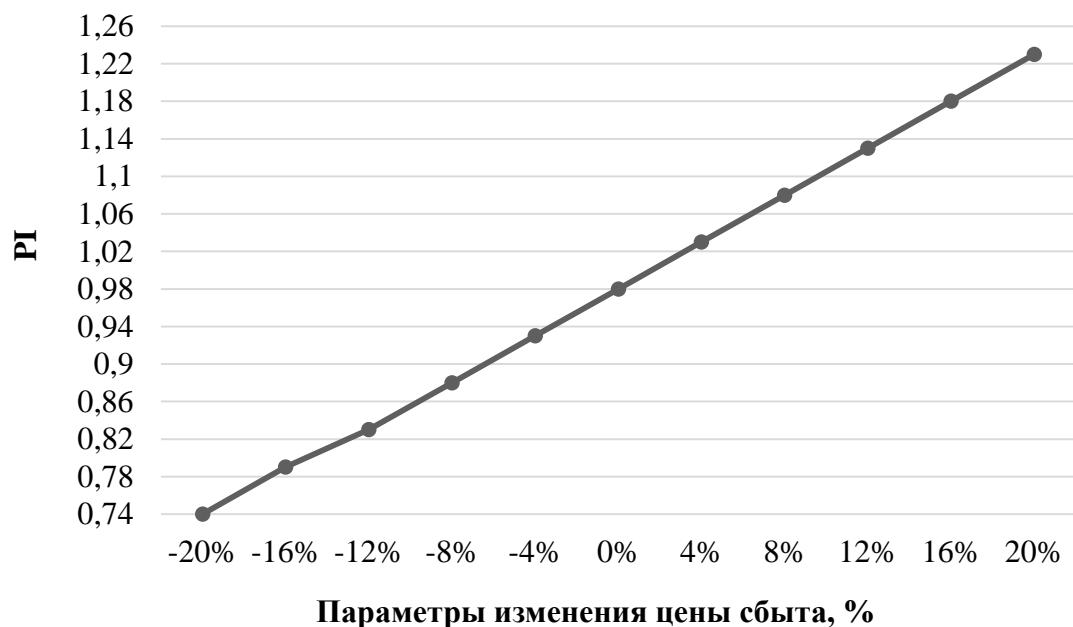


Рисунок 7.5 – Изменение PI в зависимости от изменения цены сбыта

Вывод: Изменение цены сбыта в меньшую (большую) сторону приводит к уменьшению (увеличению) прибыли и индекса прибыльности PI.

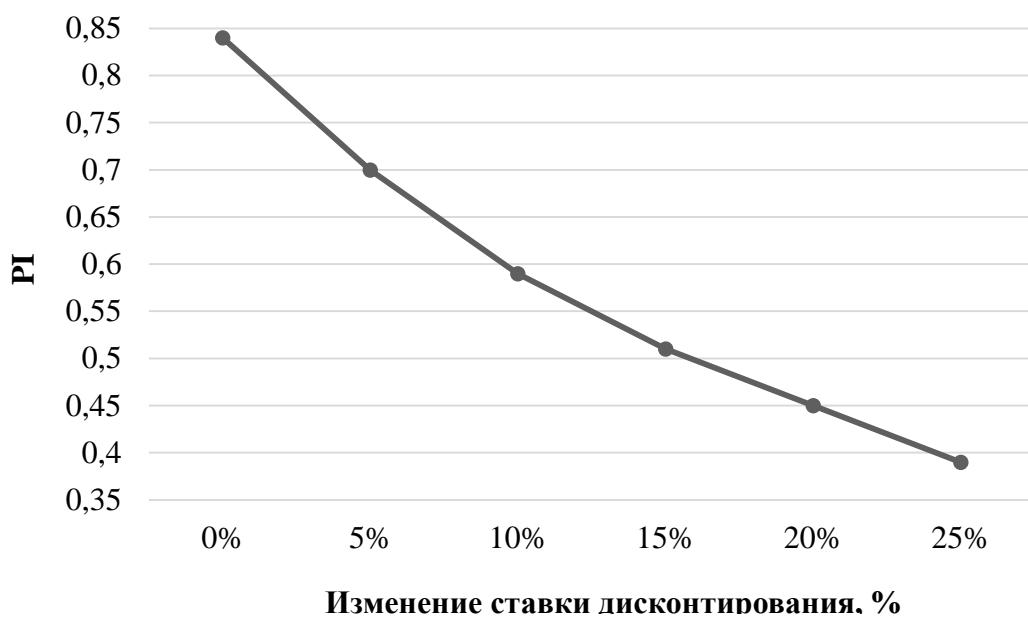


Рисунок 7.6 – Изменение PI в зависимости от изменения ставки дисконтирования

Вывод: Увеличение ставки дисконтирования приводит к уменьшению индекса прибыльности PI.

8 Расчет состава укатанного бетона и разработка технологии укладки

8.1 Укатанные бетоны

8.1.1 Принципы технологии

Укатанные бетоны - это бетоны из смесей высокой жесткости, позволяющих непосредственно после их укладки движение по их поверхности строительных машин и применение механизированных методов производства работ по укладке особо жестких бетонных смесей (ОЖБС).

В современной практике плотиностроения применение укатанного бетона является основным способом повышения интенсивности и уровня механизации строительства за счет использования в строительном процессе высокопроизводительных машин

Технология укатанного бетона приближается к технологии возведения грунтовых сооружений - послойная отсыпка жестких бетонных смесей, по консистенции, напоминающей грунтовый материал с последующей укаткой катками, как и в земляных насыпях.

Одним из главных вопросов, который необходимо решить, - вопрос снижения тепловыделения при укладке. При укладке бетона температура в массиве повышается примерно на 1° на каждые $10 \text{ кг}/\text{м}^3$ цемента. В случае высокомарочных бетонов температура в центре блока может доходить до 80° . Из этого следует, что сначала массив разогревается, затем он остывает. Кроме этого, цементный камень при твердении имеет свойство занимать меньший объем, чем исходные материалы, т. е. происходит усадка бетона. Это ведет к раскрытию швов. При перепаде температур на контакте между бетоном и атмосферой $20^{\circ} - 25^{\circ}$ происходит образование трещин, которые иногда переходят в сквозные. Так же трещины могут появляться при укладывании бетонной смеси на холодное основание, т. е. когда верхний блок разогревается, а нижний холодный. Эти трещины, как правило, являются сквозными и могут достигать до 20 м по высоте (на Усть – Илимской ГЭС). Сквозные трещины не имеют ничего хорошего с точки зрения водонепроницаемости. Для несущей способности плотины они также являются очень неприятны, т. к. их очень трудно лечить. Обычная цементация трещин не получается, их приходится инъектировать смолой, а это очень дорого и достаточно сложно. Существуют методы борьбы со сквозными трещинами:

1. Максимальное уменьшение расхода цемента, который определяется как маркой бетона, так и технологией укладки;

2. Применение трубного охлаждения. Это значит, что должна иметься насосная станция, от которой на плотину возводятся подающие и отводящие магистральные трубопроводы. В каждом блоке укладываются змеевики с определенным шагом. Они, главным образом, применяются для того, чтобы охладить массив к температуре примерно равной среднемноголетней температуре, которая будет в сооружении для того, чтобы можно было

засементировать открывшиеся швы. Опыт показывает, что снижение максимальной температуры в блоке (охлаждение по I этапу) незначительно и не может заменить мероприятия, указанные в пункте 1.

По некоторым оценкам борьба с трещинообразованием, в том числе охлаждение бетона и цементация, по стоимости соизмеримы со стоимостью бетона

Можно сделать вывод, что применением бетонов с низким расходом цемента решается экономическая проблема, т. е. понижается стоимость бетонов в сооружении.

Зональное распределение бетона позволяет применять укатанные бетоны более эффективно, с точки зрения экономики, в зонах где они допустимы по техническим характеристикам.

Конструкции плотин можно свести к трём типам (рисунок 8.1):

А) первый тип - плотины из укатанного бетона, расположенного внутри тела плотины, и заключенного по контуру в оболочку из плотного выбрированного бетона, обладающего более высокими техническими характеристиками;

Б) второй тип - плотина полностью из укатанного бетона, но с наличием экрана на напорной грани;

В) третий тип - плотины полностью из укатанного бетона, но с зональным его распределением по маркам.

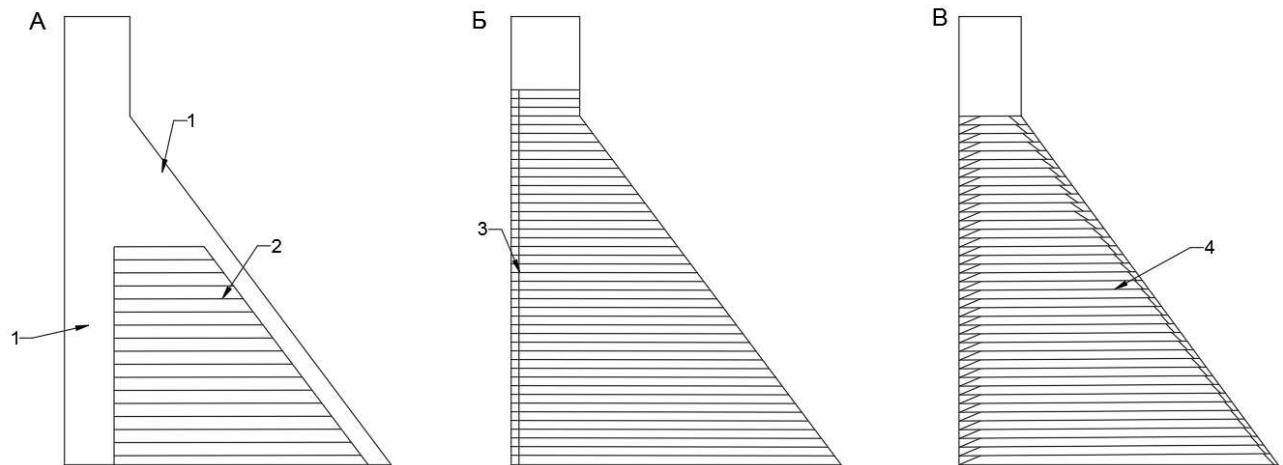


Рисунок 8.1 – Схемы зонального распределения бетона в плотинах с использованием укатанного бетона:

1 – наружные зоны из выбирируемого бетона, 2 – внутренняя зона из укатанного бетона, 3 – противофильтрационный элемент, 4 – зоны укатанного бетона с различными свойствами

Вариант плотины под номером А является для нас предпочтительным по условиям климата. Так как у нас в бетонах наружных зон плотины требуется повышенная морозостойкость, которую не может удовлетворить, по условиям характеристик, укатанный бетон.

8.1.2 Достоинства технологии

Важными преимуществами применения укатанных бетонов являются их способность воспринимать строительные нагрузки сразу же после укладки и уплотнения бетонных смесей, как и при укладке грунтовых смесей, а также более простые и дешевые способы регулирования температурного режима бетонной кладки и уменьшения в ней термического трещинообразования.

Отличие свойств укатанного бетона низких марок от обычного выбрированного бетона тех же классов по прочности на сжатие можно характеризовать следующими достоинствами:

1) Низкое тепловыделение, что обуславливает малый адиабатический подъем температуры и возможность бетонировать блоками больших размеров с укладкой слоя толщиной 30-50 см;

2) Более низкий расход цемента, при одинаковом классе бетона;
3) Механизация работ;
4) Более низкие требования к заполнителям;
5) Возможность использовать технику (серийную) для земляных работ;
6) Сокращение объема опалубки;
7) Возможность движения транспорта сразу после укладки;
8) Нет необходимости цементации межстолбчатых швов;
9) Первоначальная прочность, позволяющая работу механизмов на поверхности блока;

10) Отсутствие заметной цементной пленки на поверхности уложенного бетона, что исключает необходимость специальной обработки ниже лежащего слоя перед укладкой следующего;

11) Соответственно более низкие затраты на сооружение;
12) Возможность пропуска строительного паводка по уложенному бетону.

8.1.3 Недостатки технологии

- 1) Отсутствие в России нормативных документов на укатанные бетоны;
- 2) Низкая водонепроницаемость, особенно по швам;
- 3) Существенно более низкая однородность по прочности и, особенно, по высоте слоя укладки, что требует поддержания более высокой средней прочности бетона;
- 4) Очень низкая морозостойкость;
- 5) Трудоемкость подготовки основания под следующий слой;
- 6) Практическая невозможность работ зимой;
- 7) Сложность устройства швов (секционных, горизонтальных и других) и обеспечения водонепроницаемости сооружения;
- 8) Необходимость проектирования конструкции под технологию укатки;

9) Отсутствие разработанных и утвержденных в России методов контроля качества;

10) Необходимость иметь на объекте 2 технологии для бетонных работ: виброукладка и укатка;

11) В соответствии с пунктом 10 необходим двойной набор составов бетона, технологий для приготовления и укладки ОЖБС и вибрированного бетона;

12) Сложность контроля подвижности, соответственно необходимо иметь на бетонном заводе надежные и точные датчики влажности заполнителей;

13) Сложность установки арматуры, приборов КИА;

14) Сложность подачи бетонной смеси к месту укладки;

15) Сложности уплотнения в «узостях» и примыканиях;

16) Повышенная склонность к расслоению при крупности заполнителей более 40 – 60 мм.

8.2 Альтернативные варианты технологий

1) Малоцементные бетоны по технологии виброукладки;

2) Сооружения из грунто - цементных смесей;

3) Грунтовые сооружения с «новыми» типами противофильтрационных устройств:

- стена в грунте;

- жесткая диафрагма (бетон, асфальтобетон и другие).

8.3 Расчет состава укатанного бетона

8.3.1 Определение объема укатанного бетона

Объем бетонирования укатанным бетоном водосливной части определяется с помощью программы AutoCAD:

$$V_{\text{у.б.}}^{\text{В.П.}} = S_{\text{В.П.}} \cdot b = 55,5 \cdot 5 = 277,5 \text{ м}^3, \quad (8.1)$$

где $S_{\text{В.П.}} = 55,5 \text{ м}^2$ - площадь укатанного бетона в водосливной плотине;

$b = 5 \text{ м}$ - ширина водосливной плотины.

Объем бетонирования укатанным бетоном глухой левобережной части плотины определяется с помощью программы AutoCAD:

$$V_{\text{у.б.}}^{\text{Л.П.}} = S_{\text{Л.П.}} \cdot b = 94 \cdot 90 = 8460 \text{ м}^3, \quad (8.2)$$

где $S_{\text{Л.П.}} = 94 \text{ м}^2$ - площадь укатанного бетона в с;

$b = 90 \text{ м}$ - ширина глухой левобережной части плотины.

Объем бетонирования укатанным бетоном глухой правобережной части плотины определяется с помощью программы AutoCAD:

$$V_{\text{У.Б.}}^{\text{П.П.}} = S_{\text{П.П.}} \cdot b = 94 \cdot 95 = 8930 \text{ м}^3, \quad (8.3)$$

где $S_{\text{П.П.}} = 94 \text{ м}^2$ - площадь укатанного бетона в глухой правобережной части плотины;

$b = 95 \text{ м}$ - ширина глухой правобережной части плотины.

Полный объем укатанного бетона:

$$\Sigma V_{\text{У.Б.}} = S_{\text{В.П.}} + S_{\text{Л.П.}} + S_{\text{П.П.}} = 277,5 + 8460 + 8930 = 17667,5 \text{ м}^3. \quad (8.4)$$

Полный объем укатанного бетона составляет примерно 17% от общего объема бетона, что делает малоперспективной идею применения ОЖБС в данном сооружении.

Зоны укатанного бетона в глухих частях и водосливной плотине представлены на рисунке 8.2.

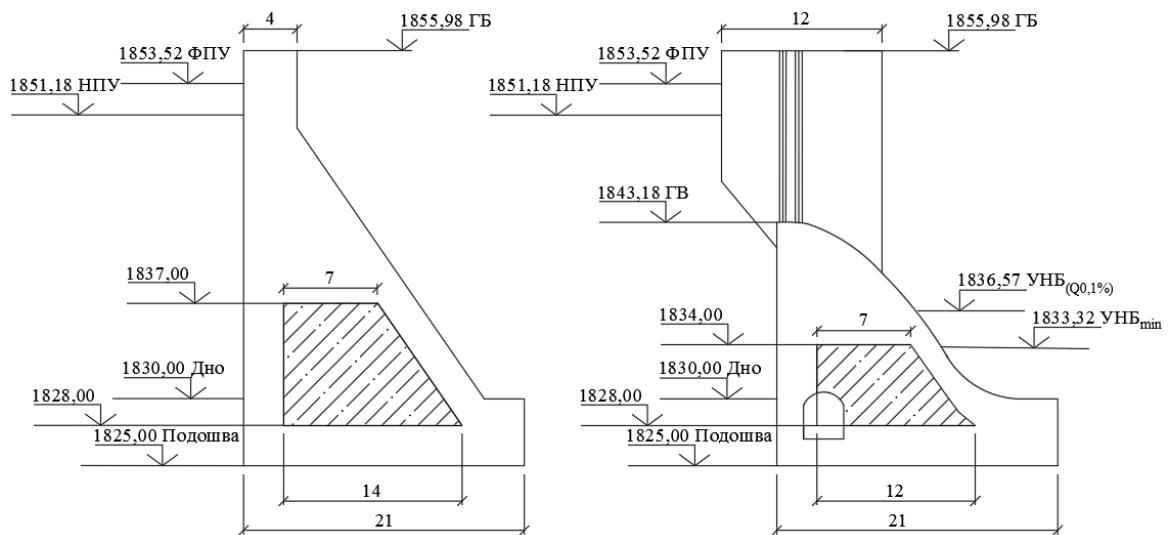


Рисунок 8.2 – Зоны укатанного бетона в плотине
Архызского гидроузла

8.3.2 Состав укатанного бетона

Работа по подбору выполняется с учетом требований ГОСТа 27006 – 2017 «Бетоны. Правила подбора состава.» [28].

Задание: необходимо подобрать состав укатанного бетона.

Задаемся классом цемента 32,5 (ориентировочно М400) с минимальной активностью цемента 32,5 Мпа. Песок средней крупности с водопотребностью

7% и истинной плотностью 2,63 кг/л. Гранитный щебень с предельной крупностью 40 мм и истинной плотностью 2,6 кг/л. Жесткость 25 сек.

Требуется класс бетона В10, к которому мы пришли из расчетов сооружения.

Ориентируемся, что коэффициент вариации должен быть примерно 25% (0,25) для укатанных бетонов, который отличается повышенной неоднородностью.

Тогда требуемая средняя прочность, которую должны получить при подборе состава, определяется по формуле

$$R_{mp} = \frac{R_{kl}}{1 - 1,28 \cdot C_v} = \frac{10}{1 - 1,28 \cdot 0,25} = 14,7 \text{ МПа}, \quad (8.5)$$

где $R_{kl} = 10 \text{ МПа}$ - прочность для класса бетона В10;

1,28 - коэффициент для массивных бетонных сооружений, соответствующий 90% обеспеченности прочности;

$C_v = 0,25$ - коэффициент вариации для укатанных бетонов.

β/ζ определяется по формулам

$$\frac{B}{\zeta} = \frac{A \cdot R_u}{R_\sigma + 0,5 \cdot A \cdot R_u}, \text{ если } \frac{B}{\zeta} > 0,4; \quad (8.6)$$

$$\frac{B}{\zeta} = \frac{A_l \cdot R_u}{R_\sigma - 0,5 \cdot A_l \cdot R_u}, \text{ если } \frac{B}{\zeta} < 0,4. \quad (8.7)$$

где $A = 0,65$ и $A_l = 0,43$ - коэффициенты, принимаемые в зависимости от качества материалов по [3, таблица 5.2],

$R_\sigma = 14,7 \text{ МПа}$ и $R_u = 40 \text{ МПа}$ - требуемые прочность бетона и активность цемента соответственно, которые находятся по рисунку 8.3.

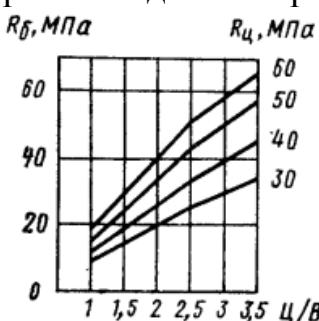


Рисунок 8.3 – График для назначения ζ/B в зависимости от требуемой прочности бетона R_σ и активности цемента R_u

Тогда:

$$\frac{B}{U} = \frac{0,65 \cdot 40}{14,7 + 0,5 \cdot 0,65 \cdot 40} = 0,94 > 0,4.$$

По рисунку 8.4 определяем ориентировочный расход воды.

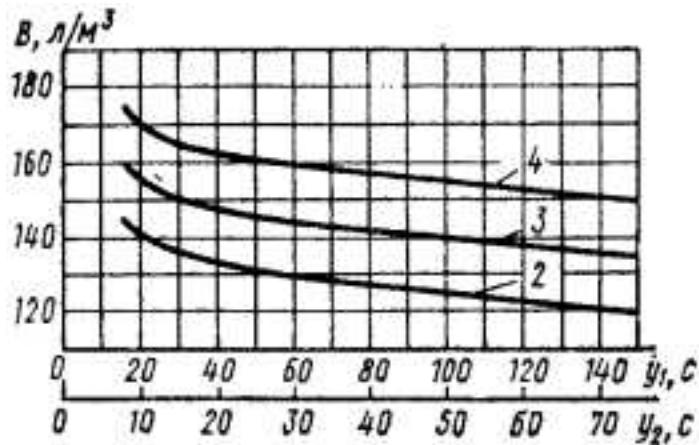


Рисунок 8.4 – График водопотребности В жесткой бетонной смеси, изготовленной с применение портландцемента, песка средней крупности (водопотребностью 7%) и гравия наибольшей крупности: 2 – 40 мм; 3 – 20 мм; 4 – 10 мм; y_1 – удобоукладываемость по техническому вискозиметру; y_2 – то же, по способу Б. Г. Скрамтаева.

Тогда по рисунку 3.3 расход воды составляет $130 \text{ л}/\text{м}^3$.

Определяется расход цемента по формуле

$$U = \frac{B}{B/U} = \frac{130}{0,94} = 138 \text{ кг}/\text{м}^3. \quad (8.8)$$

Определяется пустотность щебня по формуле

$$\Pi_{uq} = 1 - \frac{\rho}{\rho'} = 1 - \frac{1,48}{2,6} = 0,43. \quad (8.9)$$

По [30, таблица 10.4] определяем коэффициент раздвижки $\alpha = 1,65$ (по интерполяции).

Определяется расход щебня по формуле

$$Uq = \frac{1000}{\alpha \cdot \Pi_{uq} + \frac{1}{\rho'}} = \frac{1000}{1,65 \cdot 0,43 + \frac{1}{2,6}} = 1154 \text{ кг}/\text{м}^3. \quad (8.10)$$

Определяется расход песка по формуле

$$\Pi = \rho_{\Pi} \cdot \left(1000 - \frac{\varUpsilon}{\rho_{\varUpsilon}} - B - \frac{\varPi}{\rho'} \right); \quad (8.11)$$

$$\Pi = 2,63 \cdot \left(1000 - \frac{138}{3,1} - 130 - \frac{1154}{2,6} \right) = 1004 \text{ кг/м}^3.$$

Проверка: сумма абсолютных объемов всех материалов должна давать 1 м³:

$$\frac{\varUpsilon}{\rho_{\varUpsilon}} + B + \frac{\varPi}{\rho_{\varPi}} + \frac{\varPi}{\rho_n} = 1 \text{ м}^3; \quad (8.12)$$

$$\frac{138}{3,1} + 130 + \frac{1154}{2,6} + \frac{1004}{2,63} = 45 + 130 + 444 + 381 = 1000 \text{ л} = 1 \text{ м}^3.$$

В итоге расчетный состав бетона: $\varUpsilon = 138 \text{ кг/м}^3$;
 $B = 130 \text{ л}$;
 $\varPi = 1004 \text{ кг/м}^3$;
 $\varPi = 1154 \text{ кг/м}^3$.

После выполнения предварительного расчета состав необходимо проверить в лаборатории и внести корректировки. После корректировки состава, необходимо провести опытную укладку.

Порядок проверки рассчитанных составов в лаборатории:

1. Испытание всех материалов в лаборатории (цемента, песка, крупного заполнителя, добавки);

2. Определение оптимального расхода песка;

3. Построение зависимости прочности от водно-цементного отношения

$$R = f\left(\frac{B}{\varUpsilon}\right);$$

4. Назначение составов заданных классов для проверки затворениями в лаборатории;

5. Корректировка составов, полученных в пункте 4 с учетом фактической активности цемента;

6. Проверка рабочих составов и опытной укатки на бетонном заводе;

7. Утверждение составов бетона (с корректировкой по результатам в пункте 6).

8.4 Возведение плотины Архызского гидроузла из укатанного бетона

8.4.1 Выбор мощности бетонного хозяйства

Площадь блока определяется по формуле

$$S_\delta = l \cdot b = 21 \cdot 10 = 210 \text{ м}^2, \quad (8.13)$$

где $l = 21 \text{ м}$ - длина блока;

$b = 10 \text{ м}$ - ширина блока.

Толщина слоя $t = 0,5 \text{ м}$, значит объем блока определяется по формуле

$$V_\delta = t \cdot S_\delta = 0,5 \cdot 210 = 105 \text{ м}^3. \quad (8.14)$$

Время перекрытия максимум составляет 3 часа. Определяется интенсивность укладки по формуле

$$J = \frac{V_\delta}{3} = \frac{105}{3} = 35 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (8.15)$$

Принимаем 2 бетонных завода со смесителями принудительного перемешивания, емкостью 1 м^3 . Время 1 замеса $2,5 - 3$ минуты в лучшем случае, за час примерно 20 замесов.

8.4.2 Технология укладки

Механизмы, необходимые для укладки укатанного бетона:

1. Виброкаток BW 200 RICOMAG в комплекте 1 штука, рабочей массой 6 тонн;
2. Самосвал КАМАЗ - 43255 грузоподъемностью 7 тонн;
3. Бульдозер Case 550H массой 6,5 тонн. Гусеницы должны быть гладкими, если есть выступы, то их необходимо срезать.

Укладка укатанного бетона включает подачу ОЖБС в блок, распределение, разравнивание и уплотнение. Бетонирование низового клина производится при возведенном первом столбе плотины. Интенсивность бетонирования до $50 \text{ м}^3/\text{час}$, что позволяет обойтись одним виброкатком и одним комплектом механизмов.

Разравнивание бетонной смеси ведется слоями 0,6 м толщины в рыхлоотсыпаемом состоянии.

В примыкании к низовой грани укладывается полоса вибрированного бетона в соответствии с рабочими чертежами. Стык вибрированного бетона и ОЖБС подлежат тщательной проработке глубинным вибратором и

дополнительному уплотнению виброкатком с вибрацией, что трудно реализовать из-за большой разницы в жесткости смеси по обе стороны стыка.

Укладка захватки укатанного бетона ведется в одном направлении от шва к противоположному шву. Захватка формируется на всю ширину карты. Нарезка секционных швов производится механизмом с алмазными дисками.

Во избежание значительной сегрегации при выгрузке бетонной смеси первые две порции смеси выгружаются из бетоноукладочного транспорта с приваливанием их друг к другу. Затем производится разравнивание смеси бульдозером с образованием пандуса. Дальнейшая выгрузка смеси идет на пандус.

Далее бульдозер формирует слой бетонной смеси толщиной 0,6 м на ширину карты с образованием следующего пандуса. Отделившиеся частицы крупного заполнителя подбираются с поверхности основания лопатами и распределяются по поверхности слоя до его уплотнения. С целью уменьшения сегрегации в зоне шва не допускается разгрузка ОЖБС ближе 1,5 м от опалубки или бетонных граней.

Отформованная часть уплотняется виброкатком до момента начала схватывания ОЖБС. Укладка происходит ориентировочно минимум 10 проходов (2 без вибратора, затем раз 6 с вибратором и еще раза 2 без вибратора), уточняется опытной укаткой. Время с момента приготовления до окончания уплотнения бетонной смеси не должно превышать 2 – 3 часа, в зависимости от температуры смеси и наружного воздуха. Примыкание следующей захватки также не должно превышать указанного времени.

В местах, недоступных уплотнению смеси основными уплотняющими механизмами применяются вибротрамбовки. Уплотнение ручными трамбовками может создавать определенные сложности и привести к снижению плотности уложенной ОЖБС, что недопустимо.

8.4.3 Применение ступенчатого водосброса

Возможно применение ступенчатого водосброса с высотой ступени равной высоте шва, за исключением верхней зоны, на которой должен быть сформирован паз аэратора для подвода воздуха. Высота ступени паза должна быть минимум 1 м. также в бычках должны быть предусмотрены пазы для подвода воздуха в пространство между бетонном горизонтального паза и сбрасываемой водой. Технология ступенчатого водосброса помогает избежать кавитационных разрушений бетона.

8.4.4 Подготовка поверхности блока к бетонированию

Подготовка блока к бетонированию проводится в 2 этапа:

1. По свежеуложенному бетону начинают кататься механизмы. Эти механизмы никуда не проваливаются, но происходит разрушение верхнего слоя

бетона, т. к. сцепление щебня с основным массивом бетона еще не произошло. Из-за этого приходится убирать слой разрушенного бетона с поверхности;

2. Перед укладкой следующей порции бетона приходится проводить еще более тщательную и чистую зачистку потому, что механизмы, опять же, покатались по поверхности бетона и снова произошло разрушение.

Из этого следует, что экономия по подготовке поверхности блока оказалось не такой большой по сравнению с подготовкой блока под вибрированный бетон. Но это компенсируется за счет большой интенсивности укладки.

Опыт показывает, что для укладки укатанного бетона возможно применять только виброкатки.

8.4.5 Уход за бетоном

Поверхность уплотненного бетона необходимо постоянно поддерживать во влажном состоянии течении 14 суток, либо до перекрытия его вышележащим слоем. При температуре ниже +5°C влажностный уход не осуществляется, а при температуре от 0°C до -5°C необходимо укрывать пологами.

Поверхность недоуплотненного или размытого бетона с раковинами разделяется до плотного бетона. Перед укладкой следующего слоя укатанного бетона поверхность ранее забетонированного блока (старое основание) необходимо очищать от грязи и мусора вручную. Затем идет продувка сжатым воздухом, после этого промывка водой и еще раз сжатым воздухом для того, чтобы убрать лишнюю воду. Снимать цементную пленку не нужно.

8.4.6 Контроль качества укатанного бетона и бетонных работ

Контроль качества укатанного бетона является одной из операций системы контроля качества на сооружении. Общая система контроля качества на сооружении включает в себя: входной контроль качества всех материалов, контроль работы бетонного завода при приготовлении смеси, контроль доставки цемента, контроль технологии укладки (транспорт, раскладка, уплотнение), контроль ухода за бетоном и лабораторный контроль (отбор образцов).

На стройке должна работать система контроля, в том числе техническая инспекция – контроль подготовки блоков к бетонированию (опалубка, арматура, закладные КИА и т. д.).

Так же должна присутствовать строительная лаборатория – контроль за бетоном от приемки материалов, приготовления бетонной смеси до укладки и ухода за бетоном, в том числе контроль составов (дозировка материалов), жесткости, прочности и т. д., и потом испытания выбуренных кернов. Далее составляется отчет в лаборатории.

Контроль качества уплотнения ОЖБС в слое производится по измерению технологических параметров в процессе уплотнения (жесткость бетонной смеси,

толщина слоя, схема и скорость перемещения виброкатка в режиме уплотнения, число проходов по одному следу, показания плотномера катка).

Оперативный контроль за качеством укатанного бетона необходимо вести по результатам определения плотности данного бетона методом лунки.

Окончательная оценка прочности и плотности укатанного бетона в сооружении производится по результатам испытания образцов – кернов из затвердевшего бетона, выбуренных из массива укатанного бетона (диаметром не менее 150 мм). Осложнения вызывает отсутствие норм контроля и методов испытаний для ОЖБС.

8.4.7 Укладка ОЖБС при отрицательных температурах

Укладка укатанного бетон должна производиться только в летний период времени за один сезон ввиду незначительного объема бетона.

Имеется отрицательный опыт укладки ОЖБС в зимнее время. Рекомендуется укладывать бетонную смесь при температуре выше -5°C. При температуре наружного воздуха ниже -10°C наблюдалось налипание, примораживание растворной составляющей бетонной смеси на вибровальцы.

Как это выглядело: на вибровальцах стоит скребок, идет каток и за ним слой мороженой крошки, которая счищена с вальцов. Во-первых, вальцы с поверхности бетона выдирают всю мелочь, которая к ним примерзает. Во-вторых, сложно предохранить поверхность уложенной смеси от замораживания до укладки следующего слоя или набора прочности не менее 40 – 50%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном бакалаврском проекте запроектирован Архызский гидроузел на реке Архыз в Карачаево-Черкесской республике. Плотина относится ко II классу сооружений.

Задачи, решаемые при возведении Архызской гидроэлектростанции:

1. Появление рабочих мест;
2. Развитие инфраструктуры.

Была выбрана компоновочная схема – деривационная. Напорный фронт образует бетонная водосливная плотина. ГЭС с напорной деривацией, выполненной в виде туннелей, протяженностью 1550 м. Гидроузел имеет бассейн годичного регулирования.

По проведению водно-энергетического расчета были определены установленная мощность 184 МВт и среднемноголетняя выработка электроэнергии 804 млн. кВт·ч.

По режимному полю выбрана радиально-осевая гидротурбина – РО115-В-300 с синхронной частотой вращения 230,8 об/мин. Выбраны гидрогенератор СВ 526/115-26 и маслонапорная установка МНУ 1,6/1-40-2,5-2. Максимальный напор – 84,26 м, расчетный напор – 81,73 м, минимальный напор – 79,87 м.

Водосливная плотина – бетонная гравитационная плотина. Она оборудована 1 водосбросным пролетом шириной 5 м. Для гашения энергии устраиваем водобойную стенку высотой 1,5 м и водобойную плиту толщиной 5 м.

Расчеты плотины на прочность и устойчивость для основного и поворочного случаев показали, что условия соблюдаются.

С действующим законодательством рассмотрены мероприятия по охране окружающей среды, охране труда и противопожарной безопасности. Разработаны мероприятия в период строительства и эксплуатации гидроузла.

По технико-экономическим расчетам получены следующие показатели:

- себестоимость электроэнергии – 0,62 руб/кВт·ч;
- удельные показатели капиталовложения – 84202,17 руб/кВт;
- срок проекта – 240 месяце (20 лет), а срок окупаемости станции 126 месяцев (10,5 лет).

Можно сделать вывод, что строительство Архызской ГЭС с установленной мощностью 184 МВт в настоящее время является целесообразным.

Технология возведения плотин с применением укатанного бетона имеет право на существование, но необходимо учитывать ее особенности начиная с проекта и условий возведения сооружения.

Учитывая, что объем укатанного бетона в плотине Архызского гидроузла составляет всего 17 т. м³ (~ 17% объема сооружения), вряд ли целесообразно вводить отдельно технологию укладки в процесс и маловероятно, что это даст существенный экономический эффект при значительном усложнении технологии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Генерация и потребление ЕЭС России (сутки) [Электронный ресурс]: генерация и потребление (сутки) ОЭС ЮГА // Сайт системного оператора единой энергетической системы. – Режим доступа: <http://so-ups.ru>.
2. Выбор параметров ГЭС: Учебно-методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию гидротехнических объектов/Сост. А.Ю. Александровский, Е.Ю. Затеева, Б.И. Силипаев; СШФ КГТУ. - Саяногорск, 2005 – 114 с.
3. Использование водной энергии: Методические указания по выполнению курсового и дипломного проектирования / сост. Е.Ю. Затеева. - Саяногорск; Черемушки: Сибирский Федеральный университет; Саяно-Шушенский филиал, 2012. - 12 с.
4. Использование водной энергии. Часть 1. Водно – энергетические расчеты режимов ГЭС/ сост. Ю.А. Секретарев, А.А. Жданович, Е.Ю. Затеева, С.В. Митрофанов.- Саяногорск; Черемушки: Сибирский Федеральный университет; Саяно-Шушенский филиал, 2014. - 106стр.
5. Щавелев, Д. С. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций: справочное пособие : в 2 т. / Под ред. Ю. С. Васильева, Д. С. Щавелева. – Т. 2. Вспомогательное оборудование гидроэлектростанций. / М. И. Гальперин, И. Н. Лукин [и др.] – Москва
6. СТО 172300282.27.140.022-2008: Здания ГЭС и ГАЭС. Условия создания. Нормы и требования.
7. Гидроэлектростанции: Учебное пособие/ В.И. Брызгалов, Л.А. Гордон. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. 541 с.
8. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 - М.: ФГУП ЦПП, 2012.
9. СП 38.133330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82 – М.: Минрегион России, 2012.
10. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П. Г. Киселева. – М.: Энергия, 1974.
11. СП 290.1325800.2016 «Водовыпускные сооружения (водосбросные, водовыпускные, водоспускные). Правила проектирования».
12. СП 23.13330.2011 «Основания гидротехнических сооружений». Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85 – М.: Минрегион России, 2012.
13. СП 40.13330.2012 «Плотины бетонные и железобетонные». Актуализированная редакция СНиП 2.06.06-85 – М.: Минрегион России, 2012.
14. Методические указания по выполнению КП и выпускной квалификационной работы, Гидротехнические сооружения. Проектирование гидротехнических сооружений в составе гидроузла” сост. Т.А. Лыбина, Н.П. Ульянова, В.Б. Затеев.

15. Гидротехнические сооружения: В Г46 2ч. Ч.2/Л.Н Рассказов, В.Г. Орехов и др.; Под ред. Л.Н. Рассказова.- М.: Стройиздат, 1996г.

16. Строительство гидроэлектростанций в России. Учебно – справочное пособие для вузов и инженеров гидростроителей. Под ред. Ерахтин Б. М., Ерахтин В. М. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, Москва 2007. – 732 с.

17. Производство гидротехнических работ. Часть 1. Общие вопросы строительства. Земляные и бетонные работы. Учебник для вузов. Под ред. Телешев В.И. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012. – 488 с.

18. Производство гидротехнических работ. Часть 2. Производство подземных работ и специальные способы строительства. Учебник для вузов. Под ред. Зерцалова М.Г. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012.– 328 с.

19. СП 290.1325800.2016. Водопропускные гидротехнические сооружения (водосбросные, водоспускные и водовыпускные). Правила проектирования.

20. СП 58.13330.2012. Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 - М.: ФГУП ЦПП, 2012.

21. ГЭСН 81-02-36-2017. Сборник 36. Земляные конструкции гидротехнических сооружений.

22. ГЭСН 81-02-40-2001. Сборник 40. Деревянные конструкции гидротехнических сооружений (с учетом изменений и дополнений).

23. ГЭСН 2001-37. Сборник 37. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.

24. «Методические рекомендации по оценке эффективности и разработке инвестиционных проектов и бизнес-планов в электроэнергетике», утвержденных приказом ОАО РАО «ЕЭС России» от 07.02.2000 г. № 54 на основании Заключения Главгосэкспертизы России от 26.05.1999 г. № 24-16-1/20-113.

25. Часть вторая Налогового кодекса Российской Федерации от 05.08.2000 г. № 117-ФЗ // Текст части второй Налогового кодекса опубликован в «Российской газете» от 10.08.2000 г. № 153-154.

26. «Методическими рекомендациями по оценке эффективности и разработке инвестиционных проектов и бизнес-планов в электроэнергетике на стадии предТЭО и ТЭО», Москва, 2008 г., утвержденными РАО «ЕЭС России» от 31.03.2008 г. № 155 и Главгосэкспертизой России от 26.05.1999 г. № 24-16-1/20-113.

27. Приложение к приказу ОАО «РусГидро» от 30.01.2016 г. № 92 – «Единые сценарные условия ОАО «РусГидро» на 2016-2041 гг».

28. ГОСТ 27006–2017 «Бетоны. Правила подбора состава». Актуализированная редакция ГОСТ 27006-86 – М.: Стандартинформ, 2018.

29. «Рекомендации по подбору составов тяжелых и мелкозернистых бетонов (к ГОСТ 27006-86)». Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990.

30. Технология бетона: Учеб. пособие для технол. спец. строит. Вузов. 2-е изд/ Баженов Ю. М.; перераб. – М.: Высшая школа, 1987. – 415.: ил.
31. Отчет ЦСЛ ОАО «БуреяГЭСстрой» за период 1985 – 2002 гг.
32. ВСН 31 – 83 «Правила производства бетонных работ при возведении гидротехнических сооружений». Актуализированная редакция ВСН 009 – 67 – М.: Минэнерго СССР, 1984.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Гидрологический ряд реки Архыз

Таблица А.1 – Гидрологический ряд за 50 лет наблюдений реки Архыз

№ года	Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$Q_{ср}$
1	1948	116	121	123	129	133	135	129	124	119	117	116	115	123
2	1949	108	110	127	132	142	163	150	135	122	120	117	108	128
3	1950	113	117	122	128	133	151	146	139	125	119	116	113	127
4	1951	115	118	124	130	147	156	144	134	123	122	119	113	129
5	1952	112	117	122	123	132	154	140	129	115	106	106	116	123
6	1953	108	110	113	121	128	150	137	130	116	106	108	118	120
7	1954	116	117	119	127	131	150	141	132	120	120	119	119	126
8	1955	121	122	123	127	133	151	145	134	121	118	112	110	126
9	1956	115	117	125	131	138	156	141	132	119	118	116	113	127
10	1957	112	117	124	132	134	152	134	130	118	116	115	113	125
11	1958	114	117	120	126	141	142	138	135	120	120	117	115	125
12	1959	116	118	121	126	130	152	143	132	121	118	113	109	125
13	1960	118	125	140	150	190	199	160	143	121	119	118	117	142
14	1961	115	119	122	126	133	144	145	137	119	117	115	107	125
15	1962	116	118	126	132	142	147	146	135	121	119	116	112	128
16	1963	113	117	122	134	167	169	138	133	119	117	111	109	129
17	1964	110	117	121	130	153	157	149	134	121	115	113	110	128
18	1965	118	119	122	130	135	154	137	133	123	122	121	118	128
19	1966	116	118	123	131	137	156	143	137	129	126	122	119	130
20	1967	116	122	123	127	135	149	137	133	122	120	119	117	127
21	1968	118	122	124	147	167	170	156	146	129	123	123	121	137
22	1969	115	117	121	130	141	152	148	137	125	124	122	118	129
23	1970	117	118	122	129	138	144	140	130	122	119	118	112	126
24	1971	106	110	114	142	152	189	143	134	120	118	117	116	130
25	1972	113	117	123	139	171	180	142	136	128	124	123	118	135
26	1973	104	110	114	127	134	146	139	131	120	117	116	112	123
27	1974	116	117	123	139	160	170	150	140	121	120	119	115	133
28	1975	114	117	126	131	141	159	147	140	128	122	119	117	130
29	1976	116	118	123	136	156	163	143	136	128	121	118	109	131
30	1977	116	118	128	133	161	169	152	138	122	119	117	115	132
31	1978	116	124	129	169	180	185	161	144	134	128	123	122	143
32	1979	118	120	123	151	170	173	165	149	137	134	125	119	140
33	1980	120	122	124	148	150	158	149	139	126	125	122	121	134
34	1981	109	115	124	143	159	169	148	135	129	123	122	120	133
35	1982	117	122	126	138	158	159	145	134	121	118	114	111	130
36	1983	118	119	123	130	146	155	148	135	123	119	119	119	130

Продолжение приложения А

Окончание таблицы А.1

№ года	Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$Q_{ср}$
37	1984	117	118	121	128	132	149	145	137	122	120	119	116	127
38	1985	115	117	122	140	165	190	152	134	121	117	116	114	134
39	1986	114	117	122	129	148	149	139	129	118	116	112	105	125
40	1987	115	118	123	139	151	154	148	137	122	122	118	117	130
41	1988	116	117	122	132	140	142	136	134	119	117	116	114	125
42	1989	116	117	122	135	144	150	143	131	125	123	118	117	128
43	1990	116	118	123	133	138	161	140	134	121	119	118	114	128
44	1991	115	116	117	137	147	150	145	135	120	119	118	111	128
45	1992	115	120	122	126	129	143	138	135	122	117	117	108	124
46	1993	115	117	121	134	146	164	140	130	119	117	111	109	127
47	1994	115	118	123	130	150	156	140	142	123	117	116	114	129
48	1995	120	121	124	136	165	172	151	135	127	125	123	115	135
49	1996	115	120	123	137	147	153	147	143	128	127	123	119	132
50	1997	116	121	128	132	136	149	145	139	124	119	118	118	129
	Qср.мес	115	118	123	134	147	158	145	135	123	120	117	115	129

Таблица А.2 - Среднегодовые, среднемеженные и среднеполоводные расходы

$Q_{ср}$	P, %	$Q_{ср.год.ранж}, м^3/с$	Годы	$Q_{ср пол.ранж}, м^3/с$	Годы	$Q_{ср меж.ранж}, м^3/с$	Годы
123	2	143	1978	168	1960	125	1978
128	4	142	1960	168	1978	125	1979
127	6	140	1979	162	1979	123	1960
129	8	137	1968	157	1968	123	1980
123	10	135	1972	156	1985	123	1968
120	12	135	1995	154	1972	122	1995
126	14	134	1980	152	1971	122	1996
126	16	134	1985	152	1974	122	1966
127	18	133	1981	152	1995	121	1997
125	20	133	1974	151	1981	120	1972
125	22	132	1977	151	1977	120	1965
125	24	132	1996	149	1980	120	1975
142	25	131	1976	148	1963	120	1983
125	27	130	1987	147	1976	120	1969
128	29	130	1982	147	1982	120	1967
129	31	130	1971	146	1987	120	1981
128	33	130	1975	145	1996	120	1989
128	35	130	1966	145	1964	119	1977
130	37	130	1983	144	1949	119	1987
127	39	129	1969	144	1975	119	1951
137	41	129	1963	144	1994	119	1976

Продолжение приложения А

Окончание таблицы А.2

$Q_{ср}$	P, %	$Q_{ср.год.ранж, м^3/с}$	Годы	$Q_{ср пол.ранж, м^3/с}$	Годы	$Q_{ср меж.ранж, м^3/с}$	Годы
129	43	129	1951	143	1983	119	1984
126	45	129	1997	143	1991	119	1982
130	47	129	1994	143	1993	119	1974
135	49	128	1989	142	1951	119	1955
123	51	128	1990	142	1969	119	1990
133	53	128	1949	141	1990	119	1962
130	55	128	1965	141	1966	118	1954
131	57	128	1962	141	1989	118	1970
132	59	128	1964	140	1962	118	1948
143	61	128	1991	140	1997	118	1994
140	63	127	1984	140	1956	118	1950
134	65	127	1993	139	1950	118	1956
133	67	127	1950	139	1986	118	1992
130	69	127	1956	138	1984	118	1985
130	71	127	1967	138	1955	118	1958
127	73	126	1955	138	1965	117	1988
134	75	126	1954	137	1961	117	1959
125	76	126	1970	137	1988	117	1961
130	78	125	1958	137	1959	117	1957
125	80	125	1988	136	1957	117	1991
128	82	125	1959	136	1958	116	1949
128	84	125	1961	136	1954	116	1993
128	86	125	1986	136	1967	116	1963
124	88	125	1957	136	1970	115	1964
127	90	124	1992	136	1952	115	1986
129	92	123	1948	135	1973	114	1971
135	94	123	1952	134	1992	114	1952
132	96	123	1973	133	1953	113	1973
129	98	120	1953	130	1948	111	1953

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Суточные графики нагрузки и данные для построения ИКН

Таблица Б.1 - Данные для построения ИКН декабря (января)

ЯНВАРЬ (ДЕКАБРЬ)				Координаты	
Время	P _{ранж} , МВт	ΔP, МВт	ΔЭ, млн. кВт·ч	P, МВт	Э, млн. кВт·ч
1	600	14	0,014	14	0,014
2	586	1	0,002	15	0,016
3	585	9	0,026	24	0,042
4	576	24	0,096	48	0,139
5	552	3	0,016	51	0,155
6	549	2	0,009	53	0,164
7	547	7	0,046	59	0,210
8	541	2	0,014	61	0,224
9	539	5	0,046	66	0,270
10	534	1	0,009	67	0,279
11	533	0	0,004	68	0,283
12	532	9	0,104	76	0,387
13	524	5	0,065	81	0,452
14	519	8	0,119	90	0,570
15	510	21	0,311	110	0,881
16	490	9	0,152	120	1,033
17	480	51	0,867	171	1,900
18	429	15	0,276	186	2,176
19	414	6	0,109	192	2,286
20	408	12	0,250	204	2,535
21	396	0	0,000	204	2,535
22	396	0	0,000	204	2,535
23	396	9	0,207	213	2,742
24	387	387	9,276	600	12,019
P _{cp}	501			P _{cp} ·24	12,019

Таблица Б.2 - Данные для построения ИКН июня (июля)

ИЮНЬ (ИЮЛЬ)				Координаты	
Время	P _{ранж} , МВт	ΔP, МВт	ΔЭ, млн. кВт·ч	P, МВт	Э, млн. кВт·ч
1	372	10	0,01	10	0,02
2	362	3	0,01	13	0,03
3	359	5	0,01	18	0,04
4	354	3	0,01	21	0,06
5	351	0	0,00	21	0,06
6	351	1	0,00	22	0,06
7	350	2	0,01	24	0,07
8	348	4	0,03	27	0,10
9	345	4	0,03	31	0,13

Продолжение приложения Б

Окончание таблицы Б.2

ИЮНЬ (ИЮЛЬ)				Координаты	
Время	P _{ранж} , МВт	ΔP, МВт	ΔЭ, млн. кВт·ч	P, МВт	Э, млн. кВт·ч
10	341	1	0,01	32	0,14
11	340	1	0,02	33	0,16
12	339	1	0,01	34	0,17
13	338	3	0,04	37	0,21
14	335	4	0,06	41	0,26
15	331	6	0,09	47	0,36
16	325	30	0,48	77	0,84
17	295	3	0,05	80	0,89
18	292	11	0,20	92	1,09
19	280	7	0,135	99	1,224
20	273	1	0,029	100	1,253
21	272	1	0,030	102	1,284
22	270	0	0	102	1,284
23	270	0	0	102	1,284
24	270	270	6,492	372	7,775

Таблица Б.3 - Данные для построения ИКН февраля (ноября)

ФЕВРАЛЬ (НОЯБРЬ)				Координаты	
Время	P _{ранж} , МВт	ΔP, МВт	ΔЭ, млн. кВт·ч	P, МВт	Э, млн. кВт·ч
1	626	15	0,014	15	0,014
2	611	1	0,002	16	0,016
3	610	9	0,026	25	0,042
4	601	25	0,096	50	0,139
5	576	3	0,016	54	0,155
6	572	2	0,009	55	0,164
7	571	7	0,046	62	0,210
8	564	2	0,014	64	0,224
9	562	5	0,046	69	0,270
10	557	1	0,009	70	0,279
11	556	0	0,004	70	0,283
12	555	9	0,104	79	0,387
13	546	5	0,065	85	0,452
14	541	9	0,119	94	0,570
15	532	22	0,311	115	0,881
16	511	10	0,152	125	1,033
17	501	53	0,867	178	1,900
18	448	16	0,276	194	2,176
19	432	6	0,109	200	2,286
20	426	13	0,250	213	2,535
21	413	0	0,000	213	2,535
22	413	0	0,000	213	2,535

Продолжение приложения Б

Окончание таблицы Б.3

ФЕВРАЛЬ (НОЯБРЬ)				Координаты	
Время	P _{ранж} , МВт	ΔP, МВт	ΔЭ, млн. кВт·ч	P, МВт	Э, млн. кВт·ч
23	413	9	0,014	223	0,014
24	403	403	0,002	626	0,016

Таблица Б.4 - Данные для построения ИКН марта (октября)

МАРТ (ОКТЯБРЬ)				Координаты	
Время	P _{ранж} , МВт	ΔP, МВт	ΔЭ, млн. кВт·ч	P, МВт	Э, млн. кВт·ч
1	648	16	0,014	16	0,014
2	633	1	0,002	17	0,016
3	632	9	0,026	26	0,042
4	622	26	0,096	52	0,139
5	596	4	0,016	56	0,155
6	593	2	0,009	57	0,164
7	591	7	0,046	64	0,210
8	584	2	0,014	66	0,224
9	582	5	0,046	72	0,270
10	577	1	0,009	73	0,279
11	576	0	0,004	73	0,283
12	575	9	0,104	82	0,387
13	566	5	0,065	88	0,452
14	561	9	0,119	97	0,570
15	551	22	0,311	119	0,881
16	529	10	0,152	130	1,033
17	519	55	0,867	185	1,900
18	464	17	0,276	201	2,176
19	447	6	0,109	207	2,286
20	441	13	0,250	221	2,535
21	427	0	0,000	221	2,535
22	427	0	0,000	221	2,535
23	427	10	0,000	221	2,535
24	418	418	0,000	6	2,535

Таблица Б.5 - Данные для построения ИКН апреля (сентября)

АПРЕЛЬ (СЕНТЯБРЬ)				Координаты	
Время	P _{ранж} , МВт	ΔP, МВт	ΔЭ, млн. кВт·ч	P, МВт	Э, млн. кВт·ч
1	410	11	0,011	11	0,011
2	400	3	0,007	14	0,017
3	396	6	0,018	20	0,034
4	391	4	0,015	23	0,049
5	387	0	0,001	24	0,050
6	387	1	0,003	24	0,054

Продолжение приложения Б

Окончание таблицы Б.5

АПРЕЛЬ (СЕНТЯБРЬ)				Координаты	
Время	P _{ранж} , МВт	ΔP, МВт	ΔЭ, млн. кВт·ч	P, МВт	Э, млн. кВт·ч
7	386	2	0,012	26	0,066
8	384	4	0,033	30	0,099
9	380	4	0,037	34	0,135
10	376	1	0,007	35	0,142
11	375	2	0,018	37	0,160
12	374	1	0,011	37	0,172
13	373	3	0,042	41	0,214
14	369	5	0,064	45	0,378
15	363	7	0,104	52	0,382
16	356	33	0,526	85	0,908
17	323	3	0,056	88	0,964
18	320	12	0,220	100	1,184
19	308	8	0,148	108	1,332
20	300	2	0,032	110	1,364
21	298	2	0,033	111	1,398
22	297	0	0,000	111	1,398
23	297	0	0,000	111	1,398
24	297	297	7,126	408	8,523

Таблица Б.6 - Данные для построения ИКН мая (августа)

МАЙ (АВГУСТ)				Координаты	
Время	P _{ранж} , МВт	ΔP, МВт	ΔЭ, млн. кВт·ч	P, МВт	Э, млн. кВт·ч
1	408	11	0,011	11	0,011
2	398	3	0,007	14	0,017
3	394	5	0,018	19	0,034
4	389	4	0,015	23	0,049
5	385	0	0,001	24	0,050
6	385	1	0,003	24	0,054
7	384	2	0,012	26	0,066
8	382	4	0,033	30	0,099
9	378	4	0,037	34	0,135
10	374	1	0,007	35	0,142
11	374	2	0,018	36	0,160
12	372	1	0,011	37	0,172
13	371	3	0,042	41	0,214
14	368	5	0,064	45	0,378
15	363	7	0,104	52	0,382
16	356	33	0,526	85	0,908
17	323	3	0,056	88	0,964
18	320	12	0,220	100	1,184
19	308	8	0,148	108	1,332

Продолжение приложения Б

Окончание таблицы Б.6

МАЙ (АВГУСТ)				Координаты	
Время	Pранж, МВт	ΔP, МВт	ΔЭ, млн. кВт·ч	P, МВт	Э, млн. кВт·ч
20	300	2	0,032	110	1,364
21	298	2	0,033	111	1,398
22	297	0	0,000	111	1,398
23	297	0	0,000	111	1,398
24	297	297	7,126	408	8,523

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Размещение Архызской ГЭС на ИКН

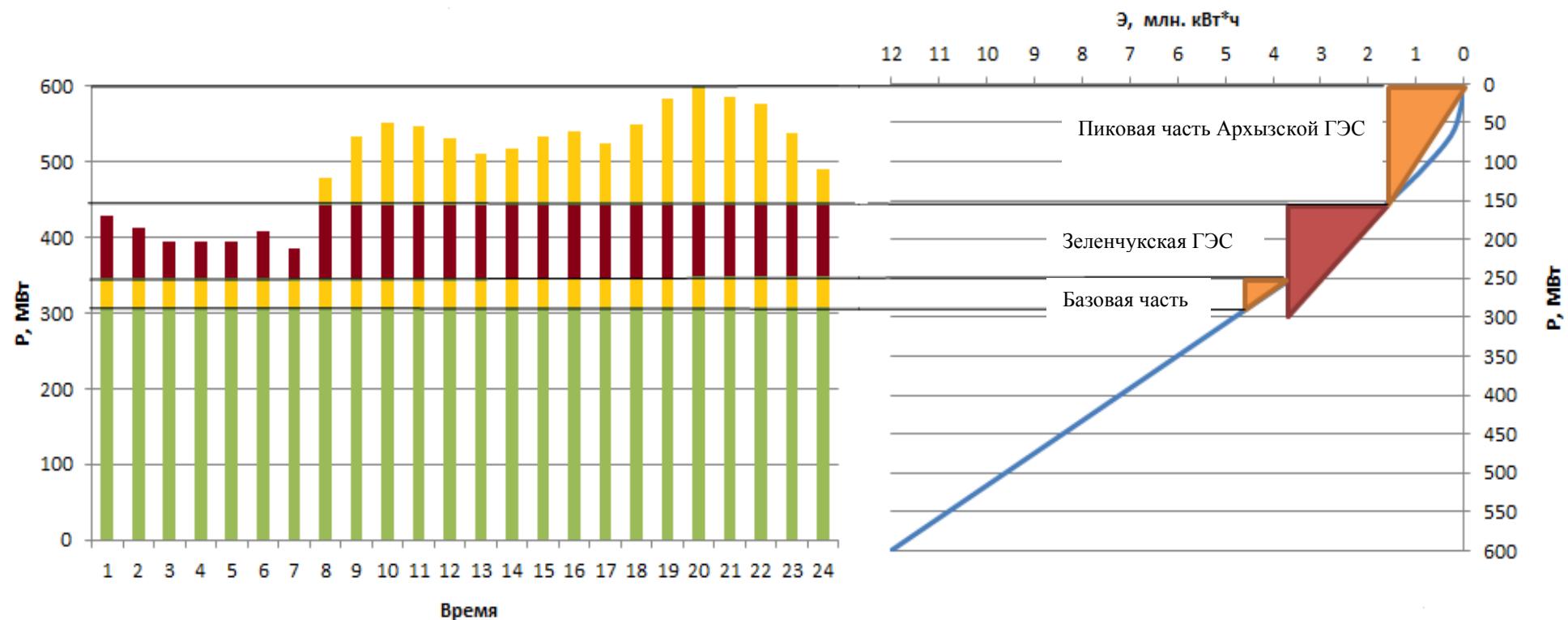


Рисунок В.1 - Суточный график и ИКН декабря (января)

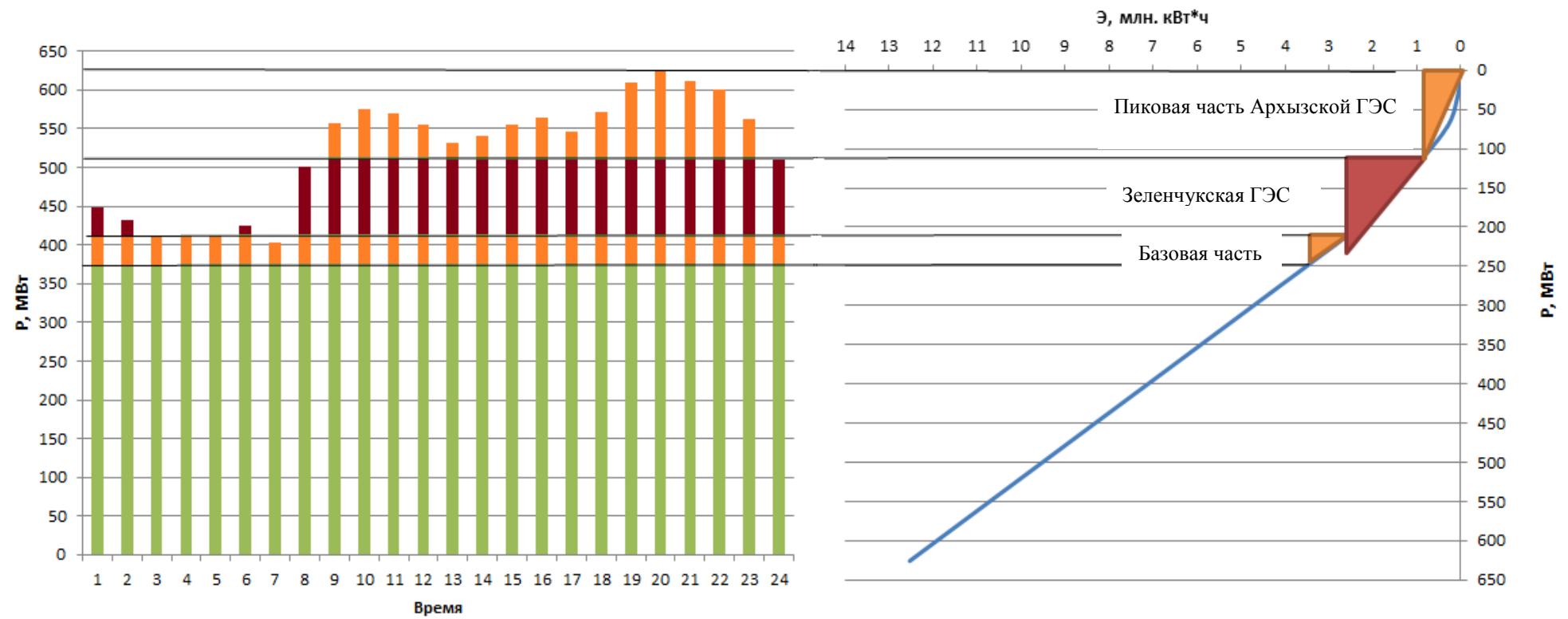


Рисунок В.2- Суточный график и ИКН февраля (ноября)

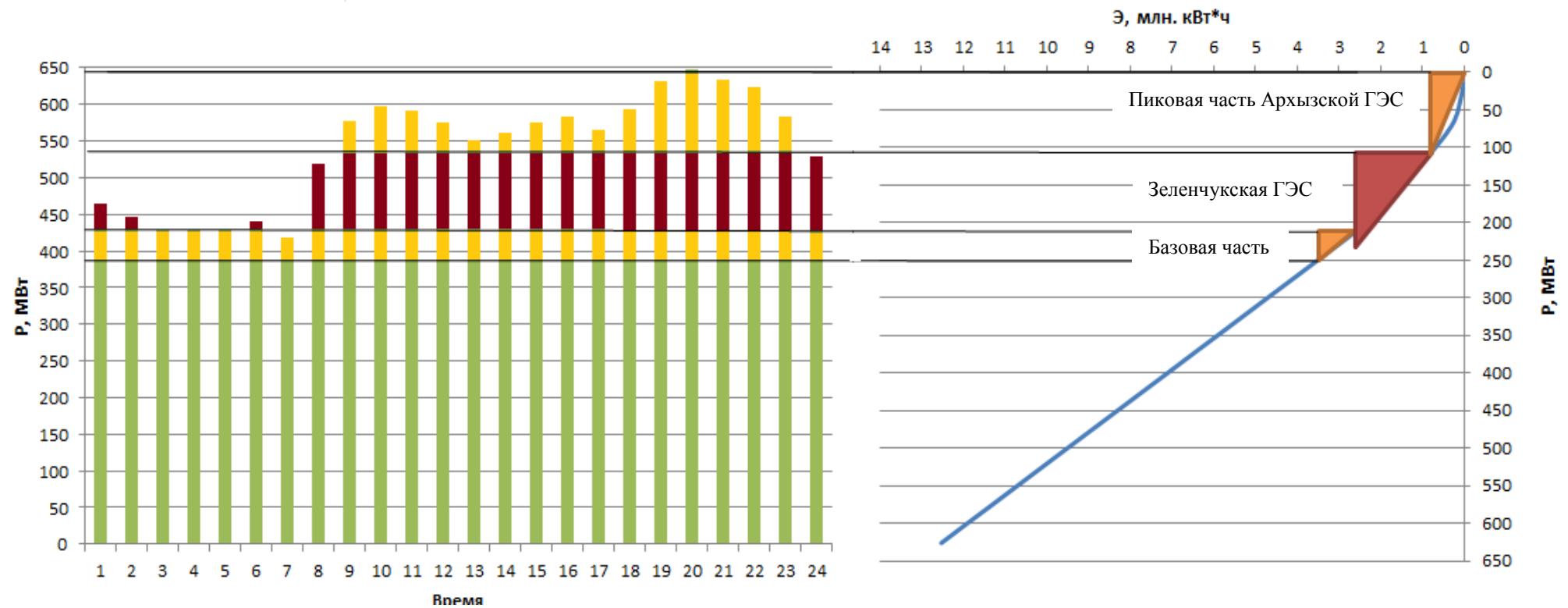


Рисунок В.3- Суточный график и ИКН марта (октября)

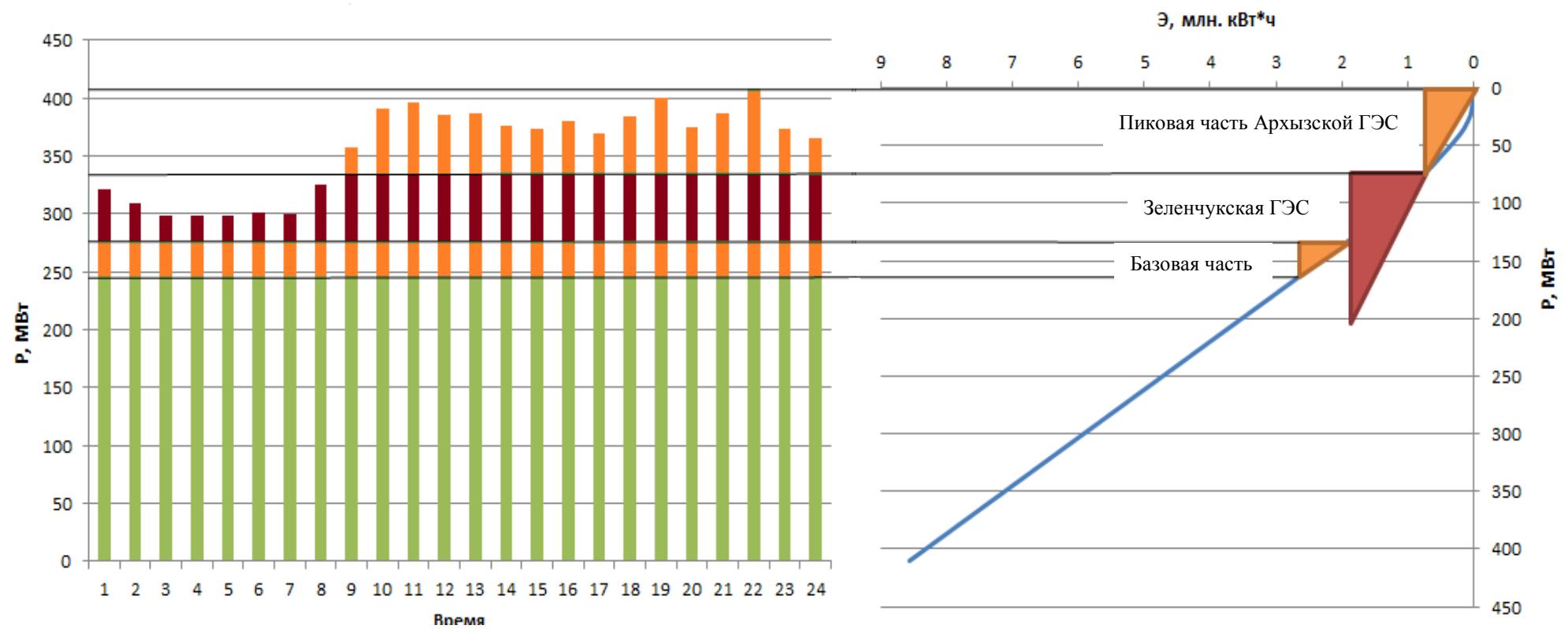


Рисунок В.4- Суточный график и ИКН апреля (сентября)

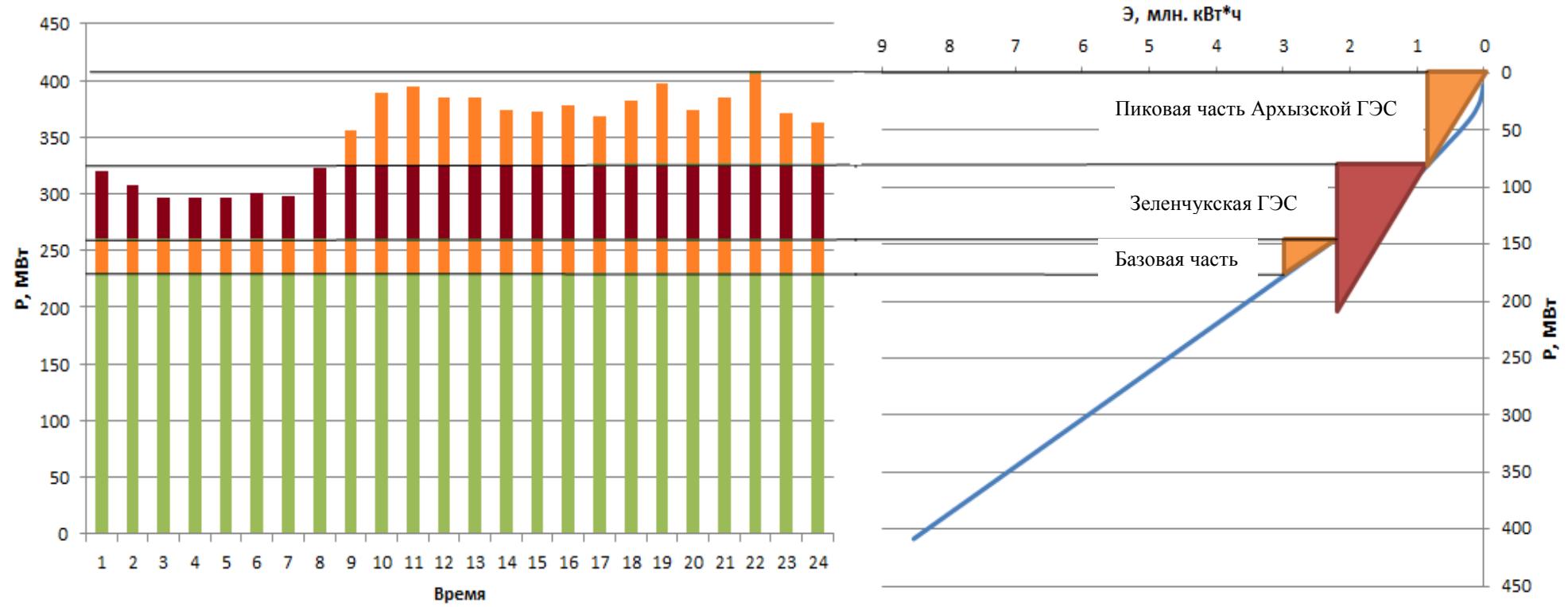


Рисунок В.5- Суточный график и ИКН мая (августа)

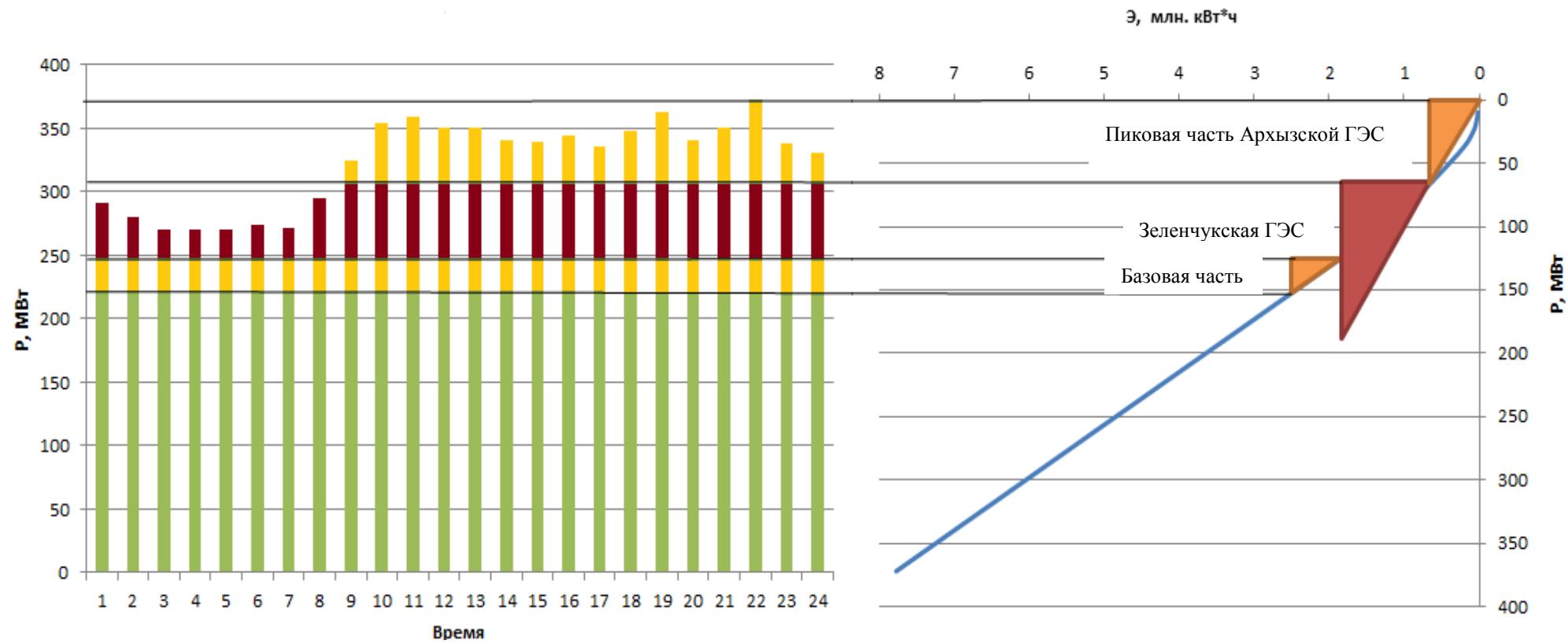


Рисунок В.6- Суточный график и ИКН июня (июля)

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Водно - энергетический расчет

Таблица Г.1 – Сработка - наполнение водохранилища в маловодный год

Месяц	Расходы								Объемы, км ³			Отметки, м					N _{ГЭС}	N _{Гар}	
	Q _{быт}	Q _{пот}	Q _{пол}	Q _ф	Q _{выхр}	Q _{х.сб}	Q _{ГЭС}	Q _{нб}	Q _{вхк}	V _{нач}	ΔV	V _{кон}	Z _{нач}	Z _{кон}	Z _{ср}	Z _{нб}	H, м		
XI	115	2	113	0,5	46	0	159	160	113	2,50	0,1192	2,38	1851,18	1850,58	1850,9	1766,86	83,18	116	116
XII	106	2	104	0,5	75	0	179	180	113	2,38	0,1944	2,19	1850,58	1849,53	1850,1	1766,94	82,28	130	130
I	113	2	111	0,5	71	0	182	183	113	2,19	0,1840	2,00	1849,53	1848,43	1849,0	1766,95	81,19	130	130
II	118	2	116	0,5	48	0	164	165	113	2,00	0,1244	1,88	1848,43	1847,64	1848,0	1766,88	80,31	116	116
III	120	2	118	0,5	-18	0	100	101	113	1,88	-0,0467	1,92	1847,64	1847,94	1847,8	1766,54	80,41	71	71
IV	129	2	127	0,5	-27	0	100	101	113	1,92	-0,0700	1,99	1847,94	1848,38	1848,2	1766,54	80,79	71	71
V	132	2	130	0,5	-31	0	99	100	113	1,99	-0,0804	2,07	1848,38	1848,88	1848,6	1766,53	81,26	71	71
VI	146	2	144	0,5	-45	0	99	100	113	2,07	-0,1166	2,19	1848,88	1849,56	1849,2	1766,53	81,85	71	71
VII	141	2	139	0,5	-41	0	98	99	113	2,19	-0,1063	2,30	1849,56	1850,15	1849,9	1766,52	82,50	71	71
VIII	138	2	136	0,5	-39	0	97	98	113	2,30	-0,1011	2,40	1850,15	1850,68	1850,4	1766,51	83,06	71	71
IX	120	2	118	0,5	-21	0	97	98	113	2,40	-0,0544	2,45	1850,68	1850,95	1850,8	1766,51	83,46	71	71
X	115	2	113	0,5	-18	0	95	96	113	2,45	-0,0467	2,50	1850,95	1851,18	1851,1	1766,50	83,72	71	71

Продолжение приложения Г

Таблица Г.2 – Сработка - наполнение водохранилища в средневодный год

Месяц	Расходы								Объемы, км ³			Отметки, м				Н _{гс}	Н _{рап}	Н _{уст}	Выработка, млн.кВт·ч		
	Q _{быт}	Q _{пот}	Q _{пол}	Q _ф	Q _{вдхр}	Q _{х.сб}	Q _{рс}	Q _{нб}	V _{нач}	ΔV	V _{кон}	Z _{нач}	Z _{кон}	Z _{ср}	Z _{нб}	H, м					
XI	117	2	115	0,5	46	0	161	161,5	113	2,50	0,119	2,38	1851,18	1850,58	1850,88	1766,87	83,17	118	116	184	88
XII	112	2	110	0,5	71	0	181	181,5	113	2,38	0,184	2,19	1850,58	1849,59	1850,09	1766,95	82,30	131	130	184	98
I	115	2	113	0,5	71	0	184	184,5	113	2,19	0,184	2,01	1849,59	1848,50	1849,04	1766,96	81,25	132	130	184	95
II	118	2	116	0,5	51	0	167	167,5	113	2,01	0,132	1,88	1848,50	1847,64	1848,08	1766,89	80,34	118	116	184	88
III	121	2	119	0,5	-18	0	101	101,5	113	1,88	-0,047	1,92	1847,64	1847,96	1847,80	1766,54	80,42	71	71	184	51
IV	136	2	134	0,5	-34	0	100	100,5	113	1,92	-0,088	2,01	1847,96	1848,51	1848,23	1766,54	80,86	71	71	184	53
V	142	2	140	0,5	-41	0	99	99,5	113	2,01	-0,106	2,12	1848,51	1849,16	1848,84	1766,53	81,47	71	71	184	53
VI	152	2	150	0,5	-52	0	98	98,5	113	2,12	-0,135	2,25	1849,16	1849,92	1849,54	1766,52	82,18	71	71	184	49
VII	144	2	142	0,5	-45	0	97	97,5	113	2,25	-0,117	2,37	1849,92	1850,54	1850,23	1766,51	82,88	71	71	184	53
VIII	142	2	140	0,5	-43	0	97	97,5	113	2,37	-0,111	2,48	1850,54	1851,10	1850,82	1766,51	83,47	71	71	184	51
IX	124	2	122	0,5	-6	0	116	116,5	113	2,48	-0,016	2,50	1851,10	1851,18	1851,14	1766,65	83,65	85	71	184	64
X	119	2	117	0,5	0	0	117	117,5	113	2,50	0,000	2,50	1851,18	1851,18	1851,18	1766,65	83,68	86	71	184	62
																			804		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Режимное поле Архызской ГЭС

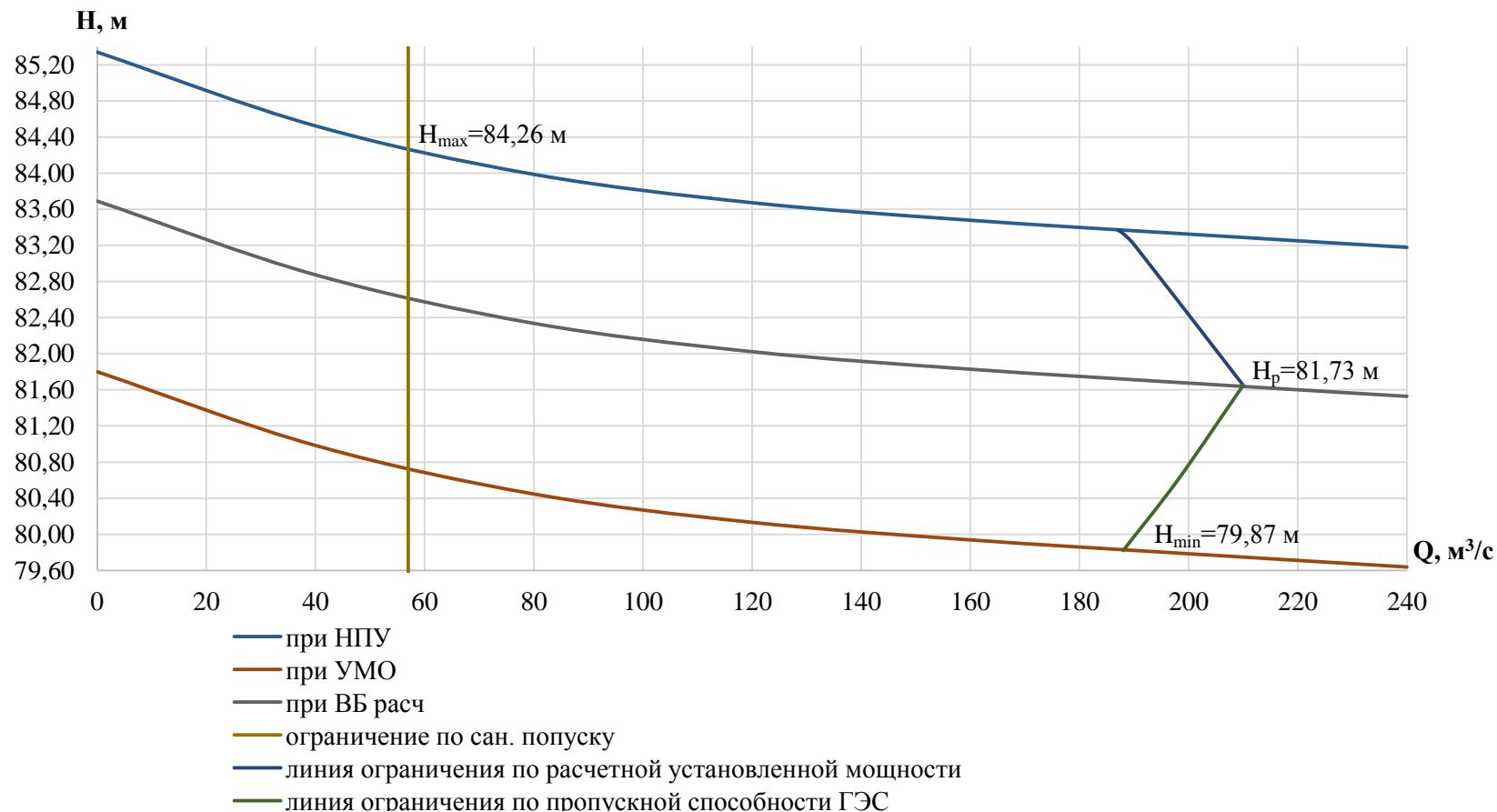


Рисунок Д.1 - Режимное поле Архызской ГЭС по напору и расходу

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Зона работы гидротурбины на главной универсальной характеристике

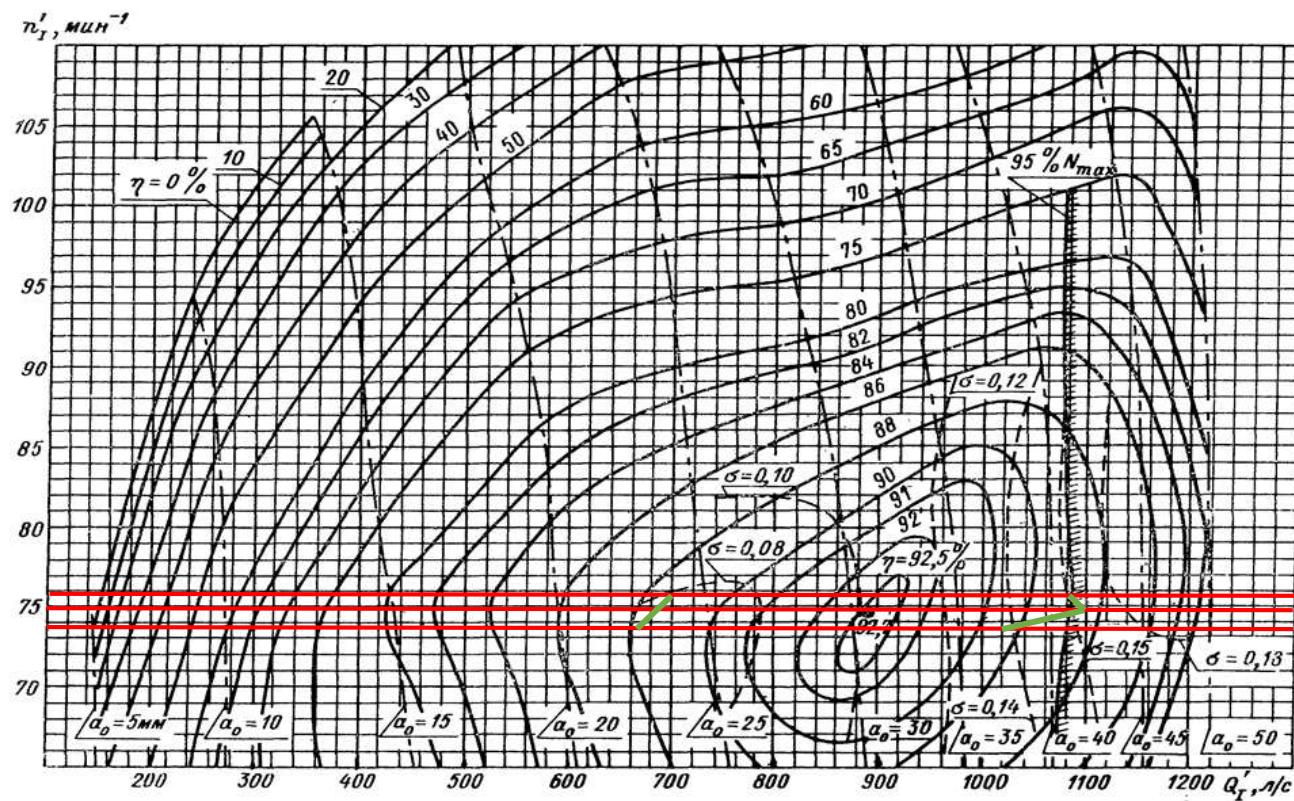


Рисунок Е.1 – Зона работы гидротурбины РО115-В на ГУХ

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Сpirальная камера

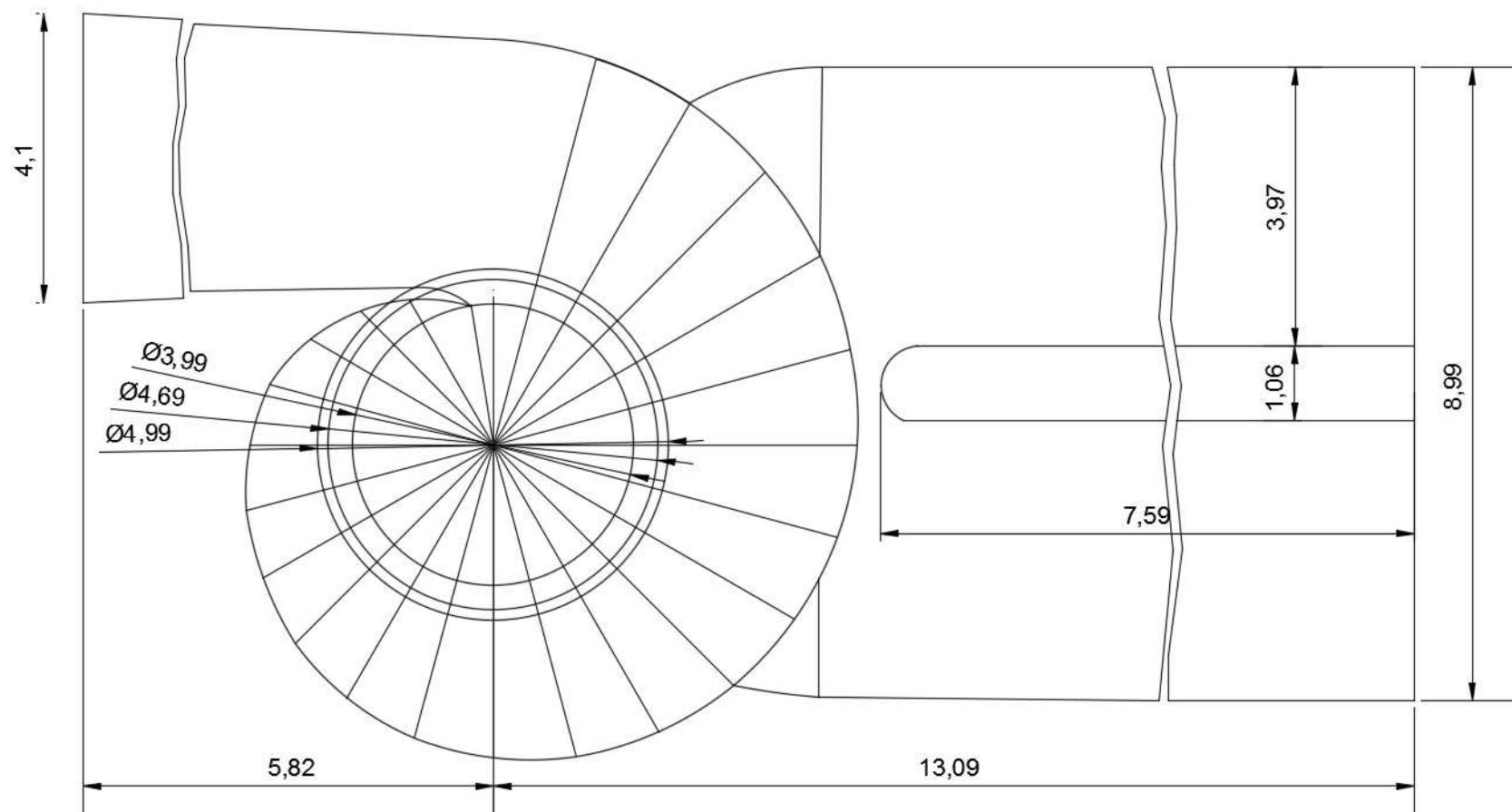


Рисунок Ж.1 – Разрез спиральной камеры

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Нагрузки и воздействия при основном сочетании

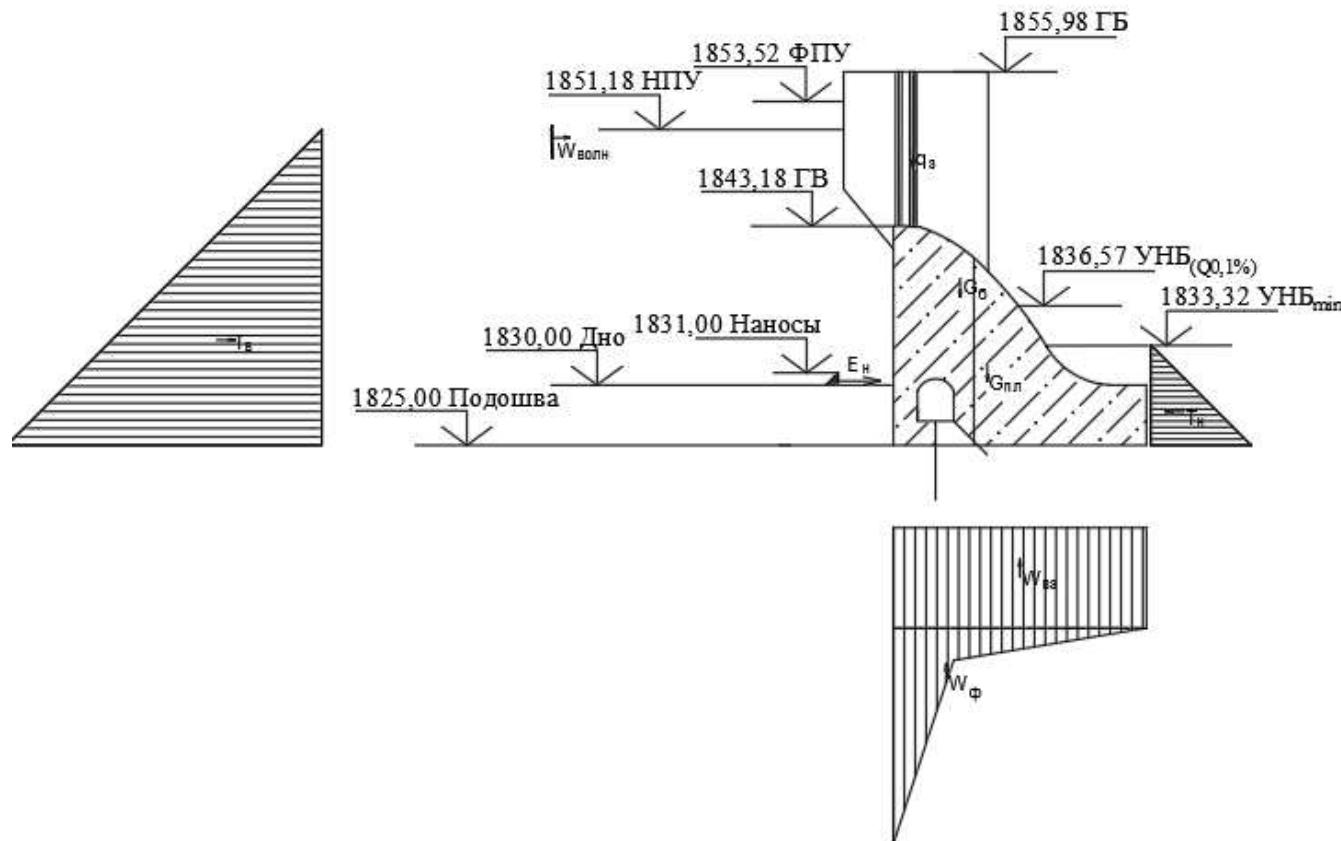


Рисунок И.1 – Нагрузки и воздействия, действующие на плотину, при основном сочетании

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Нагрузки и воздействия при особом сочетании

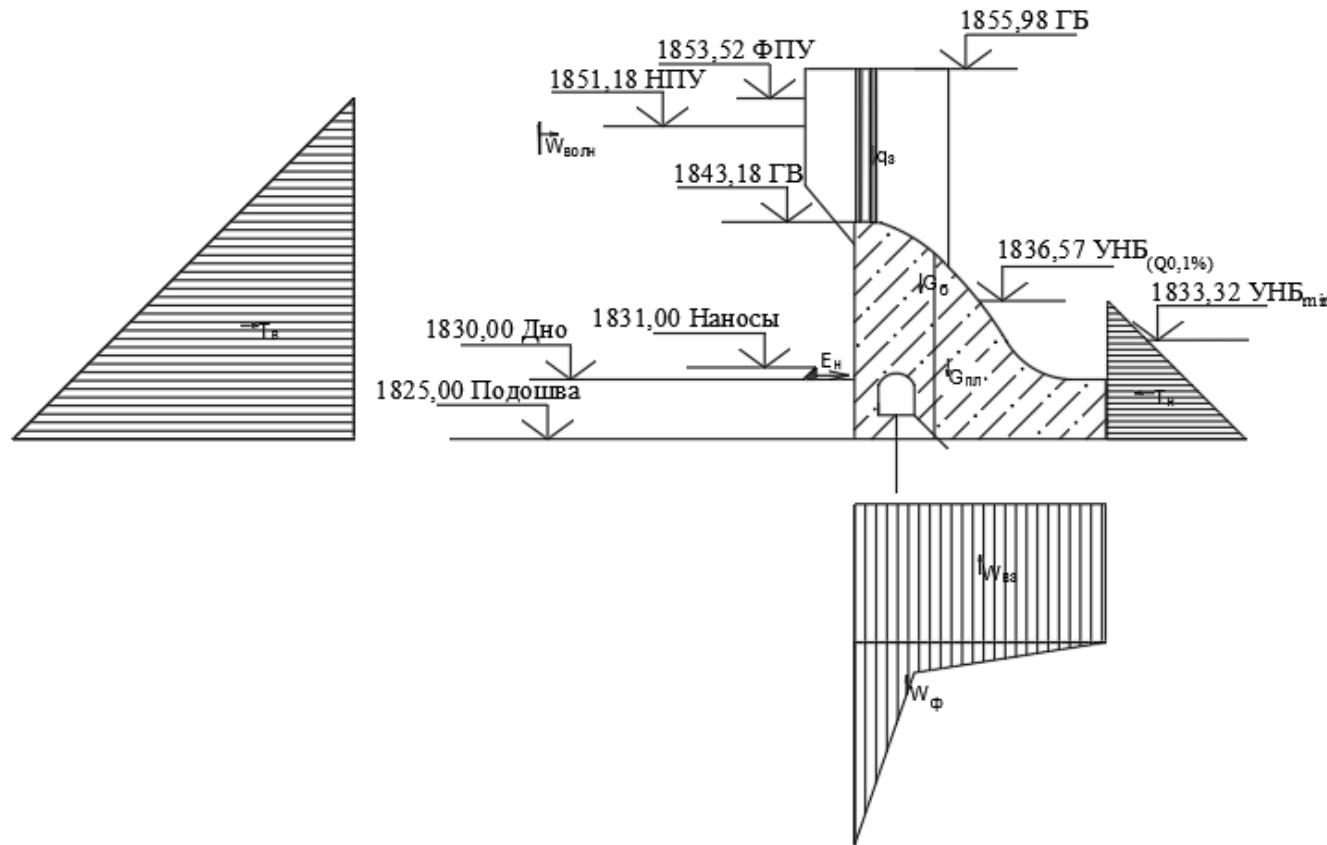


Рисунок К.1 – Нагрузки и воздействия, действующие на плотину, при особом сочетании

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Напряжения при основном сочетании нагрузок и воздействий

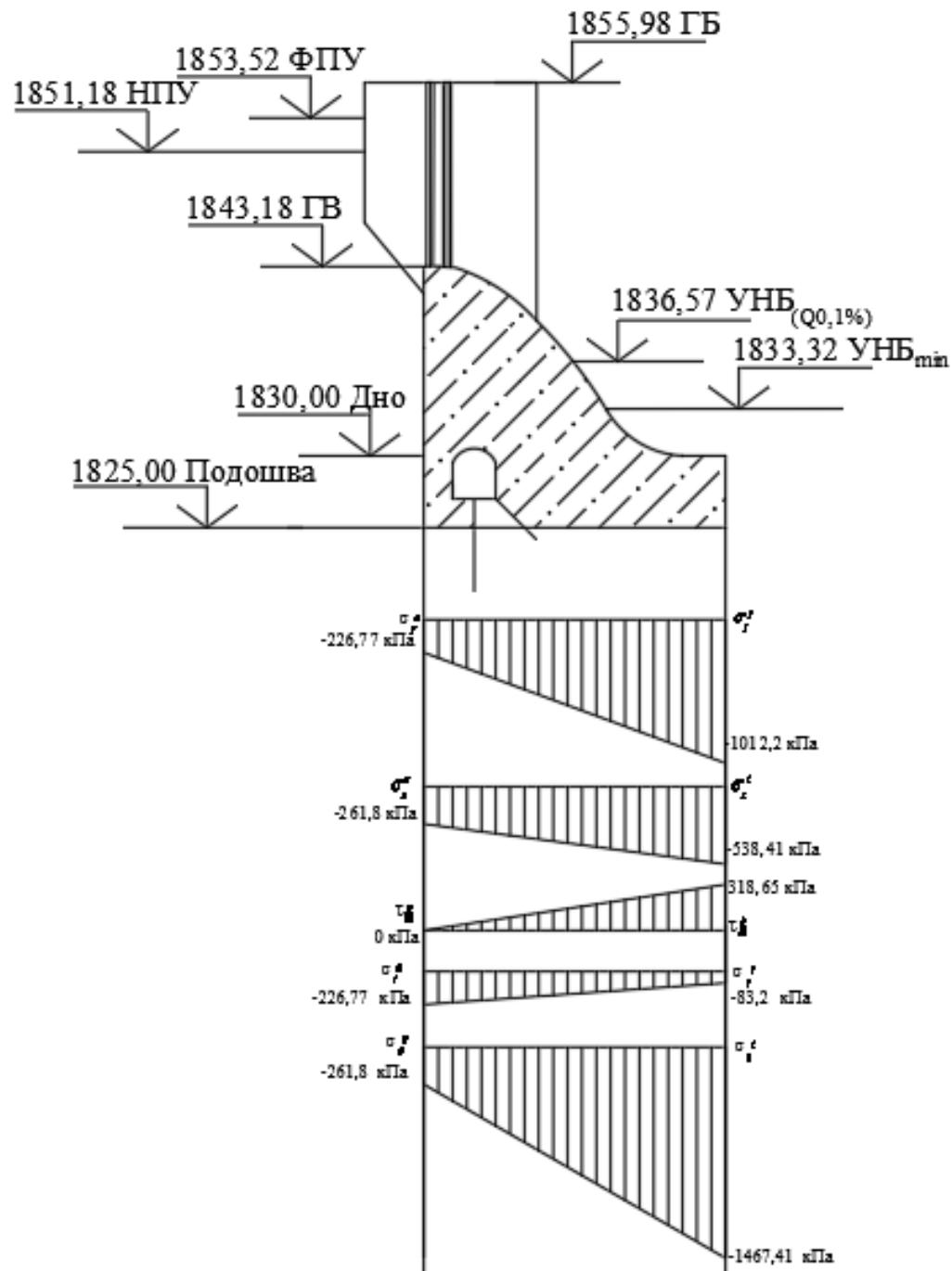


Рисунок Л.1 – Эпюры напряжений при основном сочетании нагрузок и воздействий

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Напряжения при особом сочетании нагрузок и воздействий

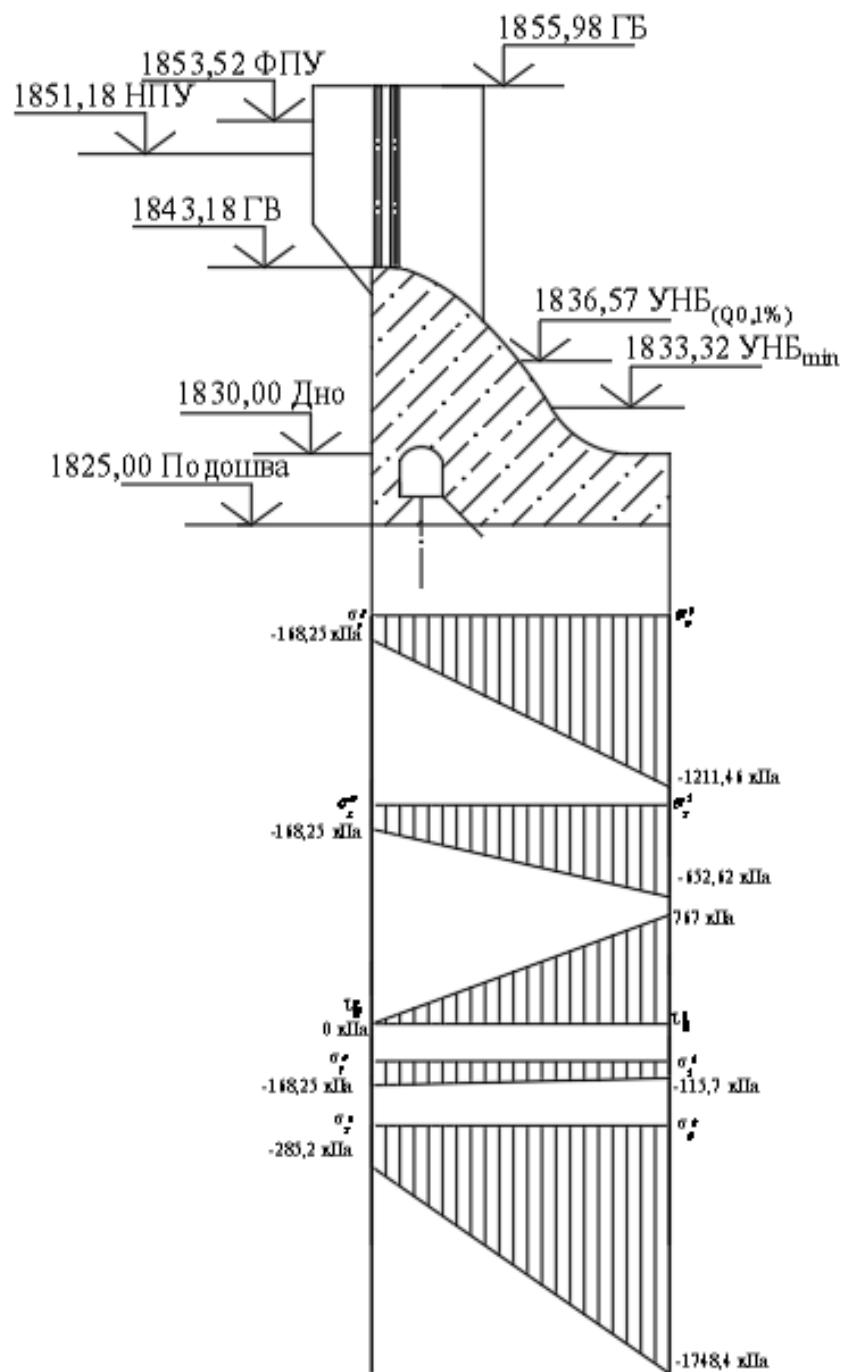


Рисунок М.1 – Эпюры напряжений при особом сочетании нагрузок и воздействий

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХЫЗСКОЙ ГЭС НА РЕКЕ АРХЫЗ

$N_{уст}=184 \text{ МВт}$

$\bar{\mathcal{E}}=804 \text{ млн. кВт}\cdot\text{ч}$

СУТОЧНЫЙ ГРАФИК НАГРУЗКИ ДЛЯ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА

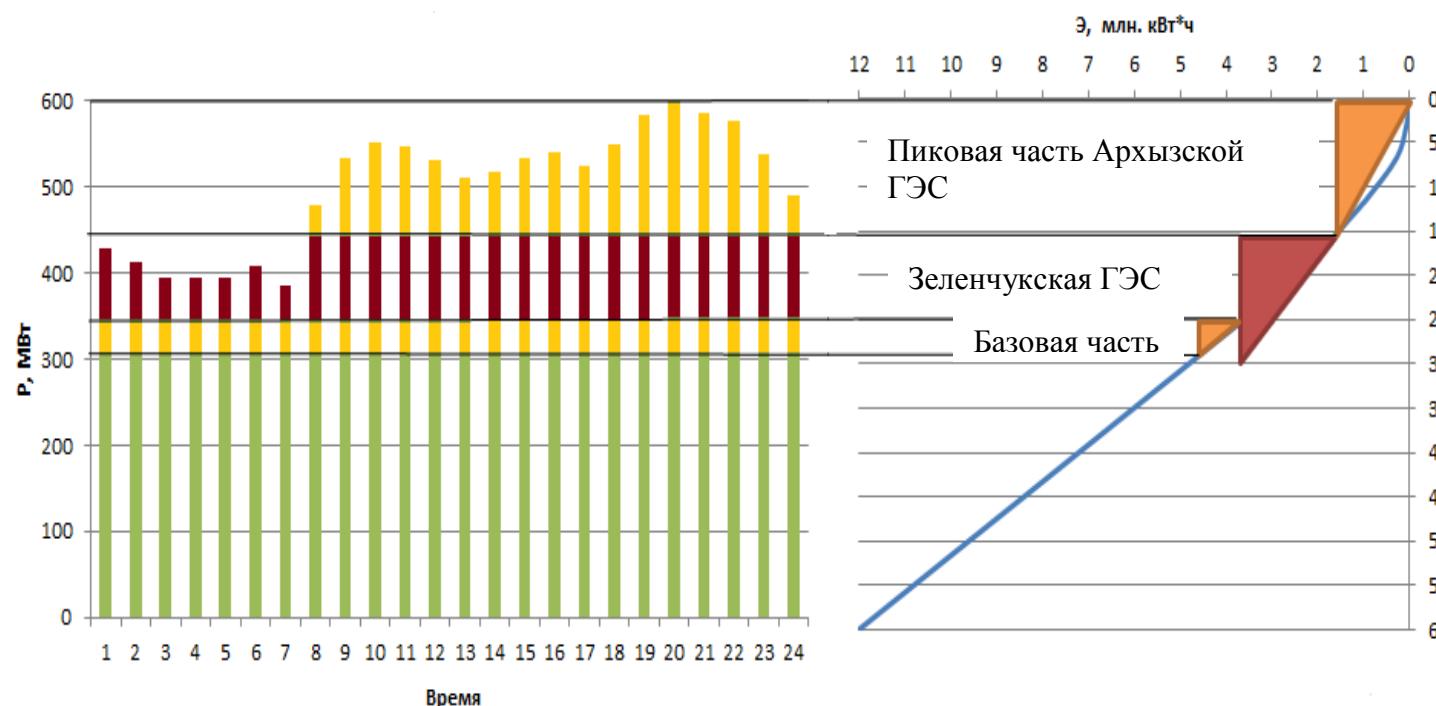
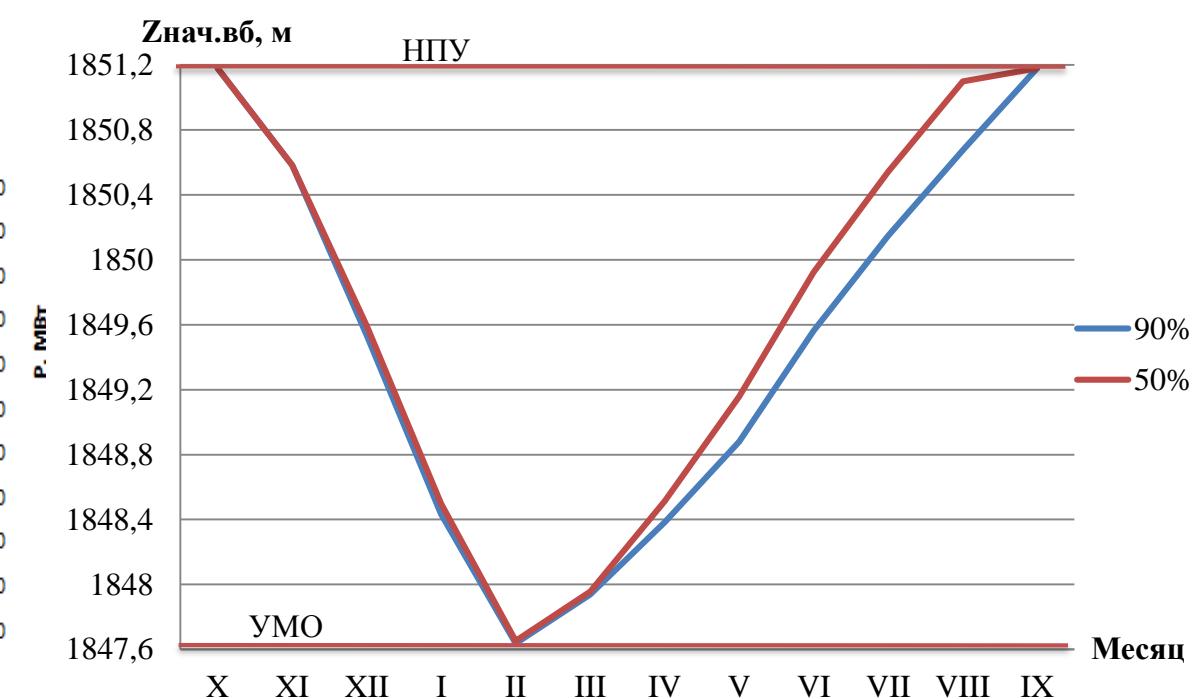
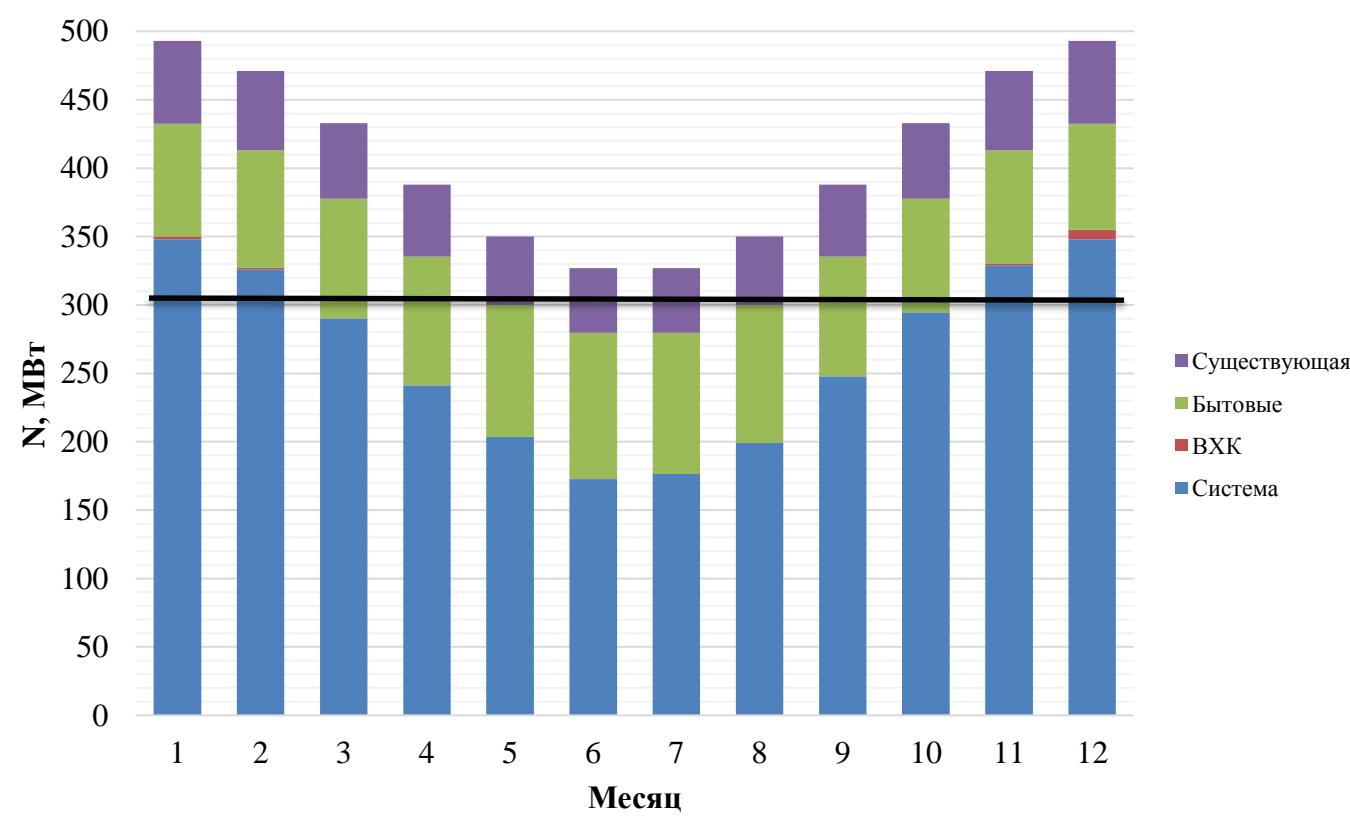


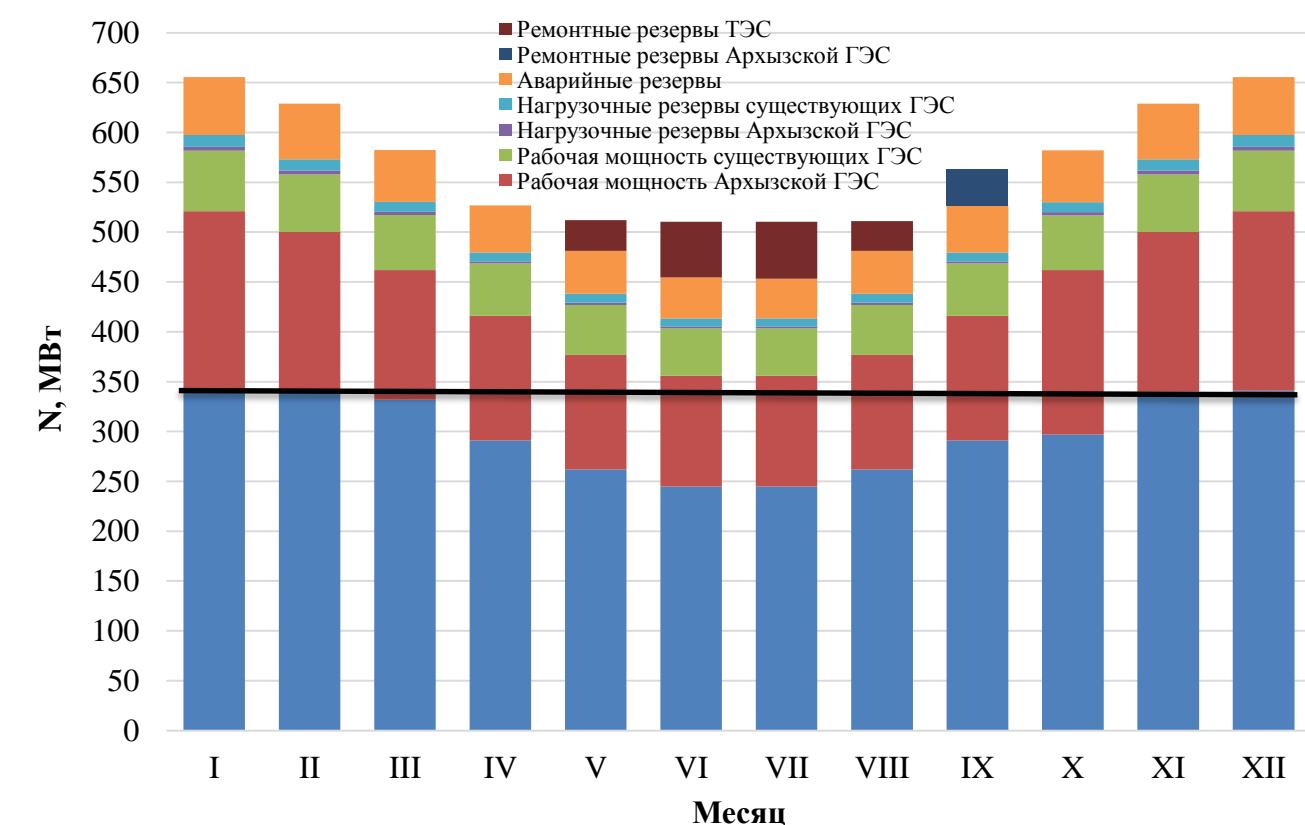
ГРАФИК СРАБОТКИ И НАПОЛНЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА



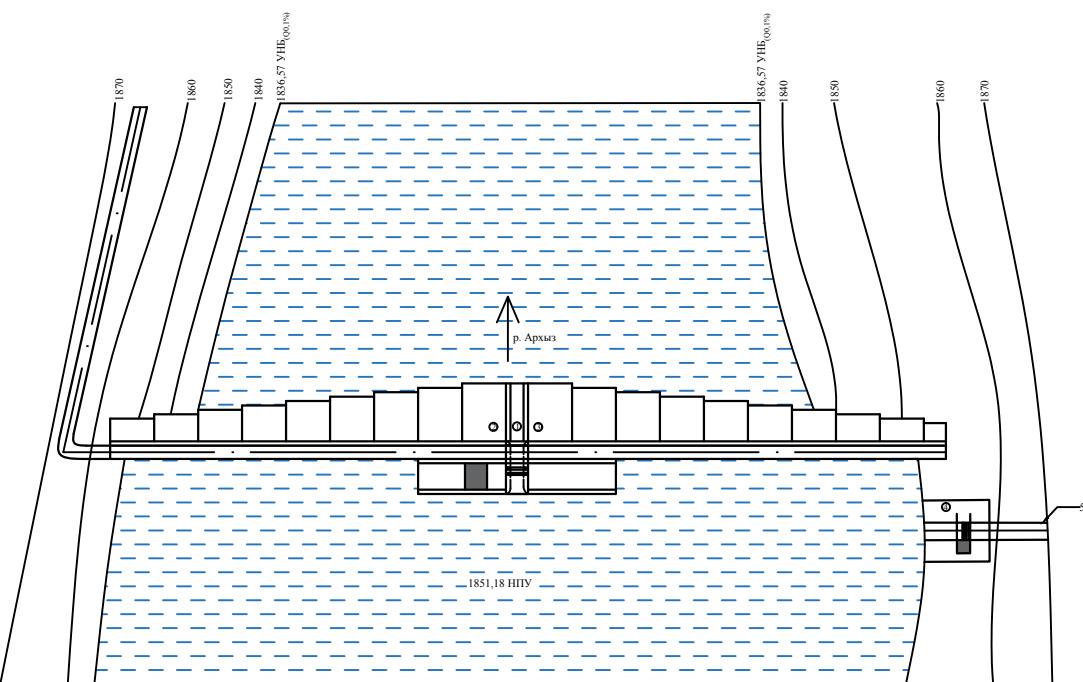
БАЛАНС ЭНЕРГИИ



БАЛАНС МОЩНОСТИ



Генеральный план
Масштаб 1:500



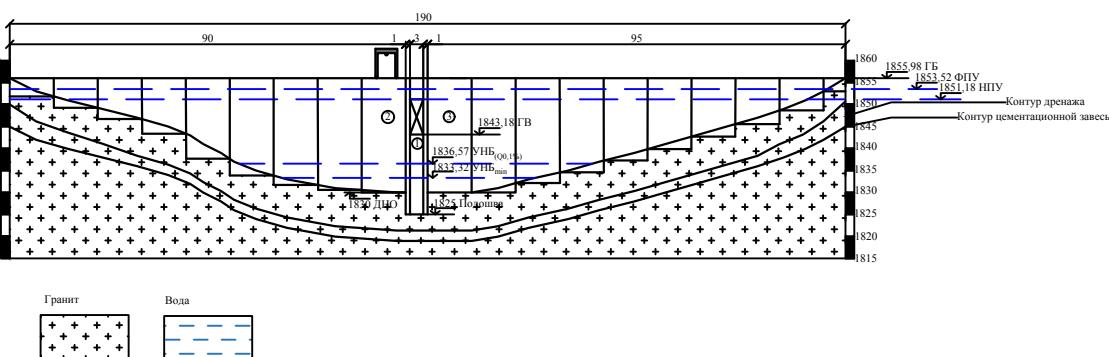
Экспликация объектов

№	Наименование
1	Бетонная водосливная плотина
2	Левобережная глухая бетонная плотина
3	Правобережная глухая бетонная плотина
4	Водопропускник
5	Напорный деривационный канал

Ведомость проекта

№	Обозначение	Наименование	Примечание
1	БР - 08.03.01 - 1618948 - ГП	Генеральный план	
		Вид со стороны верхнего бьефа	
		Экспликация зданий и сооружений	
2	БР - 08.03.01 - 1618948 - ГР1	Поперечный разрез по зданию Архызской ГЭС	
		Основные характеристики гидроцилиндрового оборудования	
3	БР - 08.03.01 - 1618948 - ГР2	Поперечный разрез водосливной плотины	
4	БР - 08.03.01 - 1618948 - ТХ1	Строительный генеральный план	
		Экспликация зданий и сооружений	
5	БР - 08.03.01 - 1618948 - ТХ2	I этап возведения сооружений	
		Экспликация зданий и сооружений	
6	БР - 08.03.01 - 1618948 - ТХ3	II этап возведения сооружений	
		Экспликация зданий и сооружений	
7	БР - 08.03.01 - 1618948 - ТХ4	III этап возведения сооружений	
		Экспликация зданий и сооружений	
8	БР - 08.03.01 - 1618948 - ТХ5	Календарный график	
9	БР - 08.03.01 - 1618948 - ТХ6	Укладка укрупненного бетона	
10	БР - 08.03.01 - 1618948 - ПЗ	Пояснительная записка	

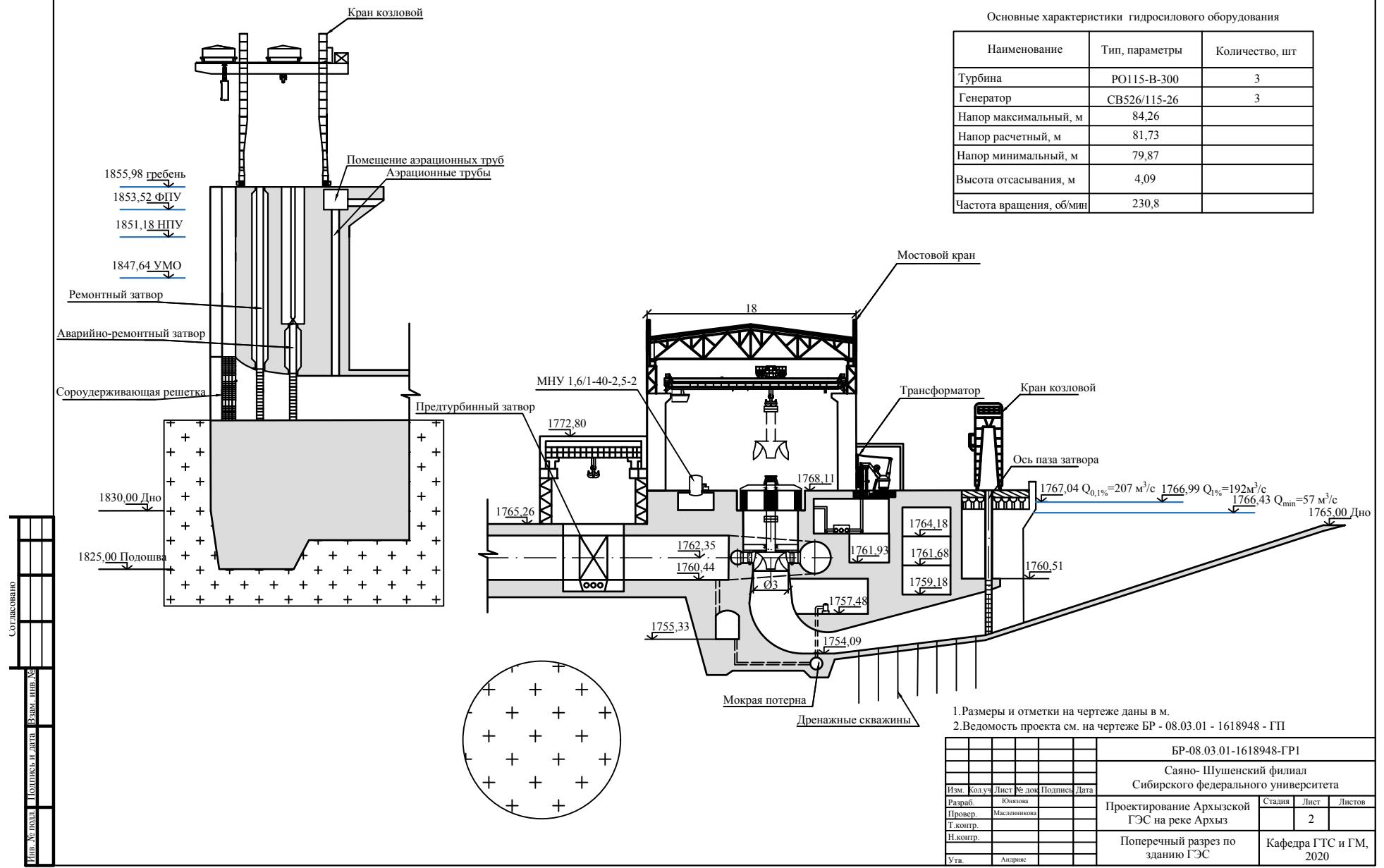
Вид со стороны верхнего бьефа



1. Размеры и отметки на чертеже даны в м.
2. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01 - 1618948 - ГП

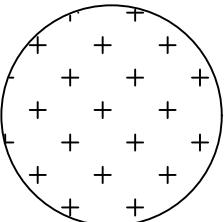
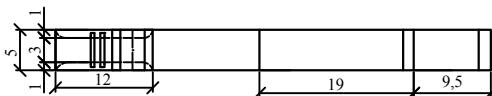
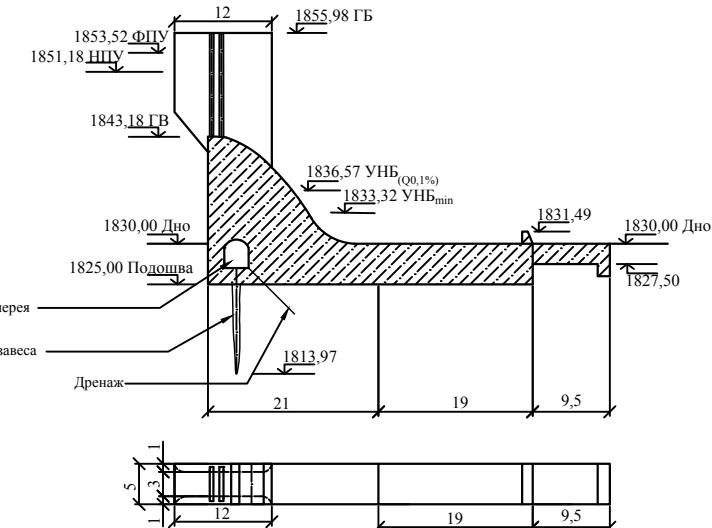
Сибирь-Шушенский филиал Сибирского федерального университета			
Название	Код участка	Номер листа	Номер страницы
Проектирование Архызской ГЭС на реке Архыз			
Генеральный план. Вид со стороны верхнего бьефа. Экспликация объектов. Ведомость проекта.		1	
Кафедра ГТС и ГМ			
Формат А1			
2020			

Поперечный разрез по зданию Архызской ГЭС
1:200



Поперечный разрез водосливной плотины

Масштаб 1:400



Инициатор Плотиной и дата Взам. инв. №



1. Размеры и отметки на чертеже даны в м.

2. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01 - 1618948 - ГР2

Изм.	Кол.	Лист	№	док.	Подпись	Дата	Проектирование Архызской ГЭС на реке Архыз	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Юнайзова									
Провер.	Фиринак									
Т.контр.										
Н.контр.										
Утв.	Андрея									

Формат А3

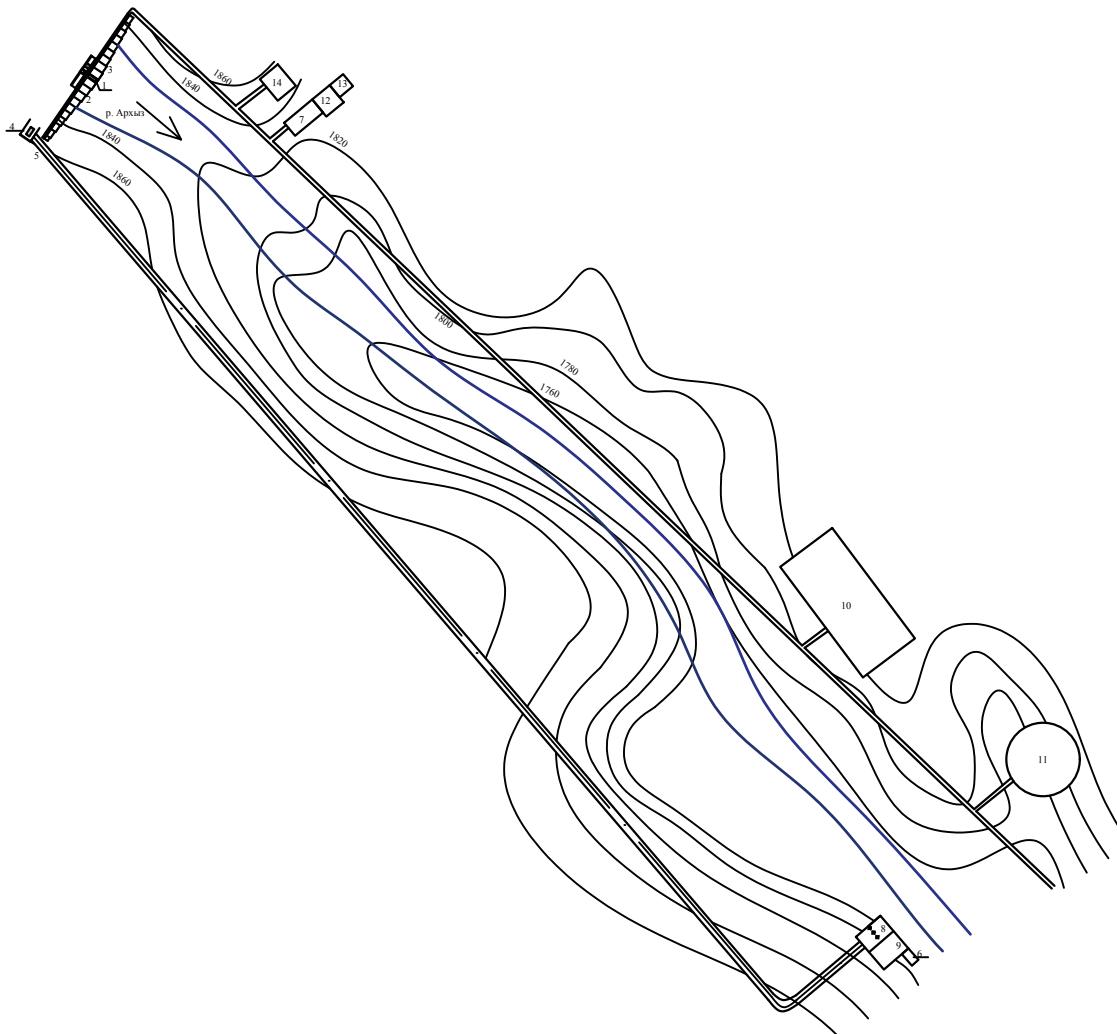
БР - 08.03.01 - 1618948 - ГР2

Саяно-Шушенский филиал
Сибирского федерального университета

Поперечный разрез
водосливной плотины

Кафедра ГТС и ГМ
2020

Строительный генеральный план
Масштаб 1:4000



Экспликация объектов

№	Наименование
1	Бетонная водосливная плотина
2	Правобережная глухая бетонная плотина
3	Левобережная глухая бетонная плотина
4	Водоприемник
5	Безнапорный подводящий деривационный канал
6	Стоянка автотранспорта
7	Бетонный завод для вибропрессованного бетона
8	Машинный зал
9	Мастерская гидроэлектро
10	Временный жилой поселок
11	Бург под грунтом
12	Бетонный завод для укатанного бетона
13	Лаборатория
14	Производственные базы

Условные обозначения:



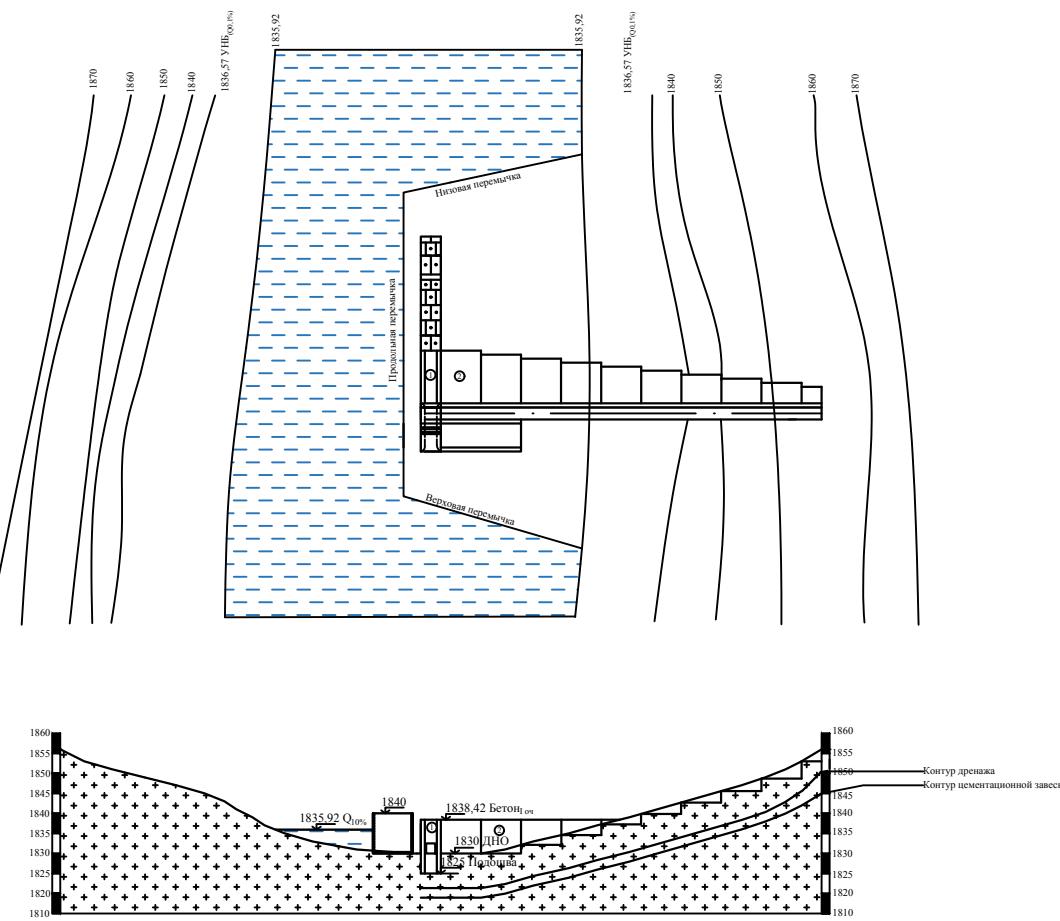
Гидроагрегат

1. Отметки на чертеже даны в м.
2. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01 - 1618948 - ГП

БР - 08.03.01 - 1618948 - ТХ1		
Санкт-Петербургский филиал Сибирского федерального университета		
Название документа	Проектирование Архызской ГЭС на реке Архыз	Сроки и дисциплины
Формат	Лист 1 из 1	4
Печать	Строительный генеральный план. Экспликация объектов	Кафедра ГТС и ГМ, 2020
Чтв.	Архив	Формат А1

I этап возведения сооружения
Масштаб 1:500

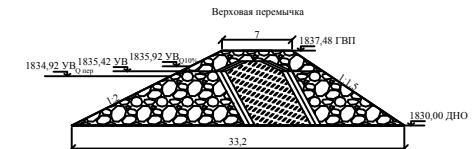
Масштаб 1:500



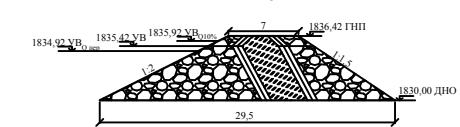
Экспликация объектов

№	Наименование
1	Бетонная водоотливная плотина
2	Правобережная глухая бетонная плотина

Перемычки I очереди
Масштаб 1:200



Низовая перемычка

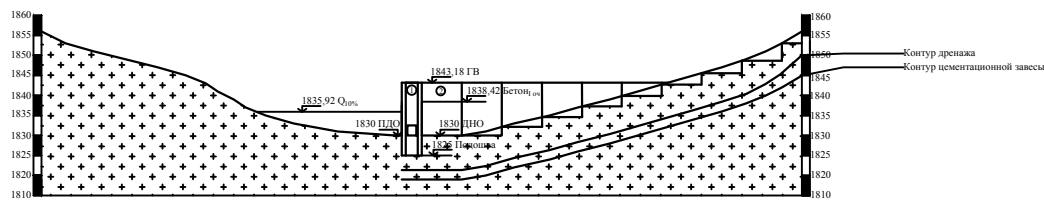
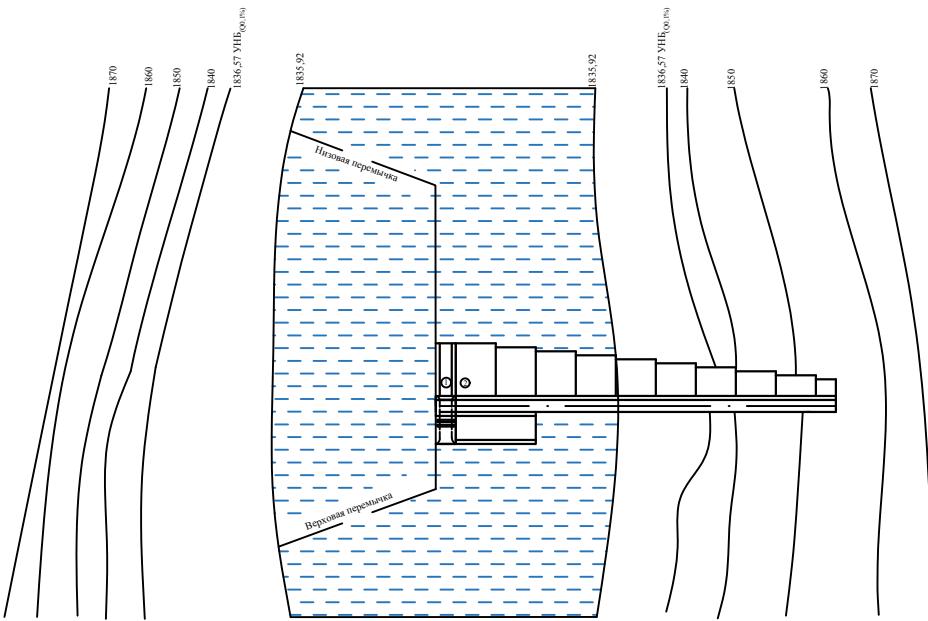


1. Отметки на чертеже даны в м.

2. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01 - 1618948 - ГП

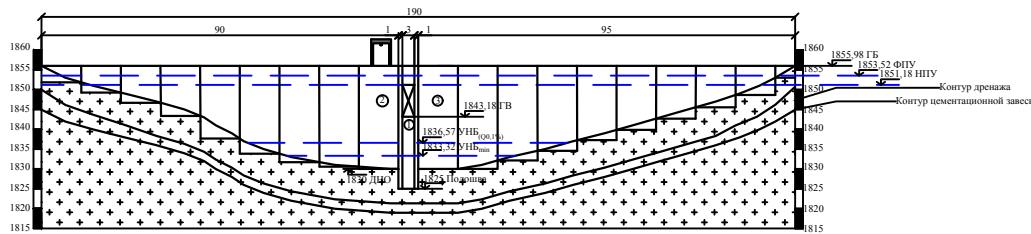
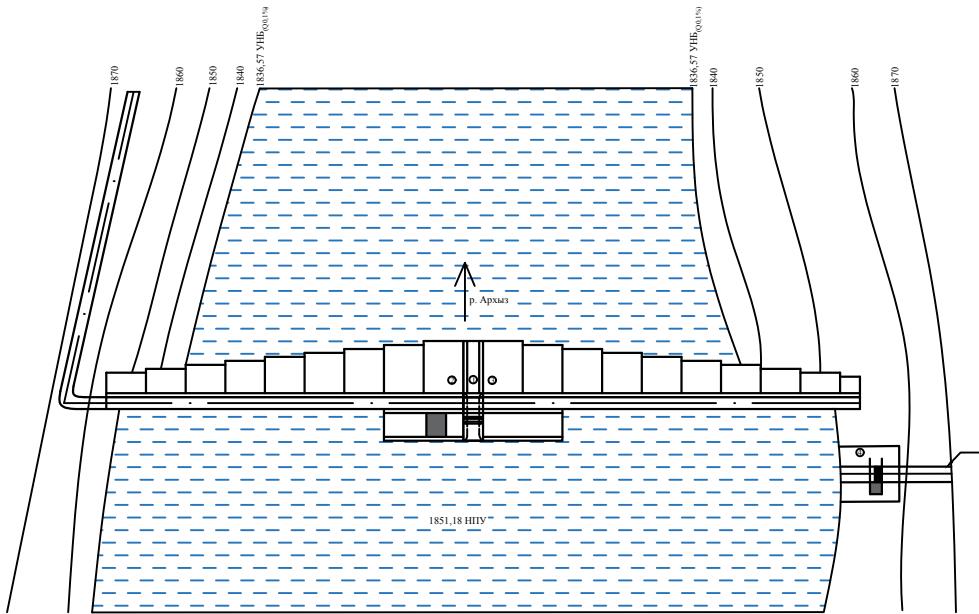
II этап возведения сооружения
Масштаб 1:500

Масштаб 1:500



1 Размеры и отметки на чертеже даны в м.	
2 Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01 - 1618948 - ГП	
БР - 08.03.01 - 1618948 - ТХ3	
Санкт-Петербургский филиал Сибирского федерального университета	
Нач. конст. в дату приемки	
Раздел: Капитальная	Проектирование Архангельской
Позиция: Господин	ГЭС на реке Архыз
Генер.	Стадия
Ген.контр.	Лист
Итоговая	Послед.
Утка	
Адресат:	II этап возведения сооружения Эксплуатация объектов
Формат А1	Кафедра ГТС и ГМ, 2020

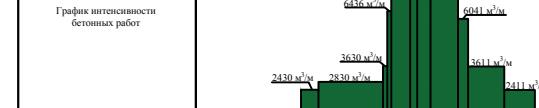
III этап возведения сооружения
Масштаб 1:500



1. Размеры и отметки на чертеже даны в м.
2. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01 - 1618948 - ТК4
БР - 08.03.01 - 1618948 - ТК4
Санкт-Петербургский филиал Сибирского федерального университета
Имя, фамилия, отчество архитектора
Размер: 1:500
Проектирование Архызской ГЭС на реке Архыз
Страница 7 из 7 листов
Год: 2020
III этап возведения сооружения. Экспликация объектов
Кафедра ГТС и ГМ, 2020
Формат А1

Календарный график

№ п/п	Период	№ вида работ	Этап	Наименование сооружения	Наименование профицирующих работ	Объемы	Ед. измерения	Примечание	1 год				2 год				3 год			
									I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Планово- генеральный	-	-	Устройство автодорог		4	км		4,5 мес											
				Строительство временных ЛЭП		4	км		4 мес											
				Строительство производственной базы		1	комплект			0,5 мес										
				Строительство бетонного завода		1	комплект			0,5 мес										
2	Основной	I	-	Верховая и низовая перемычки I очереди	Насыпь	12318,4	м ³													
				Продольная перемычка I очереди	Насыпь	7580	м ³													
				Котлован I очереди	Осушение	38169,4	м ³	4 насоса при трехсменной работе												
				Котлован I очереди	Выемка	11147,2	м ³	1 экскаватор при односменной работе	13934 м ³ /мес											
				Правобережная глухая бетонная плотина	Бетон	48592,5	м ³	2 крана при трехсменной работе												
				Водосливная плотина	Бетон	3268,5	м ³	1 кран при односменной работе												
				Перекрытие русла																
				Верховая и низовая перемычки II очереди	Насыпь	10128,1	м ³													
				Котлован II очереди	Осушение	30800	м ³	4 насоса при трехсменной работе												
				Котлован II очереди	Выемка	9329	м ³	1 экскаватор при односменной работе												
		II	-	Левобережная глухая бетонная плотина	Бетон	45324	м ³	2 крана при трехсменной работе												
				Подпорные стены	Бетон	1500	м ³	1 кран при односменной работе												
				Водопропускник	Выемка	7369	м ³	1 экскаватор при односменной работе												
				Водопропускник	Бетон	3968	м ³	1 кран при двухсменной работе												
				Деривационный канал	Выемка	155000	м ³	1 экскаватор при односменной работе												
				Деривационный канал	Бетон	18600	м ³	1 кран при трехсменной работе												
				Здание ГЭС	Выемка	36687	м ³	1 экскаватор при односменной работе												
				Здание ГЭС	Бетон	8922	м ³	1 кран при трехсменной работе												
				Монтаж и пуск первого гидроагрегата																
				Монтаж и пуск второго гидроагрегата																
				Монтаж и пуск третьего гидроагрегата																
		III	-																	

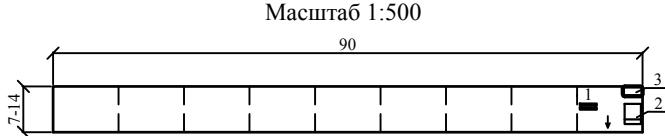
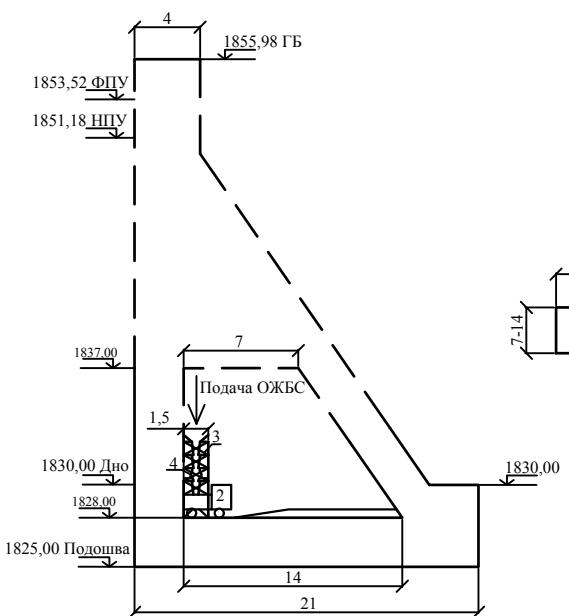


1. Ведомость проекта сн. на чертеже БР - 08.03.01 - 1618948 - ГП			
БР - 08.03.01 - 1618948 - TX5			
Санно-Шушенский филиал			
Сибирского федерального университета			
Проектирование Архызской			
ГЭС на реке Архыз			
Срок: 08.03.2020	Начало:	Время:	Приемка:
Исполнитель:			
Проектный:			
Коллектив:			
Члены:			
Итог:			
Календарный график			
Формат А1			

Укладка укатанного бетона
Масштаб 1:200

Экспликация оборудования

№	Наименование
1	Виброкаток BW 200 RICOMAG
2	Самосвал КАМАЗ - 43255
3	Эстакада
4	Гаситель



1. Размеры и отметки на чертеже даны в м.

2. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01 - 1618948 - ГП

БР - 08.03.01 - 1618948 - ТХ6			
Саяно-Шушенский филиал Сибирского федерального университета			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.
Разраб.	Юликова	Подпись	Дата
Провер.	Дерюгин		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.	Андреев		
Проектирование Архызской ГЭС на реке Архыз			
Укладка укатанного бетона		Стадия	Лист
		9	Листов
Кафедра ГТС и ГМ 2020			

Формат А3

Составлено

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Саяно-Шушенский филиал
институт

Кафедра «Гидротехнических сооружений и гидравлических машин»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.А. Андрияс
подпись инициалы, фамилия
« » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студентке Юнязовой Алены Павловны

Группа СБ16-01 Направление 08.03.01 - Строительство

Тема выпускной квалификационной работы: Проектирование Архызской ГЭС на реке Архыз. Расчет состава укатанного бетона и разработка технологии укладки.

Утверждена приказом по университету № 187/19 – С от 25.10.2019 г.

Руководитель ВКР Л. М. Дерюгин, ст. преподаватель

Исходные данные для ВКР:

- Топографическая основа в створе гидроузла;
- Среднемесячные расходы реки Архыз с 1948 по 1997 гг.;
- Потери напора;
- Потери расхода из водохранилища;
- Коэффициент мощности;
- Характеристики энергосистемы района проектируемой ГЭС;
- Данные по существующим в энергосистемы ГЭС.

Перечень разделов:

- Общая часть;
- Водно – энергетические расчеты;
- Основное и вспомогательное оборудование;
- Компоновка и сооружения гидроузла;
- Организация и производство гидротехнических работ;
- Охрана труда и противопожарная безопасность. Мероприятия по охране окружающей среды в зоне влияния Архызской ГЭС;
- Объемы производства электроэнергии и расходы в период эксплуатации;
- Расчет состава укатанного бетона и разработка технологии укладки.

Перечень графического материала:

- Иллюстрированные материалы к выбору установленной мощности ГЭС;
- Генеральный план. Ведомость проекта;
- Поперечный разрез по зданию Архызской ГЭС;
- Поперечный разрез водосливной плотины;
- Строительный генеральный план;
- I этап возведения сооружения;
- II этап возведения сооружения;
- III этап возведения сооружения;
- Календарный график;
- Технология укладки укатанного бетона.

Руководитель ВКР

подпись

Л. М. Дерюгин
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

А. П. Юнязова
инициалы, фамилия

«___» июня 2020 г.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Саяно-Шушенский филиал
институт

ОТЗЫВ

руководителя Л. М. Дерюгина, старшего преподавателя на специальный вопрос
«Расчет состава укатанного бетона и разработка технологии укладки»

Бакалавром выполнена работа по оценке возможности применения укатанного бетона в плотину Архызской ГЭС как один из вариантов конструкции плотины. При этом, познакомилась с основами технологии укатанных бетонов, их достоинствами и недостатками, предложила варианты применения ее в плотину, произвела предварительный расчет состава бетона и предложила вариант технологии подачи и укладки бетона в карту и на плотину.

Работа выполнена на достаточно хорошем уровне и заслуживает положительной оценки.

Дата 25.06.2020

Подпись _____

**Заявление о согласии выпускника
на размещение выпускной квалификационной работы
в электронно-библиотечной среде ФГАОУ ВО СФУ**

1. Я, Ширазова Аленка Павловна

фамилия, имя, отчество полностью

студент (ка) Салех - Ширазовская аспиранта СРУ СБ16-01
институт/группа

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» (далее – ФГАОУ ВО СФУ), разрешаю ФГАОУ ВО СФУ безвозмездно воспроизвести и размещать (доводить до всеобщего сведения) в полном объеме написанную мною в рамках выполнения образовательной программы

Выпускной квалификационный реферат

указать выпускную квалификационную работу бакалавра, дипломную работу специалиста, дипломный проект специалиста, магистрскую диссертацию

на тему: Проектирование Архызской РЭС на реке Архыз. Решение проблем уязвимого берега и реурбанизация территории училища
название работы

в открытом доступе в электронно-библиотечной среде (на веб-сайте СФУ), таким образом, чтобы любой пользователь данного портала мог получить доступ к выпускной квалификационной работе (далее – ВКР) из любого места и в любое время по собственному выбору, в течение всего срока действия исключительного права на выпускную работу.

2. Я подтверждаю, что выпускная работа написана мною лично, в соответствии с правилами академической этики и не нарушает авторских прав иных лиц.

«29 » июль 2020


подпись

**Заявление о согласии выпускника
на размещение выпускной квалификационной работы на конкурсе
«Энергия развития»**

1. Я, Шнагова Алина Павловна

фамилия, имя, отчество полностью

студент (ка) Сибирь-Изучение природы СФУ СБ16-01
институт/ группа

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Сибирский федеральный университет» (далее – ФГАОУ
ВО СФУ), разрешаю ФГАОУ ВО СФУ безвозмездно воспроизвести и
размещать (доводить до всеобщего сведения) в полном объеме написанную
мною в рамках выполнения образовательной программы

выпускной квалификационной работы

указать выпускную квалификационную работу бакалавра, дипломную работу
специалиста, дипломный проект специалиста, магистрскую диссертацию

на тему: Разработка технологии упаковки белана и разработка технологии

укладки

название работы

2. Я подтверждаю, что выпускная работа написана мною лично, в соответствии
с правилами академической этики и не нарушает авторских прав иных лиц.

«29 » август 2020

Шнаг

подпись

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Саяно-Шушенский филиал
институт

Кафедра «Гидротехнических сооружений и гидравлических машин»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 А.А. Андрияс
подпись инициалы, фамилия
«02» 07 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01 - Строительство
код – наименование направления

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХЫЗСКОЙ ГЭС НА РЕКЕ АРХЫЗ. РАСЧЕТ
СОСТАВА УКАТАННОГО БЕТОНА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ
УКЛАДКИ
тема

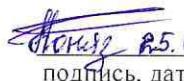
Руководитель



старший
преподаватель
должность, учёная степень
подпись, дата
02.06.20г.

Л. М. Дерюгин
ициалы, фамилия

Выпускник



подпись, дата
02.06.20

А. П. Юнязова
ициалы, фамилия

Саяногорск; Черемушки 2020

Продолжение титульного листа БР по теме «Проектирование Архызской ГЭС на реке Архыз. Расчет состава укатанного бетона и разработка технологии укладки».

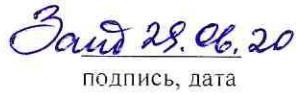
Консультанты по разделам:

Консультант


подпись, дата

V. B. Затеев
инициалы, фамилия

Водно-энергетические расчёты


подпись, дата

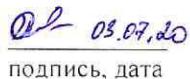
E. Ю. Затеева
инициалы, фамилия

Основное и вспомогательное оборудование


подпись, дата

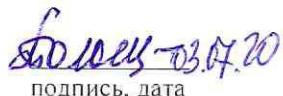
A. В. Масленникова
инициалы, фамилия

Компоновка и сооружения гидроузла


подпись, дата

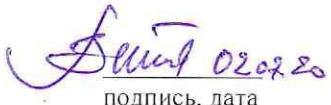
E. В. Фирищак
инициалы, фамилия

Организация и производство гидротехнических работ


подпись, дата

T. Ю. Толошинова
инициалы, фамилия

Пожарная безопасность.
Охрана труда


подпись, дата

V. B. Затеев
инициалы, фамилия

Охрана окружающей среды


подпись, дата

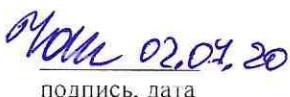
B. А. Кадычегов
инициалы, фамилия

Технико-экономическое обоснование


подпись, дата

B. В. Лапасова
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

A. А. Чабанова
инициалы, фамилия