

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Саяно-Шушенский филиал

Кафедра «Гидротехнических сооружений и гидромашин»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.А. Андрияс

подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01 - Строительство

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИЗЕЛЬДОНСКОЙ ГЭС НА РЕКЕ ГИЗЕЛЬДОН.
СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В НАТУРНЫХ
НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ГТС**

Руководитель

подпись, дата

ведущий инженер службы
мониторинга ГТС Филиала
ПАО "РусГидро" - "Саяно-
Шушенская ГЭС имени П.С.
Непорожного"

должность, учёная степень

Г.В Мухачев

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

В.В Подгорнов

инициалы, фамилия

Саяногорск; Черемушки 2020

Продолжение титульного листа БР по теме «Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон. Системы спутникового позиционирования в натуральных наблюдениях за ГТС».

Консультанты по разделам:

Консультант

подпись, дата

Затеев В.Б
инициалы, фамилия

Водно-энергетические расчёты

подпись, дата

Затеева Е.Ю
инициалы, фамилия

Основное и вспомогательное
оборудование

подпись, дата

Масленникова А.В
инициалы, фамилия

Компоновка и сооружения
гидроузла

подпись, дата

Фирищак Е.В
инициалы, фамилия

Организация и производство
гидротехнических работ

подпись, дата

Толошинова Т.Ю
инициалы, фамилия

Пожарная безопасность.
Охрана труда

подпись, дата

Затеев В.Б
инициалы, фамилия

Охрана окружающей
среды

подпись, дата

Кадычegov В.А
инициалы, фамилия

Технико-экономическое
обоснование

подпись, дата

Лапасова В.В
инициалы, фамилия

Архитектурно – строительные
решения

подпись, дата

Середкина Е.В
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

Чабанова А.А
инициалы, фамилия

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Технический паспорт ГТС Гизельдонской ГЭС | 7 |
| Введение..... | 9 |
| 1 Анализ исходных данных для проектируемой ГЭС..... | 10 |
| 1.1 Природные условия | 10 |
| 1.1.1 Климат | 10 |
| 1.1.2 Гидрологические данные | 10 |
| 1.1.3 Инженерно – геологические условия..... | 12 |
| 1.1.4 Топографические условия..... | 12 |
| 1.1.5 Населенность района | 13 |
| 1.1.6 Транспортная инфраструктура | 13 |
| 1.1.7 Полезные ископаемые | 13 |
| 1.2 Энерго – экономическая характеристика района | 13 |
| 2 Водно-энергетические расчеты | 14 |
| 2.1 Регулирование стока воды | 14 |
| 2.1.1 Исходные данные..... | 14 |
| 2.1.2 Определение максимальных расчетных расходов..... | 14 |
| 2.1.3 Кривые обеспеченности расходов..... | 16 |
| 2.1.4 Выбор расчётного маловодного и средневодного года | 17 |
| 2.1.5 Определение типа регулирования | 19 |
| 2.2 Определение установленной мощности на основе водно-энергетических расчетов..... | 20 |
| 2.2.1 Определение рабочей мощности Гизельдонской ГЭС. Покрытие графиков нагрузки проектируемой гидроэлектростанцией | 20 |
| 2.2.2 Покрытие годового графика среднемесячных нагрузок энергосистемы в условиях маловодного года..... | 23 |
| 2.2.3 Расчет резервов и определение установленной мощности Гизельдонской ГЭС. Расчет баланса мощности | 23 |
| 2.2.4 Определение среднемноголетней выработки Гизельдонской ГЭС | 24 |
| 3 Основное и вспомогательное оборудование | 25 |
| 3.1 Режимное поле проектируемой ГЭС..... | 25 |
| 3.2 Выбор гидротурбин по главным универсальным характеристикам..... | 26 |
| 3.3 Определение отметки установки рабочего колеса гидротурбины для обеспечения её бескавитационной работы | 30 |
| 3.4 Расчет и построение металлической спиральной камеры | 32 |
| 3.5 Расчет деталей и узлов гидротурбины | 36 |
| 3.6 Выбор типа серийного генератора | 38 |
| 3.7 Выбор маслонапорной установки | 39 |
| 3.8 Выбор электрогидравлического регулятора | 39 |
| 4 Компонировка и сооружения гидроузла..... | 40 |
| 4.1 Определение класса ГТС..... | 40 |
| 4.2 Проектирование сооружений напорного фронта..... | 40 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.2.1 | Определение отметки гребня грунтовой плотины | 40 |
| 4.2.2 | Определение отметки гребня бетонной плотины | 43 |
| 4.3 | Гидравлические расчеты | 44 |
| 4.3.1 | Определение ширины водосливного фронта | 44 |
| 4.3.2 | Определение отметки гребня водослива | 45 |
| 4.3.3 | Проверка на пропуск расчетного расхода при поверочном расчетном случае..... | 47 |
| 4.4 | Построение оголовка профиля водосливной грани..... | 48 |
| 4.5 | Расчет сопряжения потока в нижнем бьефе..... | 50 |
| 4.6 | Расчет водобойной стенки..... | 51 |
| 4.7 | Расчет донного отверстия..... | 53 |
| 4.8 | Конструирование бетонной плотины..... | 54 |
| 4.8.1 | Определение ширины подошвы плотины | 54 |
| 4.8.2 | Разрезка бетонной плотины швами..... | 54 |
| 4.8.3 | Быки..... | 55 |
| 4.8.4 | Галереи в теле плотины | 55 |
| 4.9 | Назначение размеров основных элементов плотины | 55 |
| 4.9.1 | Противофильтрационная завеса | 55 |
| 4.9.2 | Дренажные устройства в основании | 56 |
| 4.10 | Назначение размеров основных элементов плотины..... | 57 |
| 4.10.1 | Водобой | 57 |
| 4.10.2 | Рисберма..... | 58 |
| 4.11 | Фильтрационные расчеты подземного контура..... | 59 |
| 4.11.1 | Построение эпюры фильтрационного противодействия для плотины на скальном основании..... | 59 |
| 4.12 | Определение основных нагрузок на плотину | 59 |
| 4.12.1 | Вес сооружений и затворов..... | 59 |
| 4.12.2 | Сила гидростатического давления воды..... | 60 |
| 4.12.3 | Равнодействующая взвешивающего давления воды..... | 61 |
| 4.12.4 | Сила фильтрационного давления воды | 62 |
| 4.12.5 | Волновое давление..... | 62 |
| 4.13 | Оценка прочности плотины | 63 |
| 4.14 | Критерии прочности плотины | 66 |
| 4.15 | Обоснование устойчивости плотины | 68 |
| 5 | Организация и производство гидротехнических работ | 70 |
| 5.1 | Периоды строительства ГЭС | 70 |
| 5.2 | Этапы возведения сооружений | 70 |
| 5.3 | Компоновка..... | 70 |
| 5.4 | I этап – возведение сооружений для перекрытия русла..... | 71 |
| 5.4.1 | Состав работ I – го этапа | 71 |
| 5.4.2 | Исходные данные | 71 |
| 5.4.3 | Выбор максимального строительного расхода..... | 71 |
| 5.4.4 | Выбор сооружений для пропуска строительных расходов | 72 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5.4.5 | Гидравлический расчет строительного канала | 72 |
| 5.5 | II этап – перекрытие русла | 77 |
| 5.6 | III этап – возведение сооружений в котловане первой очереди | 78 |
| 5.6.1 | Осушение котлована I очереди..... | 78 |
| 5.6.2 | Водопонижение котлована I очереди..... | 79 |
| 5.6.3 | Земельно – скальные работы | 79 |
| 5.6.4 | Выбор типа экскаватора | 80 |
| 5.6.5 | Расчёт производительности одноковшового экскаватора..... | 81 |
| 5.6.6 | Определение необходимого количества транспорта..... | 82 |
| 5.6.7 | Буровзрывные работы. Метод скважинных зарядов..... | 83 |
| 5.6.8 | Производительность бурового станка | 85 |
| 5.6.9 | Определение объема буровых работ..... | 85 |
| 5.6.10 | Бетонные работы. Определение объема бетонных работ и выбор бетонного завода | 86 |
| 5.6.11 | Транспортировка бетонной смеси..... | 88 |
| 5.6.12 | Подача бетонной смеси | 89 |
| 5.6.13 | Арматурные работы. Определение объема арматуры. Технология монтажа арматуры..... | 91 |
| 5.6.14 | Опалубочные работы. Определение площади опалубливаемой поверхности. Технология монтажа опалубки | 94 |
| 5.6.15 | Подготовка блоков к бетонированию. Укладка бетонной смеси в блоки бетонирования. Уплотнение бетонной смеси. Уход за бетоном..... | 95 |
| 5.7 | IV этап – возведение сооружений в котловане второй очереди, наращивание сооружений по всему фронту на всю высоту для наполнения водохранилища и поочередного пуска всех агрегатов..... | 98 |
| 5.7.1 | Гидравлический расчет пропуска строительных расходов II очереди через донные отверстия | 99 |
| 5.8 | Объем работ | 101 |
| 6 | Технико - экономические показатели | 104 |
| 6.1 | Оценка объемов реализации электроэнергии | 104 |
| 6.2 | Текущие расходы по гидроузлу..... | 104 |
| 6.3 | Налоговые расходы | 107 |
| 6.4 | Общая сумма от реализации электроэнергии и мощности..... | 108 |
| 6.5 | Оценка инвестиционного проекта..... | 110 |
| 6.5.1 | Методология. Исходные данные | 110 |
| 6.5.2 | Коммерческая эффективность | 111 |
| 6.5.3 | Бюджетная эффективность | 111 |
| 6.6 | Анализ чувствительности..... | 112 |
| 7 | Архитектурно – строительные решения..... | 115 |
| 7.1 | Архитектурные решения | 115 |
| 7.2 | Благоустройство территории | 116 |
| 8 | Мероприятия по охране окружающей среды в зоне влияния Гизельдонской ГЭС. Противопожарная безопасность. Охрана труда | 119 |

| | |
|---|-----------|
| 8.1 Общие сведения о районе строительства | 119 |
| 8.2 Мероприятия по обеспечению охраны окружающей среды в период строительства..... | 120 |
| 8.3 Мероприятия по подготовке ложа водохранилища..... | 121 |
| 8.4 Отходы, образующиеся при строительстве..... | 123 |
| 8.5 Мероприятия по обеспечению охраны окружающей среды в период эксплуатации..... | 124 |
| 8.6 Противопожарная безопасность | 124 |
| 8.6.1 Первичные средства пожаротушения и правила их использования на Гизельдонской ГЭС..... | 126 |
| 8.7 Охрана труда..... | 128 |
| 8.7.1 Действие персонала Гизельдонской ГЭС при наличии угроз совершения террористических актов..... | 131 |
| 9 Системы спутникового позиционирования в натуральных наблюдениях за ГТС..... | 133 |
| 9.1 Понятие, достоинство и сферы применения спутникового позиционирования..... | 133 |
| 9.2 GPS и ГЛОНАСС. Преимущества и недостатки | 133 |
| 9.3 Состав и принцип действия систем позиционирования | 135 |
| 9.4 Преимущества и ограничения спутниковой технологии..... | 137 |
| 9.5 Применение GPS в наблюдениях на гребне Красноярской ГЭС..... | 138 |
| 9.6 Применение GNSS на Саяно – Шушенской ГЭС | 140 |
| 9.7 Наблюдение за смещениями секций туннелей деривационных ГЭС.... | 146 |
| 9.7.1 Данные о системе | 146 |
| 9.7.2 Принцип работы | 146 |
| Заключение | 149 |
| Список использованных источников | 151 |
| Приложения А - Е..... | 154 - 169 |

Технический паспорт ГТС Гизельдонской ГЭС

| | |
|--|--------------------------|
| 1 Тип ГЭС | деривационная |
| 2 Класс постоянных сооружений | 2 |
| 3 Установленная мощность | 23 МВт |
| 4 Состав гидротехнических сооружений: бетонная глухая левобережная плотина, бетонная глухая правобережная плотина, бетонная водосливная плотина, глубинный береговой водоприемник, напорный туннель. | |
| 5 Напор гидротурбин, м: | |
| максимальный (статический) | 73,80 |
| расчетный | 68,20 |
| минимальный | 61,20 |
| 6 Среднеголетняя выработка электроэнергии, млн. кВт·ч | 58 |
| 7 Балансовая стоимость гидротехнических сооружений, тыс. руб. | |
| 8 Характеристика водостока | |
| Среднеголетний расход..... | 15 м ³ /с |
| Среднегодовой сток за многолетний период..... | 473040000 м ³ |
| Среднемесячный летний минимальный расход за многолетний период..... | 18 м ³ /с |
| Среднемесячный зимний минимальный расход за многолетний период..... | 4 м ³ /с |
| Расчетный паводочный расход воды обеспеченностью | |
| <u>0,1</u> % <u>67,90</u> м ³ /с | |
| <u>1,0</u> % <u>55,40</u> м ³ /с | |
| 9 Климат района электростанции: | |
| Температура воздуха, °С: | |
| максимальная | 26,2 |
| минимальная | -5,6 |
| среднегодовая | 9,2 |
| 10 Характеристика водохранилища | |
| Отметки уровня верхнего бьефа, м: | |
| нормального (НПУ) | 1176,00 |
| наивысшего при форсировках (ФПУ) | 1177,50 |
| наинизшего при предельной сработке (УМО) | 1164,66 |
| Площадь зеркала водохранилища при НПУ..... | 10,81 км ² |
| Объем водохранилища, км ³ : | |
| полный при НПУ | 0,0150 |
| полезный | 0,00293 |
| Характер регулирования бытового стока реки | суточное |
| Расчетная высота волны <u>0,07</u> м | |

- 11 Отметки уровня нижнего бьефа:
 наивысшего 3,40 м при $Q = \underline{67,90}$ м³/с
 наинизшего 1,10 м при $Q = \underline{8,00}$ м³/с
- 12 Головной узел
 Водосбросная плотина
 Типгравитационная
 Материалжелезобетон
 Грунты основаниягранит
 Максимальный напор на плотину при НПУ.....16 м
 Основные размеры плотины, м:
 длина по гребню100
 ширина по гребню6,50
 наибольшая высота18,40
 отметка гребня1178,40
 превышение гребня над НПУ2,40
 Основные особенности конструкции плотины
 количество отверстий2
 тип отверстияповерхностный водослив
 размер отверстия2,5×4 м
 Пропускная способность одного отверстия при пропуске расчетного
 расхода, при НПУ18,22 м³/с
 Тип затвораплоский
 Тип подъемного механизмакозловой кран
 Конструкция гасителей энергииводобой, водобойная стенка, рисберма
- 15 Водовыпуск
 Типдонное отверстие
 Отметка порога1162,50 м
 Количество отверстий3
 Размеры отверстия, м1×1,30 м
 Пропускная способность при УМО13,97 м³/с

ВВЕДЕНИЕ

Родиной самых первых гидротехнических сооружений (ГТС) можно назвать Древний Египет, где до наших дней сохранились остатки одного из самых ранних гидротехнических сооружений – плотины Сад Эль-Кафар, которая была построена приблизительно между 2950 и 2750 гг. до н. э. Еще в древних цивилизациях жизненно важным фактором было управление водными ресурсами. Бум гидротехнического строительства приходится на последние 30-40 лет, когда было построено более 85 % всех существующих в мире плотин. Гидротехнические сооружения довольно надежны и долговечны – многие из них функционируют десятки и даже сотни лет.

Гидротехнические сооружения - плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, судоходные шлюзы, судоподъемники, а также другие сооружения, предназначенные для использования водных ресурсов и защиты от разрушительного действия водной стихии.

Гидротехнические сооружения нередко создают водохранилища. Эксплуатация водохранилищ вызывают также значительные изменения в природе и хозяйстве речных долин, на прилегающих к ним территориям, в долинах ниже плотин и в приустьевых участках морей и озер, в которые впадают зарегулированные водохранилищами реки. Однако следует отметить, что значительные или заметные изменения в окружающей среде вызывают преимущественно крупные и некоторые средние водохранилища. Влияние небольших и малых водохранилищ на природу и хозяйство территории, обычно невелико, а нередко и положительно.

Целью дипломного проекта является углубление, систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности, развитие навыков решения конкретных научно - технических и инженерно - экономических задач. Немаловажной целью является безопасность и надежность проектируемого гидротехнического сооружения.

1 Анализ исходных данных для проектируемой ГЭС

Гизельдон - река в Северной Осетии, приток Ардона. Впадает в Ардон в 0,2 км от впадения Ардона в Терек, поэтому часто упоминается как левый приток Терека. Длина реки - 80 км. Площадь водосбора - 604 км².

1.1 Природные условия

1.1.1 Климат

Климат в районе строительства Гизельдонской ГЭС умеренно-континентальный, смягченный близостью гор. Зима мягкая, лето длительное, но не засушливое, и, в основном, дождливое. Средняя температура: января - -3,2 °С, июля - +20,4 °С (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Среднемесячные температуры в районе строительства ГЭС

| Месяц | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|-------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| t, °С | -1,9 | -1,7 | 3,0 | 9,6 | 14,1 | 18,1 | 20,7 | 20,2 | 15,6 | 9,9 | 3,7 | -0,6 |

Летом имеется возможность проникновения тропических циклонов, несущих сильные дождевые муссоны с грозами. Зимой осадки, в основном, с Каспийского моря. Количество осадков достигает до 900 мм.

1.1.2 Гидрологические данные

Длина реки - 80 км, площадь водосбора - 604 км². Питание ледниково-снеговое, половодье на реке наблюдается весной и в начале лета. Истоком реки является Главный Кавказский хребет.

Гидрологический ряд наблюдений за р. Гизельдон в период с 1965 – 2014 гг. приведен в приложении А, таблица А.1.

Среднемноголетний сток:

$$\bar{W}_{\text{многолетний}} = \bar{Q}_{\text{многолетний}} \cdot t = 15 \cdot 31536000 = 0,473 \text{ км}^3, \quad (1.1)$$

где $\bar{Q}_{\text{многолетний}}$ - среднемноголетний расход из приложения А, таблица А.1;

t - число секунд в году, с.

Координаты кривой связи верхнего и нижнего бьефа представлены в таблице 1.2 и 1.3, на рисунке 1.1 и 1.2.

Таблица 1.2 – Координаты кривых связей уровней воды в нижнем бьефе от расходов воды

| Летний период | | Зимний период | |
|---------------|------------|---------------|------------|
| $Z_{НБ}, м$ | $Q, м^3/с$ | $Z_{НБ}, м$ | $Q, м^3/с$ |
| 1160,04 | 0 | 1160,04 | 0 |
| 1160,18 | 0,8 | 1160,18 | 0,72 |
| 1160,37 | 1,9 | 1160,37 | 1,71 |
| 1160,59 | 3,4 | 1160,59 | 3,06 |
| 1160,81 | 5,1 | 1160,81 | 4,59 |
| 1161,01 | 7 | 1161,01 | 6,3 |
| 1161,21 | 9,1 | 1161,21 | 8,19 |
| 1161,39 | 11,5 | 1161,39 | 10,35 |
| 1161,61 | 15,1 | 1161,61 | 13,59 |
| 1161,81 | 19,2 | 1161,81 | 17,28 |
| 1162,00 | 23,8 | 1162,00 | 21,42 |
| 1162,18 | 28,7 | 1162,18 | 25,83 |
| 1162,39 | 34,3 | 1162,39 | 30,87 |
| 1162,61 | 40,6 | 1162,61 | 36,54 |
| 1162,81 | 46,8 | 1162,81 | 42,12 |
| 1163,01 | 53,2 | 1163,01 | 47,88 |
| 1163,19 | 60 | 1163,19 | 54 |
| 1163,39 | 68,5 | 1163,39 | 61,65 |
| 1163,61 | 78 | 1163,61 | 70,2 |
| 1163,80 | 88,7 | 1163,80 | 79,83 |

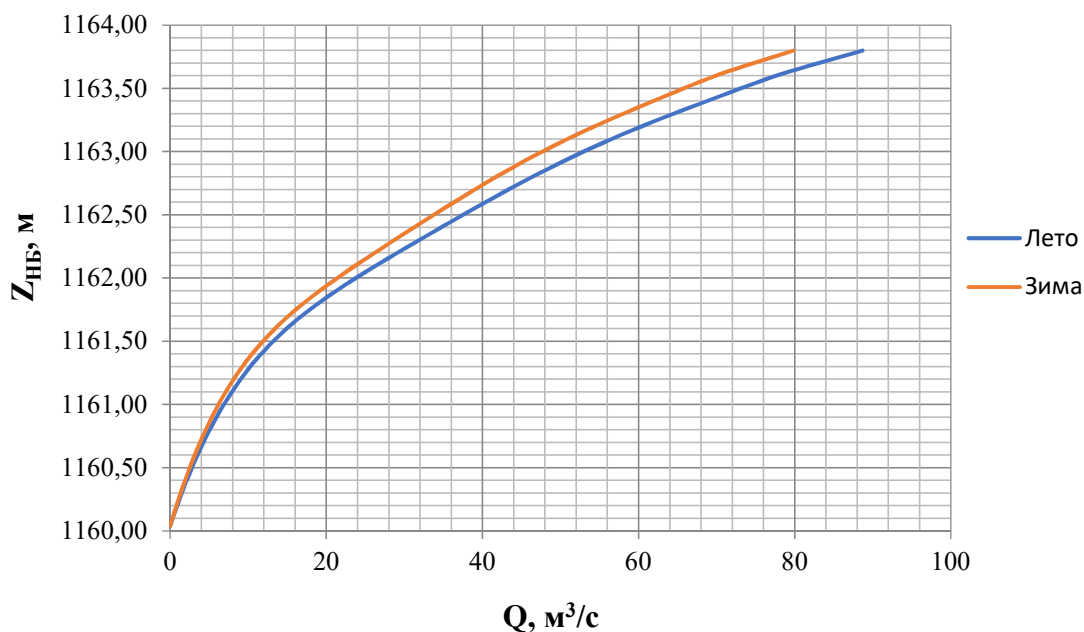


Рисунок 1.1 – Кривые связи расходов и уровней нижнего бьефа

Таблица 1.3 – Координаты кривой связи объемов воды в верхнем бьефе

| $Z_{ВБ}, \text{ м}$ | $V, \text{ км}^3$ |
|---------------------|-------------------|
| 1160,00 | 0 |
| 1163,39 | 0,002 |
| 1165,98 | 0,004 |
| 1168,26 | 0,006 |
| 1170,32 | 0,008 |
| 1172,20 | 0,01 |
| 1173,91 | 0,012 |
| 1175,39 | 0,014 |
| 1176,45 | 0,016 |
| 1176,59 | 0,018 |

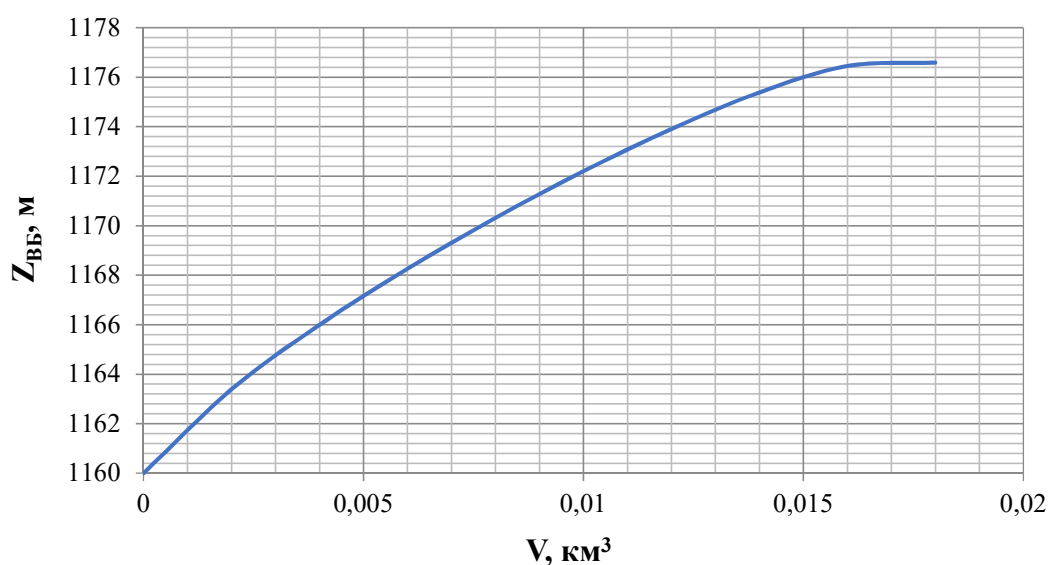


Рисунок 1.2 – Кривая связи объемов и уровней верхнего бьефа

1.1.3 Инженерно – геологические условия

В районе строительства Гизельдонской ГЭС зоны тектонического контакта и разлома отсутствуют.

В створе проектируемой ГЭС и основании сооружений залегают скальные породы: гранит. На глубине более 100 метров присутствуют, местами, включения извести.

1.1.4 Топографические условия

Рельеф района строительства – гористый, представляющий собой крупные возвышенности (горы, хребты, ущелья) и понижения (долины и котловины).

Створ располагается в Даргавском ущелье, а машинный зал – у подножья горы перед ущельем.

1.1.5 Населенность района

В районе строительства проектируемой ГЭС располагается село Кобан, с численностью населения 500 чел., село Даргавс - 150 чел. и г. Владикавказ - 304 897 чел.

1.1.6 Транспортная инфраструктура

Транспортная инфраструктура в районе строительства включает в себя: Гизельское шоссе, Московское шоссе, дорога от с. Кобан до Гизельского шоссе, дорога от с. Кобан до с. Даргавс.

Ближайший аэропорт и железнодорожная станция расположены в г. Владикавказ. Судоходство отсутствует.

1.1.7 Полезные ископаемые

Наиболее распространенными полезными ископаемыми являются полиметаллические руды, содержащие, главным образом, цинк, свинец, медь, серебро, кадмий, висмут. Широко используются инертные строительные материалы (глина, песок, щебень, гравий). На территории республики находятся месторождения нефти, перспективные запасы которой составляют 10 млн. тонн. Практический интерес имеют выявленные и разведанные месторождения гранитов, кровельных сланцев, известняков, доломитов, мергелей, мрамора, базальта.

1.2 Энерго – экономическая характеристика района

Проектируемая гидростанция входит в энергосистему ОАО «СО ЕЭС» ОДУ Юга. Наиболее крупные объекты генерации: Эзминская ГЭС, Головная ГЭС, Гизельдонская ГЭС, Дзау ГЭС. По данным [1] в республике Северная Осетия - Алания наблюдается дефицит генерирующих мощностей. Данная проблема вызвана развитием секторов промышленности (металлургия, агропромышленный комплекс, лесная промышленность), транспортного комплекса, а также туризма. Планируется строительство горнолыжного комплекса.

2 Водно-энергетические расчеты

2.1 Регулирование стока воды

2.1.1 Исходные данные

- кривые связи расходов и уровней нижнего бьефа и объёмов водохранилища и уровней верхнего бьефа (таблица 1.2 и 1,3, рисунок 1.1 и 1.2);
- энергосистема – Северокавказское РДУ;
- коэффициент мощности:

$$k_N = 8,8;$$

- потери напора на водоподводящих сооружениях

$$\Delta h = 1,0 \text{ м};$$

- НПУ Гизельдонской ГЭС:

$$\nabla_{\text{НПУ}} = 1176,00 \text{ м};$$

- гидрологический ряд наблюдений за р. Гизельдон в период с 1965 – 2014 гг. (приложение А, таблица А.1);
- требование участников ВХК и потери воды представлены в таблице 2.1;

Таблица 2.1 – Требования участников ВХК и потери воды из водохранилища

| $Q, \text{ м}^3/\text{с}$ | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|------------------------------|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| Требования ВХК | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Потребление из водохранилища | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Фильтрация | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ледообразование | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Испарение | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2.1.2 Определение максимальных расчетных расходов

Максимальные расходы (приложение А, таблица А.1) располагаются в порядке убывания. Для заполнения таблицы Б.1 приложения Б определяются следующие коэффициенты:

$$K = \frac{Q_n}{Q_{cp}}, \quad (2.1)$$

где Q_n - n-ый член ряда максимальных годовых расходов;
 Q_{cp} - средний многолетний максимальный расход, м³/с.

Коэффициент вариации для максимальных расходов:

$$C_V = \sqrt{\frac{\sum(K-1)^2}{n}} = \sqrt{\frac{3,342}{50}} = 0,26, \quad (2.2)$$

где n - число членов ряда максимальных расходов.

Среднеквадратическая ошибка вычисления коэффициента вариации ряда максимальных расходов:

$$\delta_{C_V} = \sqrt{\frac{1+3 \cdot C_V^2}{2 \cdot (n-1)}} \cdot 100 = \sqrt{\frac{1+3 \cdot 0,26^2}{2 \cdot (50-1)}} \cdot 100 = 11,08\%, \quad (2.3)$$

где n - число членов ряда максимальных расходов.

Коэффициент асимметрии ряда максимальных расходов:

$$C_S = \frac{\sum(K-1)^3}{n \cdot C_V^3} = \frac{0,954}{50 \cdot 0,26^3} = 1,08, \quad (2.4)$$

где n - число членов ряда максимальных расходов.

Среднеквадратическая ошибка вычисления коэффициента асимметрии ряда максимальных расходов:

$$\begin{aligned} \delta_{C_S} &= \frac{\sqrt{\frac{6}{n}} \cdot \sqrt{1+6 \cdot C_V^2+5 \cdot C_V^4}}{C_S} \cdot 100 = \\ &= \frac{\sqrt{\frac{6}{50}} \cdot \sqrt{1+6 \cdot 0,26^2+5 \cdot 0,26^4}}{1,08} \cdot 100 = 38,33\%. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Заполняется таблица 2.2, используя формулы:

$$M_S = C_V \cdot \varphi, \quad (2.6)$$

$$K_S = M_S + 1, \quad (2.7)$$

$$Q = K_S \cdot Q_{cp}, \quad (2.8)$$

Результаты расчётов представлены в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Результаты расчётов максимальных расходов

| P, % | Расходы в кубических метрах в секунду | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | 0,01 | 0,1 | 0,5 | 1 | 3 | 5 | 10 | 50 | 90 | 95 | 97 | 99 | 99,9 | |
| φ | 6,12 | 4,63 | 3,55 | 3,07 | 2,27 | 1,88 | 1,34 | -0,17 | -1,11 | -1,29 | -1,39 | -1,54 | -1,70 | |
| M_S | 1,59 | 1,20 | 0,92 | 0,79 | 0,59 | 0,49 | 0,35 | -0,04 | -0,29 | -0,34 | -0,36 | -0,40 | -0,44 | |
| K_S | 2,59 | 2,20 | 1,92 | 1,80 | 1,59 | 1,49 | 1,35 | 0,96 | 0,71 | 0,67 | 0,64 | 0,60 | 0,56 | |
| Q | 79,8 | 67,9 | 59,0 | 55,4 | 49,0 | 45,9 | 41,5 | 29,5 | 22 | 20,5 | 20,0 | 18,5 | 17,2 | |

2.1.3 Кривые обеспеченности расходов

К периоду половодья относятся те месяца, в которых расходы больше или равны среднегодовому расходу. Остальные месяца составят маловодный период.

Таким образом, к периоду половодья относятся IV, V, VI, VII, VIII месяца, а к периоду межени – I, II, III, IX, X, XII, XII месяца.

Далее вычисляются средние расходы для всех лет ряда за период межени и половодья, и располагаются в порядке убывания.

Затем необходимо находятся обеспеченности для каждого года.

Обеспеченность находится по следующей формуле:

$$P(m) = \frac{m}{n+1} \cdot 100 (\%), \quad (2.9)$$

где $P(m)$ - обеспеченность;

m - порядковый номер члена ряда расходов, ранжированного в убывающем порядке;

n - общее число членов ряда.

Результаты расчётов представлены в приложении Б, таблица Б.2

Расчётные значения обеспеченности для выбора маловодного года принимаются равными 90%, средневодного – 50%.

Эмпирические кривые обеспеченности для средних расходов за год, половодье и межень представлены на рисунке 2.1.

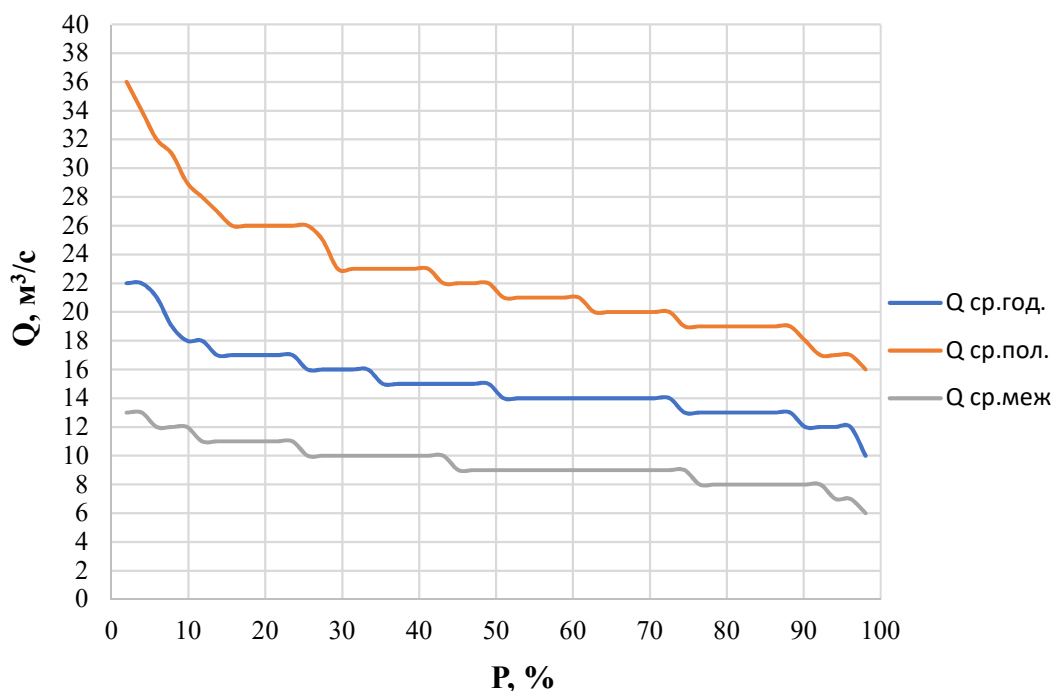


Рисунок 2.1 – Эмпирические кривые обеспеченности для средних расходов за год, половодье и межень

2.1.4 Выбор расчётного маловодного и средневодного года

Для заданной расчетной обеспеченности ($P=50\%$) на кривых обеспеченности отсутствует конкретный год. По кривой обеспеченности годовых расходов определяются ближайшие года справа и слева от расчетной обеспеченности 50%: 1966 и 2014 гг. Интерполируется значение расходов для 50% обеспеченности.

Среднеполоводное базовое значение для 50% обеспеченности - $21,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Маловодное базовое значение для 50% обеспеченности - $9 \text{ м}^3/\text{с}$.

Вычисляются коэффициенты приведения по половодью и межени для сравниваемых лет:

$$K_{\text{п}}(50\%) = \frac{Q_{\text{база}}^{\text{половод}}}{Q_{2014}^{\text{половод}}} = \frac{21,5}{20} = 1,08, \quad (2.10)$$

$$K_{\text{п}}(50\%) = \frac{Q_{\text{база}}^{\text{половод}}}{Q_{1966}^{\text{половод}}} = \frac{21,5}{23} = 0,93, \quad (2.11)$$

$$K_{\text{м}}(50\%) = \frac{Q_{\text{база}}^{\text{межень}}}{Q_{2014}^{\text{межень}}} = \frac{9}{11} = 0,82, \quad (2.12)$$

$$K_{\text{м}}(50\%) = \frac{Q_{\text{база}}^{\text{межень}}}{Q_{1966}^{\text{межень}}} = \frac{9}{8} = 1,13. \quad (2.13)$$

В качестве расчетного средневодного года принимается 2014 г. Среднемесячные расходы умножаются на полученные коэффициенты: для месяцев, относящихся к половодью на коэффициент приведения 1,08, для месяцев, относящихся к межени на 0,82. Затем контролируется среднегодовое значение. Поскольку полученное после приведения среднегодовое значение меньше исходного, то повышается понижающий коэффициент до значения 1,1. При этом значения коэффициента приведения среднегодовые расходы равны исходным (таблица 2.3).

Таблица 2.3 - Расходы в расчетном средневодном году 2014 (P=50%)

| Месяцы | Расходы в кубических метрах в секунду | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|---------------------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | $Q_{\text{ср.год}}$ |
| Исходные | 9 | 12 | 13 | 15 | 19 | 23 | 25 | 20 | 15 | 12 | 9 | 4 | 15 |
| Приведенные | 7 | 10 | 10 | 16 | 20 | 25 | 27 | 22 | 12 | 10 | 8 | 3 | 14 |
| С уточненным коэффициентом | 8 | 11 | 11 | 16 | 20 | 25 | 27 | 22 | 14 | 11 | 8 | 4 | 15 |

Далее по значениям среднегодовых расходов P=90% обеспеченности соответствует 1965 г. В внутригодовом распределении для половодья и межени на 90% обеспеченность попали 2009 и 2003 гг., которые принимаются за базовые.

Тогда базовое значение по половодью для 90% обеспеченности равно 18 м³/с, а для межени - 8 м³/с.

Вычисляются коэффициенты приведения по половодью и межени:

$$K_{\text{п}}(90\%) = \frac{Q_{\text{база}}^{\text{половод}}}{Q_{1965}^{\text{половод}}} = \frac{18}{16} = 1,13, \quad (2.14)$$

$$K_{\text{п}}(90\%) = \frac{Q_{\text{база}}^{\text{половод}}}{Q_{1965}^{\text{половод}}} = \frac{8}{8} = 1. \quad (2.15)$$

Среднемесячные расходы умножаются на полученные коэффициенты: для месяцев, относящихся к половодью на коэффициент приведения 1,13, для месяцев, относящихся к межени на 1,0. Затем контролируется среднегодовое значение. Поскольку полученное после приведения среднегодовое значение превышает исходное, то понижается повышающий коэффициент до 0,9 (таблица 2.4).

Таблица 2.4 - Расходы в расчетном маловодном году 1965 (P=90%)

| Месяцы | Расходы в кубических метрах в секунду | | | | | | | | | | | | |
|----------|---------------------------------------|----|-----|----|----|----|-----|------|----|---|----|-----|---------------------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | $Q_{\text{ср.год}}$ |
| Исходные | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 21 | 15 | 13 | 9 | 8 | 8 | 4 | 12 |

Окончание таблицы 2.4

| Расходы в кубических метрах в секунду | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|----|-----|----|----|----|-----|------|----|---|----|-----|---------------------|
| Месяцы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | $Q_{\text{ср.год}}$ |
| Приведенные | 9 | 11 | 13 | 17 | 19 | 24 | 17 | 15 | 9 | 8 | 8 | 4 | 13 |
| С уточненным коэффициентом | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 21 | 15 | 13 | 9 | 8 | 8 | 4 | 12 |

После полученных расчетов находятся расходы маловодного года с корректировкой (таблица 2.5)

Таблица 2.5 - Расходы маловодного года (P=90%) с корректировкой

| Расходы в кубических метрах в секунду | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|---------------------|
| Месяцы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | $Q_{\text{ср.год}}$ |
| $Q_{50\%} - Q_{90\%}$ | -1 | 0 | -2 | 1 | 3 | 4 | 12 | 9 | 5 | 3 | 2 | 0 | - |
| Изменения $Q_{50\%}$ | -1 | 0 | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | - |
| $Q_{50\%}$ с корректировкой | 8 | 11 | 11 | 15 | 17 | 21 | 15 | 13 | 9 | 10 | 9 | 4 | 12 |

Расчетные гидрографы представлены на рисунке 2.2.

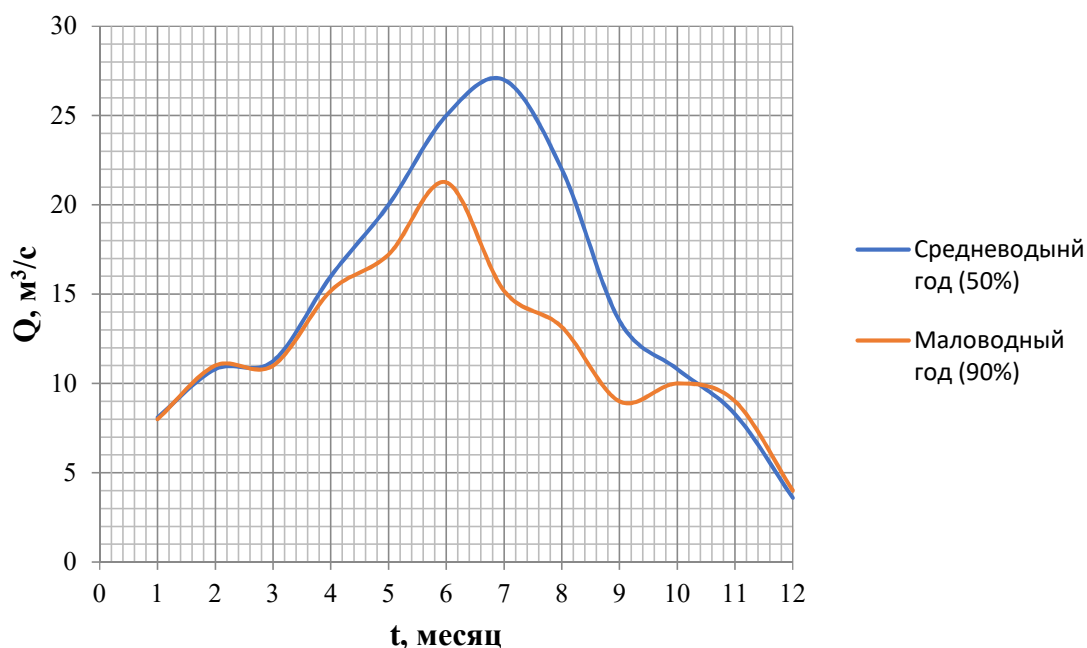


Рисунок 2.2 – Расчетные гидрографы маловодного и средневодного года

2.1.5 Определение типа регулирования

Полезный объем водохранилища – это объем воды между отметкой УМО и отметкой НПУ. Принимается, что УМО соответствует снижению ВБ на 35%. Если отметка НПУ 1176,00 м а отметка ДНО 1160,00 м, тогда:

$$\nabla \text{УМО} = 1176,00 - 0,35 \cdot (1176,00 - 1160,00) = 1170,40 \text{ м.} \quad (2.16)$$

Объемы, соответствующие отметкам НПУ и УМО, находятся по кривой связи объемов и уровней верхнего бьефа (рисунок 1.2):

$$V_{\text{НПУ}} = 0,0156 \text{ км}^3,$$

$$V_{\text{УМО}} = 0,008 \text{ км}^3.$$

Полезный объем водохранилища:

$$V_{\text{полезный}} = V_{\text{НПУ}} - V_{\text{УМО}} = 0,0156 - 0,008 = 0,0076 \text{ км}^3. \quad (2.17)$$

Для расчета необходимо знать тип регулирования водохранилища, для этого рассчитывается коэффициент зарегулирования стока по формуле:

$$\beta = \frac{V_{\text{полезный}}}{\bar{W}_{\text{многолетний}}} = \frac{0,0076}{0,473} = 0,016, \quad (2.18)$$

где $V_{\text{полезный}}$ - полезный объем водохранилища, формула (2.17);

$\bar{W}_{\text{многолетний}}$ - средний многолетний сток в заданном створе, по формуле (1.1).

Принимается суточный тип регулирования.

2.2 Определение установленной мощности ГЭС на основе водно-энергетических расчетов

2.2.1 Определение рабочей мощности Гизельдонской ГЭС. Покрытие графиков нагрузки проектируемой гидроэлектростанцией

Основной задачей водно-энергетического расчета (ВЭР) является по известным расчетным гидрографам маловодного и средневодного года, требованиям водохозяйственного комплекса, годовому графику среднемесячных мощностей определить: гарантированные мощности для каждого месяца, минимальный уровень сработки водохранилища (уровень мертвого объема (УМО)), среднемноголетнюю выработку. Так же на основе ВЭР производится определение вытесняющей рабочей мощности и, как следствие, установленной мощности проектируемой станции.

Часом начала сработки принимается час, в котором рабочая мощность близка или равна максимальной мощности проектируемой ГЭС в данном месяце и когда водохранилище наполнено, а уровень воды в нем равен $V_{НПУ} = 1176,00$ м и $V_{вдхр} = 0,0152$ км³.

Расход через турбины ГЭС определяется по формуле:

$$Q_{ГЭС}^t = Q_{полезн}^t + Q_{вдхр}^t, \quad (2.19)$$

где $Q_{полезн}^t$ - полезный расход, м³/с;

$Q_{вдхр}^t$ - расход воды из водохранилища, м³/с.

Величина $Q_{вдхр}^t$ варьируется для достижения нужной мощности. Если вода берется из водохранилища, то $Q_{вдхр}^t$ имеет знак «минус».

Расход в НБ определяется суммой расходы воды через ГЭС и потерь воды из водохранилища:

$$Q_{НБ}^t = Q_{ГЭС}^t + Q_{ф}^t. \quad (2.20)$$

Расход в нижний бьеф не может быть меньше расхода ВХК.

Изменение объема водохранилища:

$$\Delta V^t = Q_{вдхр}^t \cdot t, \quad (2.21)$$

где t - число секунд в месяце, с.

Отметка уровня воды в ВБ на конец суток определяется исходя из известного объема воды в водохранилище по кривой связи (рисунок 1.2).

Напор на турбине определяется по формуле:

$$H^t = z_{ВБ.ср}^t - z_{НБ}^t - \Delta h, \quad (2.22)$$

где $z_{ВБ.ср}^t$ - среднее значение отметки ВБ, м;

$z_{НБ}^t$ - отметка НБ, соответствующая расходу в нижний бьеф, м;

Δh - потери напора из исходных данных.

Мощность станции:

$$N^t = k_N \cdot Q^t \cdot H^t, \quad (2.23)$$

где k_N - коэффициент мощности (из исходных данных);

Q' - принимается равным расходу воды через турбины ГЭС, найденный по формуле (2.20);

H' - напор на турбине, найденный по формуле (2.22).

В приложении Б (таблица Б.3 и Б.4) приводится расчет сработки – наполнения водохранилища, изменение мощности в часы до полного цикла сработки – наполнения.

В таблице 2.6 приведены рабочие мощности Гизельдонской ГЭС при условиях маловодного года.

Таблица 2.6 - Рабочие мощности Гизельдонской ГЭС при условиях маловодного года

| Месяцы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $N_{\text{гар}}, \text{МВт}$ | 4 | 6 | 6 | 8 | 9 | 11 | 11 | 9 | 8 | 6 | 6 | 4 |
| $\text{Э}_{\text{гар}}, \text{млн. кВт}\cdot\text{ч}$ | 0,09 | 0,14 | 0,14 | 0,20 | 0,23 | 0,27 | 0,27 | 0,23 | 0,20 | 0,14 | 0,14 | 0,09 |
| $N_{\text{база}}, \text{МВт}$ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| $\text{Э}_{\text{база}}, \text{млн. кВт}\cdot\text{ч}$ | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| $\text{Э}_{\text{пик}}, \text{млн. кВт}\cdot\text{ч}$ | 0,04 | 0,09 | 0,08 | 0,15 | 0,18 | 0,14 | 0,14 | 0,18 | 0,15 | 0,08 | 0,09 | 0,04 |
| $N_{\text{пик}}, \text{МВт}$ | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| $N_{\text{раб}}, \text{МВт}$ | 23 | 20 | 19 | 14 | 16 | 17 | 17 | 16 | 14 | 19 | 20 | 23 |

На рисунке 2.3 отображены графики сработки - наполнения водохранилища каждого месяца.

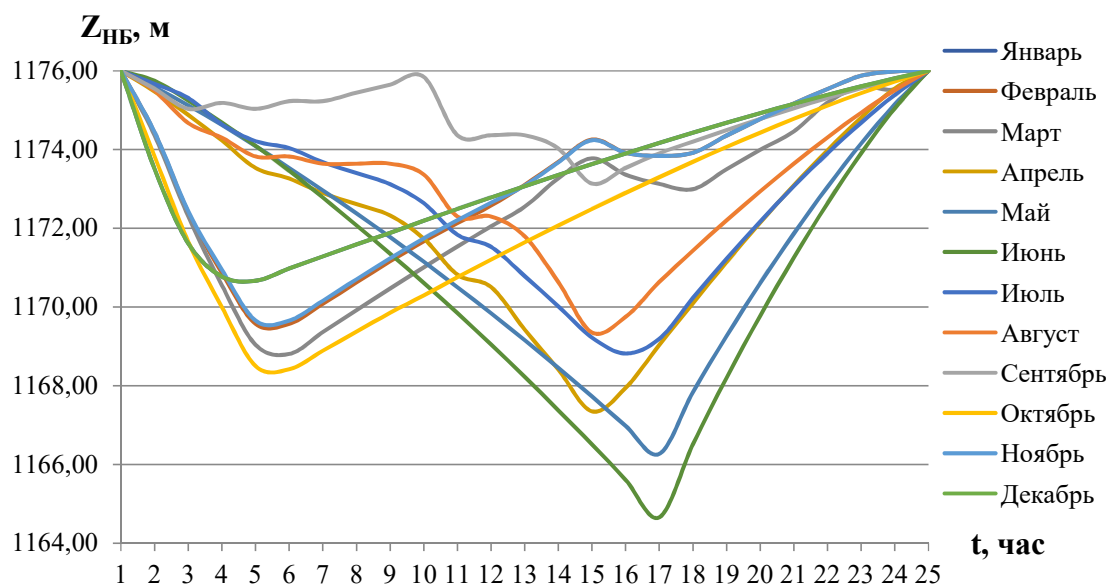


Рисунок 2.3 – График сработки - наполнения водохранилища Гизельдонской ГЭС

По данному графику видно, что отметка УМО составляет $\nabla\text{УМО} = 1164,66$ м, а отметка НПУ - $\nabla\text{НПУ} = 1176,00$ м.

2.2.2 Покрытие годового графика среднемесячных нагрузок энергосистемы в условиях маловодного года

Главным критерием при определении параметров проектируемой ГЭС является максимум вытеснения тепловых мощностей в энергосистеме.

График баланса энергии (приложение Б, рисунок Б.1) строится на средних нагрузках энергосистемы. Указываются среднемесячные нагрузки существующих ГЭС, проектируемой ГЭС и ТЭС (таблица 2.7)

Таблица 2.7 - Баланс энергии энергосистемы в маловодном году

| $P_{\text{ср}}^{\text{сист}}$, МВт | $N_{\text{ср}}^{\text{сущ.ГЭС}}$, МВт | $N_{\text{ср}}^{\text{пр.ГЭС}}$, МВт |
|-------------------------------------|--|---------------------------------------|
| 265 | 206 | 4 |
| 253 | 189 | 5 |
| 232 | 172 | 5 |
| 207 | 163 | 8 |
| 186 | 155 | 11 |
| 174 | 138 | 12 |
| 174 | 138 | 12 |
| 186 | 155 | 8 |
| 207 | 163 | 4 |
| 232 | 172 | 5 |
| 253 | 189 | 5 |
| 265 | 206 | 4 |

2.2.3 Расчет резервов и определение установленной мощности Гизельдонской ГЭС. Расчет баланса мощности

При составлении баланса мощности (приложение Б, рисунок Б.2) энергосистемы учитывается, что нагрузочный резерв системы равен 2 % от P_t^{max} , аварийный резерв – 8% от P_t^{max} .

Нагрузочный резерв расположен на существующих ГЭС и ТЭС. Все рассчитанные данные приведены в приложении Б, таблица Б.5.

Ремонт оборудования ГЭС осуществляется в те месяцы, когда оно не полностью используется в энергосистеме, т.е. когда на ГЭС имеется свободная мощность.

Ремонтная площадь существующих ГЭС:

$$F_{\text{рем}}^{\text{сущ.ГЭС}} = \frac{N_{\text{раб}}^{\text{max}}}{6} = \frac{206}{6} = 34 \text{ МВт} \cdot \text{мес/год}. \quad (2.24)$$

Ремонтная площадь существующих ТЭЦ:

$$F_{рем.ТЭС}^{сущ.ТЭС} = \frac{N_{раб}^{max}}{6} = \frac{89}{6} = 15 \text{ МВт} \cdot \text{мес/год}. \quad (2.25)$$

Располагаем ремонт ТЭС на июнь и июль соответственно.

Установленную мощность проектируемой ГЭС представим в виде суммы:

$$N_{уст}^{ГЭС} = N_{раб}^{ГЭС} + N_{рез}^{ГЭС} = 23 + 0 = 23 \text{ МВт}. \quad (2.26)$$

2.2.4 Определение среднегодовой выработки Гизельдонской ГЭС

В случае суточного регулирования среднегодовой выработка рассчитывается путем вычисления согласно работе маловодного года.

В каждом месяце в итоге ВЭР режима работы ГЭС в маловодном году были определены рабочие мощности каждого часа и соответствующая им выработка по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{N_{раб} \cdot 1}{1000}. \quad (2.27)$$

Для определения среднемесячной выработки необходимо сумму выработок каждого часа умножить на количество дней в месяце:

$$\bar{\mathcal{E}} = \sum \mathcal{E}_{месяц}, \text{ млн.кВт} \cdot \text{ч}. \quad (2.28)$$

Данные для каждого месяца сведены в таблицу 2.8

Таблица 2.8 – Расчет среднегодовой выработки

| Месяц | Выработка в млн. кВт·ч | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| $\sum \mathcal{E}_{месяц}$ | 0,09 | 0,12 | 0,13 | 0,2 | 0,27 | 0,28 | 0,21 | 0,18 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,09 |
| $\bar{\mathcal{E}}_{месяц}$ | 2,8 | 3,5 | 3,8 | 5,8 | 8,4 | 8,6 | 6,7 | 5,7 | 2,9 | 3,4 | 3,7 | 2,8 |
| $\bar{\mathcal{E}}$ | 58 млн. кВт·ч | | | | | | | | | | | |

По данным таблицы 2.8, среднегодовая выработка Гизельдонской ГЭС равняется $\bar{\mathcal{E}} = 58 \text{ млн.кВт} \cdot \text{ч}$.

3 Основное и вспомогательное оборудование

3.1 Режимное поле проектируемой ГЭС

Подбор оборудования с использованием ГУХ заключается в том, чтобы для каждого рассматриваемого типа турбин выбрать такие варианты диаметра рабочего колеса D_1 и синхронной частоты вращения n , при которых в области допустимых режимов по напору и расходу проектируемая ГЭС работала бы с наибольшим КПД при минимальном заглублении и количестве установленных агрегатов. Оптимальный вариант оборудования ГЭС выбирается на базе экономического обоснования.

Необходимо определить область допустимых режимов работы проектируемой ГЭС, для этого строится режимное поле с указанием линий ограничения для различных режимов (рисунок 3.1)

При составлении режимного поля используется методика, приведенная в методическом пособии [2].

Расчеты сводятся в таблицу 3.1

Таблица 3.1 – Данные расчета режимного поля

| Кривые связи НБ | | Напорные характеристики | | | Линия ограничения по установленной мощности | | Линия ограничения по пропускной способности | |
|--------------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|---|---------------------------|---|---------------------------|
| $Q_{НБ}, \text{ м}^3/\text{с}$ | $Z_{НБ}, \text{ м}$ | $H_{НПУ}, \text{ м}$ | $H_{УМО}, \text{ м}$ | $H_{ВБ}, \text{ м}$ | $H, \text{ м}$ | $Q, \text{ м}^3/\text{с}$ | $H, \text{ м}$ | $Q, \text{ м}^3/\text{с}$ |
| 5 | 1100,79 | 74,21 | 62,87 | 69,88 | 87 | 30 | 92 | 45 |
| 10 | 1101,28 | 73,72 | 62,38 | 69,39 | 75 | 35 | 72 | 40 |
| 15 | 1101,60 | 73,40 | 62,06 | 69,07 | 65 | 40 | 55 | 35 |
| 20 | 1101,85 | 73,15 | 61,81 | 68,82 | | | 41 | 30 |
| 25 | 1102,05 | 72,95 | 61,61 | 68,62 | | | | |
| 30 | 1102,23 | 72,77 | 61,43 | 68,44 | | | | |
| 35 | 1102,41 | 72,59 | 61,25 | 68,26 | | | | |
| 40 | 1102,59 | 72,41 | 61,07 | 68,08 | | | | |
| 45 | 1102,75 | 72,25 | 60,91 | 67,92 | | | | |

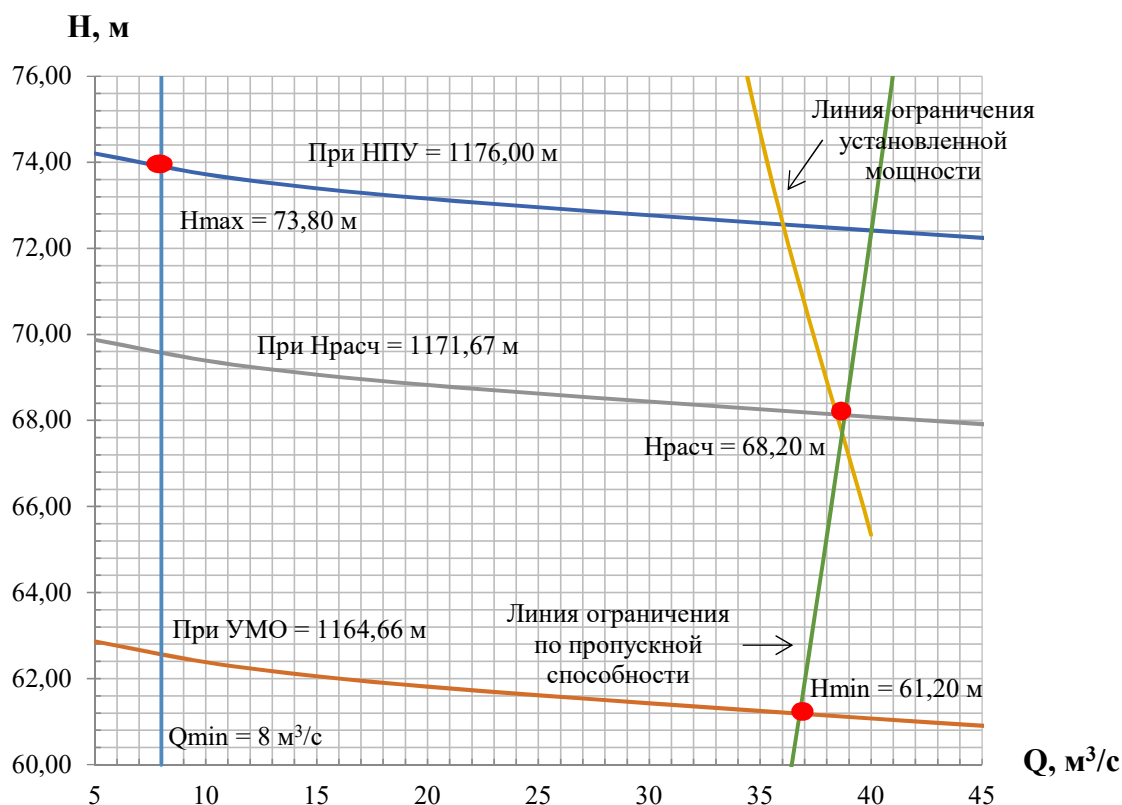


Рисунок 3.1 - Режимное поле Гизельдонской ГЭС

Из построенного режимного поля видно:

- максимальный напор $H_{\max} = 73,80$ м. Определяется в точке пересечения напорной характеристики при НПУ и линии ограничения по минимальному расходу;

- расчетный напор $H_{\text{расч}} = 68,20$ м. Определяется в точке пересечения линии ограничения по расчетной установленной мощности с линией расчетного напора;

- минимальный напор $H_{\min} = 61,20$ м. Определяется в точке пересечения напорной характеристики при УМО и линии ограничения по пропускной способности ГЭС.

3.2 Выбор гидротурбин по главным универсальным характеристикам

Для полученного диапазона напоров по справочным материалам (приложение В, рисунок В.1) подбираются все возможные типы гидротурбин, при этом контролируется соблюдение трех условий:

- 1) $H_{\max} \leq H_{\text{пред.}}$, т.е. значение предельного напора не должно быть меньше максимального расчетного;

2) Отношение $\frac{H_{\min}}{H_{\max}}$ должно быть не меньше, приведенного в справочных данных;

3) Максимальный диаметр рабочего колеса должен выбираться при учете транспортировки к проектируемой гидроэлектростанции.

В таблице 3.2 представлены выбранные типы гидротурбин и их параметры при соблюдении вышеуказанных условий.

Таблица 3.2 - Параметры выбранных типов модельных гидротурбин

| Марка | PO75-B | ПЛД90-B45° |
|-----------------------------------|--------|------------|
| № УХ | 21 | 16 |
| $H_{\text{пред}}, \text{м}$ | 75 | 90 |
| H_{\min}/H_{\max} | 0,60 | 0,50 |
| $n'_{1 \text{ opt}}, \text{об/м}$ | 83 | 85 |
| $Q_{1 \text{ opt}}, \text{л/с}$ | 1020 | 820 |
| $\eta_{\text{м opt}}$ | 0,920 | 0,921 |
| $Q'_{1 \text{ max}}, \text{л/с}$ | 1200 | 1300 |
| $\sigma (Q'_{1 \text{ max}})$ | 0,13 | 0,45 |
| $D_{1 \text{ м}}, \text{м}$ | 0,460 | 0,460 |
| $H_{\text{мод}}, \text{м}$ | 4 | 4 |
| $t_{\text{мод}}, \text{°C}$ | 20 | 16 |
| $\nu_{\text{мод}}$ | 1,01 | 1,114 |

Для выбора рабочего колеса выполняются расчёты для ряда стандартных диаметров. Результаты расчётов приведены в таблицах 3.3 и 3.4.

КПД натурной турбины определяется по формуле:

$$\eta_{\text{т}} = 1 - (1 - \eta_{\text{МО}}) \cdot \left[(1 - \varepsilon) + \varepsilon \cdot \sqrt[10]{\left(\frac{D_{1\text{М}}}{D_1}\right)^2 \cdot \frac{H_{\text{М}}}{H_{\text{п}}} \cdot \left(\frac{\nu_{\text{Н}}}{\nu_{\text{М}}}\right)^2} \right], \quad (3.1)$$

где $\eta_{\text{МО}}$ - КПД модельной турбины в точке оптимума (таблица 3.2);

ε - коэффициент, выражающий отношение потерь трения ко всем гидравлическим потерям. Для РО, ПЛ и ПЛД $\varepsilon = 0,75$;

$D_{1\text{М}}$ - диаметр модельной турбины, м (таблица 3.2);

D_1 - диаметр натурной турбины, м;

$H_{\text{М}}$ - напор на модельной турбине, м (таблица 3.2);

$H_{\text{п}}$ - расчетный напор натурной гидротурбины, м (п. 3.1.1);

$\nu_{\text{Н}}$ - кинематический коэффициент вязкости воды натурной турбины при средней температуре воды в году 15°C , $\nu_{\text{Н}} = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;

ν_M - кинематический коэффициент вязкости воды модельной турбины (таблица 3.2).

Мощность агрегата в расчетной точке:

$$N'_a = 9,81 \cdot Q'_{I_p} \cdot D_1^2 \cdot H_p^{1,5} \cdot \eta_t \cdot \eta_{г. ср}, \quad (3.2)$$

где Q'_{I_p} - приведенный расход в расчетной точке, л/с;

$\eta_{г. ср}$ - средний КПД генератора.

Число агрегатов:

$$Z'_a = \frac{N_{уст}}{N'_a}, \quad (3.3)$$

где $N_{уст}$ - установленная мощность ГЭС, МВт;

N'_a - мощность агрегата из выражения (3.2).

Согласно стандарту, полученное число агрегатов округляется в большую сторону, и должно быть кратно 2 или 3.

Мощность агрегата:

$$N_a = \frac{N_{уст}}{Z_a}. \quad (3.4)$$

Частота вращения турбины:

$$n = n'_{I_p} \cdot \frac{\sqrt{H_p \cdot \Delta}}{D_1}, \quad (3.5)$$

где n'_{I_p} - приведенная частота вращения модельной гидротурбины в расчетной точке;

Δ - 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 необходимо принять ближайшее большее стандартное значение синхронной частоты вращения по известному стандартному ряду [2].

Для выбранного ряда диаметров гидротурбин стандартного значения, а также синхронной частоты вращения необходимо нанести линии приведённой частоты вращения, соответствующие известным напорам турбины H_{max} , H_p и H_{min} , которые определяются по формулам:

$$n'_{l\max} = \frac{n_c \cdot D_1}{\sqrt{H_{\min} \cdot \Delta}}, \quad (3.6)$$

$$n'_{lp} = \frac{n_c \cdot D_1}{\sqrt{H_p \cdot \Delta}}, \quad (3.7)$$

$$n'_{l\min} = \frac{n_c \cdot D_1}{\sqrt{H_{\max} \cdot \Delta}}. \quad (3.8)$$

Произведение приведённого расхода в расчётной точке на КПД:

$$Q'_l \cdot \eta_T = \frac{N_a}{9,81 \cdot D_1^2 \cdot (\Delta \cdot H_p)^{1,5}}, \quad (3.9)$$

где Q'_l - приведённый расход, равный:

$$Q'_l = \frac{Q_{\min}}{D_1^2 \cdot \sqrt{H \cdot \Delta}}. \quad (3.10)$$

Затем для каждого выбранного диаметра наносятся линии приведённой частоты вращения, соответствующие известным напорам турбины H_{max} , H_p и H_{min} , которые рассчитываются по вышесказанным формулам, а также линии ограничения по расходам.

Таблица 3.3 - Результат расчета параметров гидротурбины ПЛД90 - В45° для различных значений D_1

| D_1 , м | 1 | 1,25 | 1,4 | 1,6 |
|------------------|----------|----------|----------|----------|
| η_T | 0,9308 | 0,9328 | 0,9338 | 0,9349 |
| N'_{agr} , МВт | 6,2958 | 9,8582 | 12,3791 | 16,1881 |
| $z'a$, шт | 3,6532 | 2,3331 | 1,8580 | 1,4208 |
| $z a$, шт | 4 | 3 | 2 | 2 |
| N_{agr} , МВт | 5,7500 | 7,6667 | 11,5000 | 11,5000 |
| Δ | 1,0274 | 1,0296 | 1,0307 | 1,0319 |
| nc' | 711,5143 | 569,8205 | 509,0351 | 445,6740 |

Окончание таблицы 3.3

| | | | | |
|-----------------------|--------|-------|--------|-------|
| D_1 , м | 1 | 1,25 | 1,4 | 1,6 |
| n синхр | 750 | 600 | 500 | 428,6 |
| n'_j Н max, об/мин | 86,1 | 86,0 | 80,3 | 78,6 |
| n'_j Н расч, об/мин | 89,6 | 89,5 | 83,5 | 81,7 |
| n'_j Н min, об/мин | 94,6 | 94,5 | 88,1 | 86,3 |
| n Нр | 1072,9 | 915,5 | 1094,8 | 838,2 |

Таблица 3.4 - Результат расчета параметров гидротурбины РО75 - В для различных значений D_1

| | | | | |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|
| D_1 , м | 1 | 1,25 | 1,4 | 1,6 |
| η_T | 0,9202 | 0,9226 | 0,9237 | 0,9250 |
| N'агр, МВт | 5,7704 | 9,0389 | 11,3524 | 14,8485 |
| z'a, шт | 3,9859 | 2,5446 | 2,0260 | 1,5490 |
| z a, шт | 4 | 3 | 2 | 2 |
| Naгр, МВт | 5,7500 | 7,6667 | 11,5000 | 11,5000 |
| Δ | 1,0305 | 1,0331 | 1,0344 | 1,0358 |
| nc' | 695,8179 | 557,3536 | 497,9435 | 436,0085 |
| n синхр | 750 | 600 | 500 | 428,6 |
| n'_j Н max, об/мин | 86,0 | 85,9 | 80,1 | 78,4 |
| n'_j Н расч, об/мин | 89,5 | 89,4 | 83,3 | 81,6 |
| n'_j Н min, об/мин | 94,4 | 94,3 | 88,0 | 86,1 |
| n Нр | 1072,9 | 915,5 | 1094,8 | 838,2 |

Для дальнейшего расчета гидротурбина РО75-В не принимается, так как она не прошла определение зоны работы турбины, или расчетная точка находится за линией срыва мощности. Далее рассматривается турбина ПЛД90 - В45° - 160. При этом диаметре точка оптимума входит в зону работы гидротурбины. Зона работа представлена на универсальной характеристике (Приложение Г, рисунок Г.1 и Г.2).

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

Глубина отсасывания рассчитывается для трех наиболее опасных с точки зрения кавитации случаев, то есть требующих наибольшего заглубления рабочего колеса:

- Работа одного агрегата с расчётной мощностью при НПУ;
- Работа одного агрегата с расчётной мощностью и расчетном напоре;
- Работа одного агрегата при минимальном напоре и соответствующей ему мощности на линии ограничения.

Высота отсасывания определяется по формуле:

$$H_s = B - \frac{Z_{\text{НБ}}(Q_{\text{НБ}})}{900} - \sigma \cdot H - 1,5 + Z_{\text{хпл}}, \quad (3.11)$$

где B - барометрическое давление водного столба, $B = 10,33$ м;

$Z_{\text{НБ}}(Q_{\text{НБ}})$ - отметка НБ при данном расходе, м;

1,5 – конструктивный запас;

σ - коэффициент кавитации, определяемый по главной универсальной характеристики для расчетных условий;

H - напор для расчетных условий;

$Z_{\text{хпл}}$ - разность в метрах отметок характерных плоскостей модельной и натурной турбин, которая для РО И ПЛД, равная:

$$Z_{\text{хпл}} = \frac{B_{0\text{М}} \cdot D_{1\text{Н}}}{2}, \quad (3.12)$$

где $B_{0\text{М}}$ и $D_{1\text{Н}}$ - данные для модельной гидротурбины (Приложение Д, рисунок Д.1)

Высота отсасывания определяется в трех случаях:

1. Работа одного агрегата с расчётной мощностью при НПУ:

$$H_s = 10,33 - \frac{1101,77}{900} - 0,1428 \cdot 73,80 - 1,5 + \frac{1,391}{2} = -2,23 \text{ м.}$$

2. Работа одного агрегата с расчётной мощностью и расчетном напоре:

$$H_s = 10,33 - \frac{1101,83}{900} - 0,186 \cdot 68,20 - 1,5 + \frac{1,391}{2} = -4,38 \text{ м.}$$

3. Работа одного агрегата при минимальном напоре и соответствующей ему мощности:

$$H_s = 10,33 - \frac{1101,73}{900} - 0,166 \cdot 61,20 - 1,5 + \frac{1,391}{2} = -1,86 \text{ м.}$$

Далее определяется отметка установки рабочего колеса:

$$\nabla Z_{\text{р.к.}} = Z_{\text{НБ}}(Q_{\text{НБ}}) + H_s, \quad (3.13)$$

где $Z_{\text{НБ}}(Q_{\text{НБ}})$ - отметка уровня воды в НБ при $(Q_{\text{НБ}})$, соответствующего расчётному значению высоты отсасывания H_s .

Для всех вышеописанных случаев:

$$\nabla Z_{\text{р.к.}} = 1101,77 + (-2,23) = 1099,53 \text{ м},$$

$$\nabla Z_{\text{р.к.}} = 1101,83 + (-4,38) = 1097,45 \text{ м},$$

$$\nabla Z_{\text{р.к.}} = 1101,73 + (-1,86) = 1099,87 \text{ м}.$$

Проанализировав полученные результаты, окончательно принимается к установке гидротурбина ПЛД90 - В45°, так как её высота отсасывания соответствует допустимой, а отметка расположения рабочего колеса при самом неблагоприятном случае позволяет обеспечивать безкавитационную работу гидротурбины на всех расчетных режимах.

3.4 Расчет и построение металлической спиральной камеры

Металлическая спиральная камера имеет круглое поперечное сечение с переходом на эллиптические в районе зуба. Служит для организованного подвода воды к турбине и формированию потока на входе в НА.

Для турбины ПЛД90 - В45° выбираются соответствующие параметры:

- угол охвата спиральной камеры:

$$\varphi = 345^\circ.$$

- высота лопаток направляющего аппарата:

$$b_0 = 0,25 \cdot D_1 = 0,25 \cdot 1,6 = 0,40 \text{ м}, \quad (3.14)$$

где D_1 - диаметр гидротурбины, $D_1 = 1,6 \text{ м}$.

- высота статора:

$$b_1 = b_0 + 0,02 = 0,4 + 0,02 = 0,42 \text{ м}. \quad (3.15)$$

Основные размеры статора для данного диаметра гидротурбины:

- $D_a = 3,05$ м;
- $D_a = 3,05$ м;
- $D_4 = 3,40$ м;
- $R_4 = 1,65$ м;
- $h_1 = 0,21$ м;
- $R = 0,2$ м.

Производится расчет параметров:

1. Расход через входное сечение:

$$Q_{\text{вх}} = Q_p \cdot \frac{\varphi}{360} = 19,6 \cdot \frac{345}{360} = 18,78 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3.16)$$

2. Площадь входного сечения:

$$F_{\text{вх}} = \frac{Q_{\text{вх}}}{v_{\text{ср}}} = \frac{18,78}{6,7} = 2,80 \text{ м}^2. \quad (3.17)$$

3. Радиус входного сечения:

$$r_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{F_{\text{вх}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{2,80}{3,14}} = 0,94 \text{ м}. \quad (3.18)$$

4. Полная высота статора:

$$H_1 = b_1 + 2 \cdot h_1 = 0,42 + 2 \cdot 0,21 = 0,84 \text{ м}. \quad (3.19)$$

5. Расстояние от оси турбины до центра входного сечения:

$$a_{\text{вх}} = R_4 + \sqrt{r_{\text{вх}}^2 - \left(\frac{H_1}{2}\right)^2} = 1,65 + \sqrt{0,94^2 - \left(\frac{0,84}{2}\right)^2} = 2,50 \text{ м}. \quad (3.20)$$

6. Наружный радиус входного сечения:

$$R_{\text{вх}} = a_{\text{вх}} + r_{\text{вх}} = 2,50 + 0,94 = 3,44 \text{ м} \quad (3.21)$$

7. Значение $\frac{\varphi}{c}$ входного сечения:

$$\frac{1}{c} = \frac{360 \cdot \left(a_{\text{вх}} - \sqrt{a_{\text{вх}}^2 - r_{\text{вх}}^2} \right)}{\varphi} = \frac{360 \cdot \left(2,5 - \sqrt{2,5^2 - 0,94^2} \right)}{345} = 0,19. \quad (3.22)$$

8. Задаваясь рядом значений углов φ_i через $\Delta\varphi = 15^\circ$ рассчитываются все сечения спиральной камеры:

$$x = \frac{\varphi}{c} + \sqrt{\frac{2 \cdot R_4 \cdot \varphi}{C} - \left(\frac{H_1}{2} \right)^2}. \quad (3.23)$$

9. Расстояние до центра расчетного сечения:

$$a = R_4 + x. \quad (3.24)$$

10. Радиус расчетного сечения:

$$p = \sqrt{x^2 + \left(\frac{H_1}{2} \right)^2}. \quad (3.25)$$

Данные расчетов сводятся в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Расчет сечений спиральной камеры

| φ | - | - | - | - | - | x | x^2 | p^2 | p | a | R |
|-----------|-----------------------|---------------------|-------------------------|--|-----------------|-------------|----------------|--|--------------|-------------|---------------|
| - | $\frac{\varphi}{360}$ | $\frac{\varphi}{c}$ | $2 \cdot R_4 \cdot [3]$ | $[4] - \left(\frac{H_1}{2} \right)^2$ | $\sqrt{[5]}$ | $[6] + [3]$ | $[7]^2$ | $[8] + \left(\frac{H_1}{2} \right)^2$ | $\sqrt{[9]}$ | $R_4 + [7]$ | $[10] + [11]$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| ° | - | - | м | м | м ⁻² | м | м ² | м ² | м | м | м |
| 345 | 0,958 | 0,186 | 0,613 | 0,437 | 0,661 | 0,846 | 0,716 | 0,893 | 0,945 | 2,496 | 3,441 |
| 330 | 0,917 | 0,178 | 0,586 | 0,410 | 0,640 | 0,818 | 0,669 | 0,845 | 0,919 | 2,468 | 3,387 |
| 315 | 0,875 | 0,170 | 0,560 | 0,383 | 0,619 | 0,789 | 0,622 | 0,798 | 0,893 | 2,439 | 3,332 |
| 300 | 0,833 | 0,162 | 0,533 | 0,357 | 0,597 | 0,759 | 0,576 | 0,752 | 0,867 | 2,409 | 3,276 |
| 285 | 0,792 | 0,153 | 0,506 | 0,330 | 0,574 | 0,728 | 0,530 | 0,706 | 0,840 | 2,378 | 3,218 |
| 270 | 0,750 | 0,145 | 0,480 | 0,303 | 0,551 | 0,696 | 0,484 | 0,661 | 0,813 | 2,346 | 3,159 |
| 255 | 0,708 | 0,137 | 0,453 | 0,277 | 0,526 | 0,663 | 0,440 | 0,616 | 0,785 | 2,313 | 3,098 |
| 240 | 0,667 | 0,129 | 0,426 | 0,250 | 0,500 | 0,629 | 0,396 | 0,572 | 0,756 | 2,279 | 3,036 |
| 225 | 0,625 | 0,121 | 0,400 | 0,223 | 0,473 | 0,594 | 0,352 | 0,529 | 0,727 | 2,244 | 2,971 |
| 210 | 0,583 | 0,113 | 0,373 | 0,197 | 0,443 | 0,557 | 0,310 | 0,486 | 0,697 | 2,207 | 2,904 |
| 195 | 0,542 | 0,105 | 0,346 | 0,170 | 0,412 | 0,517 | 0,268 | 0,444 | 0,666 | 2,167 | 2,834 |
| 180 | 0,500 | 0,097 | 0,320 | 0,143 | 0,379 | 0,476 | 0,226 | 0,403 | 0,634 | 2,126 | 2,760 |
| 165 | 0,458 | 0,089 | 0,293 | 0,117 | 0,342 | 0,430 | 0,185 | 0,362 | 0,601 | 2,080 | 2,682 |

По данным таблицы 3.5 строится график $\varphi_{\text{сп}} = f(r_i)$ (рисунок 3.2)

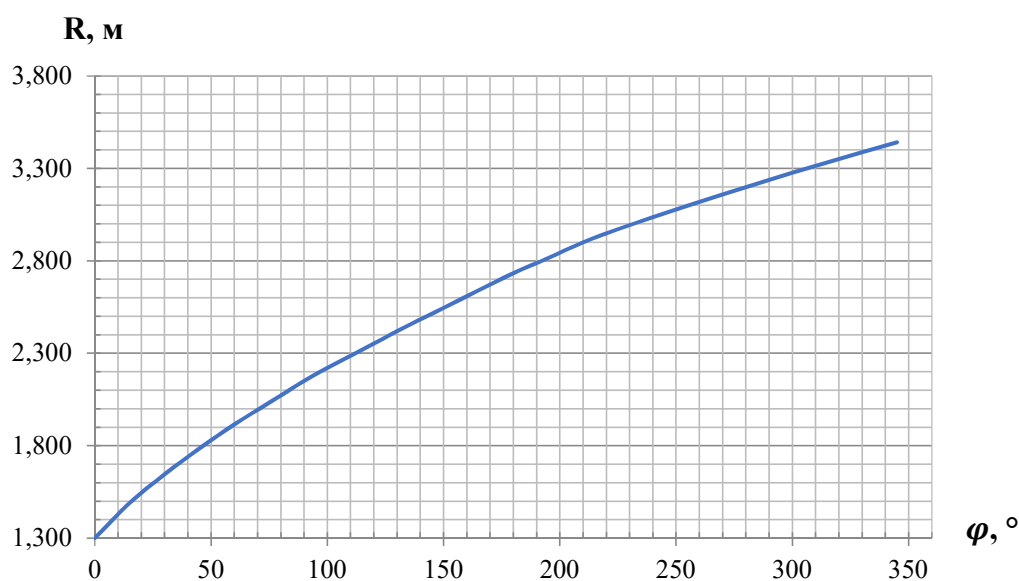


Рисунок 3.2 – График $\varphi_{\text{сп}} = f(r_i)$

Далее из графика определяется значение R для угла $\varphi = 150^\circ$:

$$R_{(\varphi=150^\circ)} = 2,50 \text{ м.}$$

Размеры эллиптических сечений спиральной камеры:

$$p_1 = \frac{H_1}{2 \cdot \sin a_k} = \frac{0,84}{2 \cdot \sin 35^\circ} = 0,73 \text{ м.} \quad (3.26)$$

Данные по расчету эллиптических сечений заносятся в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Расчет эллиптического сечения спиральной камеры

| $\varphi, ^\circ$ | $p_1, \text{ м}$ | $R, \text{ м}$ | $p_2, \text{ м}$ |
|-------------------|------------------|----------------|------------------|
| 150 | 0,30 | 2,50 | 0,30 |
| 135 | | 2,45 | 0,33 |
| 120 | | 2,35 | 0,38 |
| 105 | | 2,25 | 0,44 |
| 90 | | 2,15 | 0,50 |
| 75 | | 2,02 | 0,57 |
| 60 | | 1,90 | 0,63 |
| 45 | | 1,80 | 0,69 |

План спиральной камеры представлен в приложении Е, рисунок Е.1

3.5 Расчет деталей и узлов гидротурбины

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:

$$D_{\text{в}}^* \geq \left(5,1 \cdot \frac{M_{\text{кр}}}{[\tau_{\text{доп}}]} \right)^{0,33} = \left(5,1 \cdot \frac{0,261}{30} \right)^{0,33} = 0,4 \text{ м}, \quad (3.27)$$

где $[\tau_{\text{доп}}] = 30 - 35$ Мпа - допустимое напряжение на валу;

$M_{\text{кр}}$ - крутящий момент, определяемый по формуле:

$$M_{\text{кр}} = 0,00974 \cdot \frac{N}{n_{\text{синх}}} = 0,00974 \cdot \frac{11500}{428,6} = 0,261 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (3.28)$$

где N - мощность турбины, кВт;

$n_{\text{синх}}$ - синхронная частота вращения, об/мин.

Полученное значение диаметра округляется до стандартизированного (кратное 50 мм при $D_{\text{в}}$ менее 1000 мм и кратное 100 мм при $D \geq 1000$ мм).

Окончательный диаметр вала принимается $D_{\text{в}} = 0,5$ м.

Направляющий подшипник турбины предназначен для восприятия радиальных нагрузок.

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

Радиальная сила на рабочем колесе определяется по эмпирической зависимости:

$$R_{\text{рад}} = 0,8 \cdot \frac{N}{(n_{\text{синх}} \cdot D_1)}. \quad (3.29)$$

Диаметр вала под подшипником $d_{\text{п}}$, с учетом облицовки, обычно принимается на 15 – 20 мм больше $D_{\text{в}}$.

Для *кольцевого* подшипника удельное давление равно:

$$p_{\text{уд}} = \frac{R_{\text{рад}}}{(d_{\text{п}} \cdot h_{\text{п}})} \leq [p_{\text{уд}}]. \quad (3.30)$$

Экспериментально получено:

$$[p_{уд}] = 29 \cdot U, \quad (3.31)$$

где U определяется по формуле:

$$U = \frac{\pi \cdot n_{\text{синх}} \cdot d_{\text{п}}}{30}. \quad (3.32)$$

Расчет для кольцевого подшипника:

$$R_{\text{рад}} = 0,8 \cdot \frac{11500}{(428,6 \cdot 1,6)} = 13,42 \text{ кН},$$

$$U = \frac{3,14 \cdot 428,6 \cdot 0,515}{30} = 23,10 \text{ кПа},$$

$$[p_{уд}] = 29 \cdot 23,10 = 670,00 \text{ кПа},$$

$$p_{уд} = \frac{13,42}{(0,515 \cdot 0,3)} \leq [p_{уд}] = 86,86 \text{ кПа} \leq 670,00 \text{ кПа}.$$

Так как расчетное удельное давление меньше допустимого, то кольцевой подшипник способен выдержать радиальные нагрузки в процессе работы.

Для *сегментного* подшипника предварительно выбирается число и высота сегментов из таблицы 3.7

Таблица 3.7 - Данные для расчета сегментного подшипника

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

Определяется усилие на наиболее загруженный сегмент:

$$R_1 = \frac{R_{\text{рад}}}{(1 + 2 \cos \alpha + 2 \cos(2\alpha))}, \quad (3.33)$$

где α - центральный угол расположения сегментов, равный:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{Z_{\text{сегм}}}. \quad (3.34)$$

Рассчитывается удельная нагрузка на сегмент:

$$p_{\text{уд}} = \frac{R_{\text{рад}}}{(l_{\text{сегм}} \cdot h_{\text{п}})} \leq [p_{\text{уд}}]. \quad (3.35)$$

где $l_{\text{сегм}}$ - длина сегмента в окружном направлении:

$$l_{\text{сегм}} = \frac{(0,85 \div 0,95) \cdot \pi \cdot d_{\text{п}}}{Z_{\text{сегм}}}. \quad (3.36)$$

Для таких подшипников экспериментально получено, что допускаемое напряжение $[p_{\text{уд}}] = 50 \cdot U$.

Расчет сегментного подшипника:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{8} = 45^\circ,$$

$$R_1 = \frac{13,42}{(1 + 2 \cos 45 + 2 \cos(2 \cdot 45))} = 11,62 \text{ кН},$$

$$l_{\text{сегм}} = \frac{0,85 \cdot 3,14 \cdot 0,515}{8} = 0,17 \text{ м},$$

$$[p_{\text{уд}}] = 50 \cdot 23,10 = 1155 \text{ кПа},$$

$$p_{\text{уд}} = \frac{13,42}{(0,17 \cdot 0,3)} \leq [p_{\text{уд}}] = 263,14 \text{ кПа} \leq 1155,00 \text{ кПа}.$$

Так как расчетное удельное давление меньше допустимого, то кольцевой подшипник способен выдержать радиальные нагрузки в процессе работы. Исходя из условия экономичности, принимается сегментный подшипник.

3.6 Выбор типа серийного генератора

Гидрогенератор подбирается по справочным данным серийных типов,

исходя из расчетного значения его номинальной мощности и синхронной частоты вращения.

По справочным данным [3] определяется тип генератора по синхронной частоте вращения, равной 428,6 об/мин. Этому соответствует генератор ВГС-325/89 - 14 с номинальной мощностью 10 МВт.

Здесь же и определяется тип исполнения. В данном случае, генератор подвесного типа.

Компоновка гидроагрегата, по известному типу генератора и его исполнению, выбирается исходя из Отраслевого стандарта [4].

3.7 Выбор маслонапорной установки

Маслонапорная установка (МНУ) предназначена для питания маслом под давлением гидравлической части системы регулирования гидротурбины.

По номограмме [5, рисунок 10.9] для турбины ПЛД90 - В45° выбирается тип маслонапорной установки: МНУ 1,6/1 - 40 - 2,5 - 2.

Номенклатура расшифровывается как: маслонапорная установка с гидроаккумулятором вместимостью 1,6 м³, состоящая из двух сосудов на давление 4 Мпа (40 кгс/см²), имеющая сливной бак вместимостью 2,5 м³ с двумя насосами.

3.8 Выбор электрогидравлического регулятора

Основной задачей электрогидравлического регулятора гидротурбины является поддержание в заданных пределах частоты вращения гидроагрегата и обеспечение постоянной частоты электрического тока, вырабатываемого генератором.

Электрогидравлический регулятор (ЭГР) выбирается по [5, таблица 9.2] типа ЭГРК-100-4. Расшифровка номенклатуры: Электрогидравлический регулятор с главным золотником диаметра 100 мм и исполнением 4.

4 Компонировка и сооружения гидроузла

4.1 Определение класса сооружения

Класс ГТС назначается на основании Постановление Правительства РФ от 2 ноября 2013 г. N 986 "О классификации гидротехнических сооружений" в зависимости от следующих критериев:

1. Класс ГТС в зависимости от высоты и типа грунта основания:

- Тип грунта - А (гранит);
- Высота ГТС - 17,50 м ($\nabla_{\text{НПУ}} - \nabla_{\text{подошвы}} = 1176,00 - 1158,50 = 17,50$ м);
- Класс сооружения - IV.

2. Класс ГТС в зависимости от назначения и условий эксплуатации:

- Установленная мощность - $N_{\text{уст}} = 23$ МВт;
- Класс сооружения - III.

3. Класс ГТС в зависимости от последствий возможной гидродинамической аварии:

- Население с. Кобан - 500 чел. в случае гидродинамической аварии попадают в зону затопления.
- Класс сооружения - II.

Вывод: выбирается класс, относящийся к наиболее ответственному классу. В данном случае - II класс.

4.2 Проектирование сооружений напорного фронта

4.2.1 Определение отметки гребня грунтовой плотины

За отметку гребня грунтовой плотины $\nabla_{\text{ГГП}}$ принимается наибольшая из двух, вычисленных по формулам:

$$\nabla_{\text{ГГП}} = \nabla_{\text{НПУ}} + h_s, \quad (4.1)$$

$$\nabla_{\text{ГГП}} = \nabla_{\text{ФПУ}} + h_s, \quad (4.2)$$

где h_s - превышение гребня грунтовой плотины над расчетным уровнем в верхнем бьефе, равная:

$$h_s = h_{\text{run}1\%} + \Delta h_{\text{set}} + a, \quad (4.3)$$

где $h_{\text{run}1\%}$ - высота наката волн расчетной обеспеченностью 1% на откос грунтовой плотины, м;

Δh_{set} - высота ветрового нагона, м;

a - конструктивный запас, м.

Определяется конструктивный запас:

$$a = 0,1 \cdot h_{1\%} = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ м}, \quad (4.4)$$

$$a = 0,5 \text{ м} > a = 0,3 \text{ м}.$$

Принимается $a = 0,5 \text{ м}$.

Элементы ветровых волн и высота ветрового нагона определяются согласно [6].

Высота ветрового нагона рассчитывается по формуле:

$$\Delta h_{set} = k_w \cdot \frac{V_w^2 \cdot L}{g \cdot d} \cdot \cos \alpha, \quad (4.5)$$

где k_w - коэффициент, принимаемый по СП [6, Приложение 1, таблица 2];

V_w - расчетная скорость ветра на высоте 10 м над уровнем воды, м/с;

L - длина разгона волны, м;

α - угол между продольной осью водохранилища и направлением ветра;

d - условная расчетная глубина воды в водохранилище, равная:

$$d = \frac{\nabla_{\text{НПУ}} - \nabla_{\text{ДНО}}}{2} = \frac{1176,00 - 1160,00}{2} = 8 \text{ м}. \quad (4.6)$$

Тогда

$$k_w = V \cdot (1 + 0,3 \cdot V) \cdot 10^{-7} = 3 \cdot (1 + 0,3 \cdot 3) \cdot 10^{-7} = 0,00000057, \quad (4.7)$$

$$\Delta h_{set} = 0,00000057 \cdot \frac{3^2 \cdot 520}{10 \cdot 8} \cdot 1 = 0,000038 \text{ м}.$$

Определяется высота волны 1% обеспеченности для основного и поверочного случаев, для этого:

1. Вычисляются безразмерные комплексы:

$$\frac{g \cdot L}{V_w^2} = \frac{10 \cdot 520}{3^2} = 577,78, \quad (4.8)$$

$$\frac{g \cdot t}{V_w} = \frac{10 \cdot 21600}{3} = 72000. \quad (4.9)$$

2. Из графика [6, Приложение 1, рисунок 1] по верхней огибающей кривой по значениям $\frac{g \cdot L}{V_w^2}$ и $\frac{g \cdot t}{V_w}$ определяются параметры $\frac{g \cdot \bar{h}}{V_w^2}$ и $\frac{g \cdot \bar{T}}{V_w}$:

$$\frac{g \cdot \bar{h}}{V_w^2} = 0,038,$$

$$\frac{g \cdot \bar{T}}{V_w} = 2,5,$$

$$\frac{g \cdot \bar{h}}{V_w^2} = 0,012,$$

$$\frac{g \cdot \bar{T}}{V_w} = 5,1.$$

Затем, используя наименьшие полученные значения, вычисляется средний период волны \bar{T} (с) и средняя высота волны \bar{h} (м):

$$\frac{10 \cdot \bar{h}}{9} = 0,038,$$

$$\frac{10 \cdot \bar{T}}{3} = 2,5.$$

Тогда

$$\bar{h} = 0,0342 \text{ м},$$

$$\bar{T} = 0,75 \text{ с}.$$

3. Вычисляется средняя длина волны:

$$\bar{\lambda}_d = \frac{g \cdot \bar{T}^2}{2\pi} = \frac{10 \cdot (0,75)^2}{2 \cdot 3,14} = 0,90 \text{ м}. \quad (4.10)$$

4. Проверяется условие $d > 0,5\bar{\lambda}_d$:

$$8 > 0,5 \cdot 0,9,$$

$$8 > 0,45.$$

5. Определяется высота волны 1% обеспеченности:

$$h_{1\%} = \bar{h} \cdot K_i = 0,0342 \cdot 2,12 = 0,07 \text{ м}, \quad (4.11)$$

где K_i - коэффициент, определяемый по графику [6, Приложение 1, рисунок 2] в зависимости от значения $\frac{g \cdot L}{V_w^2}$.

6. Высота наката волн 1% обеспеченности на откос грунтовой плотины для фронтально подходящих волн определяется по формуле:

$$h_{run1\%} = k_r k_p k_{sp} k_{run} h_{1\%} = 1 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1,6 \cdot 0,07 = 0,08 \text{ м}, \quad (4.12)$$

где k_r и k_p - коэффициенты шероховатости и проницаемости откоса, принимаемые по СП [6, таблица 6];

k_{sp} - коэффициент, принимаемый по графикам [6, таблица 7];

k_{run} - коэффициент, принимаемый по графикам [6, рисунок 10] в зависимости от пологости волны $\bar{\lambda}_d / h_{1\%}$.

Тогда

$$h_s = 0,08 + 0,000038 + 0,5 = 0,6 \text{ м},$$

$$\nabla\text{ГПП} = 1176,00 + 0,6 = 1176,60 \text{ м},$$

$$\nabla\text{ГПП} = 1177,50 + 0,6 = 1178,10 \text{ м}.$$

4.2.2 Определение отметки гребня бетонной плотины

Для бетонных плотин с вертикальной напорной гранью отметка гребня находится по формулам:

$$\nabla\text{ГБП} = \nabla\text{НПУ} + h_{1\%} + a = 1176,00 + 0,07 + 0,7 = 1176,77 \text{ м}, \quad (4.13)$$

$$\nabla\text{ГБП} = \nabla\text{ФПУ} + h_{1\%} + a = 1177,50 + 0,07 + 0,7 = 1178,27 \text{ м}. \quad (4.14)$$

где a - величина запаса, зависит от класса сооружения, и составляет не менее: для I класса – 0,8 м, II – 0,7 м, III, IV – 0,4 м.

После проведения гидравлических расчетов и определение отметки гребня быка $\nabla ГБ$, устанавливается проектная отметка гребня плотины, наибольшая из $\nabla ГГП$, $\nabla ГБП$ и $\nabla ГБ$.

4.3 Гидравлические расчеты

4.3.1 Определение ширины водосливного фронта

Определяется 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 в проектируемом гидроузле установлено 2 гидроагрегата, выбирается количество агрегатов, участвующих в пропуске расчетных расходов: $2 - 1 = 1$.

Расчетный расход равен:

$$Q_p = Q_{\max 1,0\%} - Q_{ГЭС} - Q_{авар} = 55,40 - 5 - 13,97 = 36,43 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.15)$$

где $Q_{\max 1,0\%} = 55,40 \text{ м}^3/\text{с}$ - максимальный расход для основного расчетного случая 1,0 % обеспеченности для II класса сооружений (таблица 2.2);

$Q_{авар}$ - аварийный расход, равный:

$$Q_{авар} = \frac{V_{НПУ} - V_{УМО}}{T_{сработки}} = \frac{0,00150 \text{ км}^3 - 0,000293 \text{ км}^3}{86400} = 13,97 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (4.16)$$

Ширина водосливного фронта:

$$B = \frac{Q_p}{q_e}, \quad (4.17)$$

где q_e - удельный расход на водосливе, равный:

$$q_e = 1,25 \cdot q_p, \quad (4.18)$$

где q_p - удельный расход на рисберме:

$$q_p = [v_h] \cdot h_{НБ}, \quad (4.19)$$

где $h_{НБ} = 2,40$ м - глубина воды в нижнем бьефе, определяется по кривой $\nabla_{НБ} = f(Q_{НБ})$ при $Q_{очн.макс}$;

$[v_h] = 5$ м/с - допустимая скорость на рисберме для скальных грунтов.

Тогда

$$q_p = 5 \cdot 2,40 = 12,00 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$q_g = 1,25 \cdot 12,00 = 15,00 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$B = \frac{36,43}{15,00} = 2,43 \text{ м}.$$

Ширина водосливного фронта B должна быть целым числом, поэтому полученное значение округляется в большую сторону и, кроме того:

$$B = b \cdot n, \quad (4.20)$$

где b - число пролетов (не менее 2-3),

n - стандартная ширина пролета, принимается в соответствии с техническим регламентом заводов-изготовителей гидромеханического оборудования, равная 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5 и т.д.

Принимается 2 пролета по 2,5 метра:

$$B = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ м}.$$

4.3.2 Определение отметки гребня водослива

Рассчитывается криволинейный безвакуумный водослив практического профиля.

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 $-H_{02}$:

$$H_{01} = \left(\frac{Q_p}{mB\sqrt{2g}} \right)^{2/3} = \left(\frac{36,43}{0,49 \cdot 5 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \right)^{2/3} = 2,242 \text{ м}, \quad (4.21)$$

где $m = 0,49$ - коэффициент расхода зависит от формы профиля водослива и принимается в зависимости от типа водослива практического профиля.

$$H_{02} = \left(\frac{Q_p}{m\varepsilon\sigma_n B\sqrt{2g}} \right)^{2/3} = \left(\frac{36,43}{0,49 \cdot 0,897 \cdot 1 \cdot 5 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \right)^{2/3} = 2,410 \text{ м}, \quad (4.22)$$

где $\sigma_n = 1$ - коэффициент подтопления;

ε - коэффициент бокового сжатия, зависящий от условий входа, определяемый по формуле:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 1 - 0,2 \cdot \frac{\xi_y + (n-1)\xi_0}{n} \cdot \frac{H_{01}}{b} = 1 - 0,2 \cdot \frac{0,7 + (2-1) \cdot 0,45}{2} \cdot \frac{2,242}{2,5} = \\ &= 0,897, \end{aligned} \quad (4.23)$$

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

$\xi_0 = 0,45$ - коэффициент, зависящий от расположения быка в плане, т. е. величины a и от формы верховой грани быка.

Напор на гребне водослива без учета скорости подхода потока к водосливу V_0 равен:

$$H = H_{02} - \frac{\alpha V_0^2}{2g} = 2,410 - \frac{1,1 \cdot 0,304^2}{2 \cdot 9,81} = 2,405 \text{ м}, \quad (4.24)$$

где

$$\begin{aligned} V_0 &= \frac{Q_p}{(\nabla\text{НПУ} - \nabla\text{ДНО})(B + (n-1)\delta_\sigma)} = \frac{36,43}{(1176 - 1160) \cdot (5 + (2-1) \cdot 2,5)} = \\ &= 0,304 \text{ м/с}, \end{aligned} \quad (4.25)$$

Согласно рекомендациям, для $b = 2,5$ м, толщина быка (по Березинскому) принимается $\delta_\sigma = 2,5$ м.

Отметка гребня водослива определяется по формуле:

$$\nabla_{ГВ} = \nabla_{НПУ} - H_{ст} = 1176,00 - 4,00 = 1172,00 \text{ м}, \quad (4.26)$$

где $H_{ст}$ - стандартный напор, ближайший к H в соответствии с техническим регламентом, принимаем $H_{ст} = 4,0 \text{ м}$.

4.3.3 Проверка на пропуск расчетного расхода при поверочном расчетном случае

Проверяется достаточность водопропускной способности водосливной плотины при ФПУ. Определяется расход поверочного случая, сбрасываемый через водосливную плотину при ФПУ:

$$Q_{р.пов} = Q_{пов.мах} - Q_{ГЭС} - Q_{авар} = 67,9 - 5 - 13,97 = 48,93 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.27)$$

где $Q_{пов.мах}$ - максимальный расчётный расход при обеспеченности 0,1% для II класса сооружений (таблица 2.2).

Определяется напор над гребнем водослива при пропуске расхода поверочного расчетного случая:

$$H_{01пов} = \left(\frac{Q_{р.пов}}{mB\sqrt{2g}} \right)^{2/3} = \left(\frac{48,93}{0,49 \cdot 5 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \right)^{2/3} = 2,729 \text{ м}. \quad (4.28)$$

Напор на гребне водослива с учетом сжатия и подтопления

$$H_{02пов} = \left(\frac{Q_{р.пов}}{m\varepsilon\sigma_n B\sqrt{2g}} \right)^{2/3} = \left(\frac{48,93}{0,49 \cdot 0,874 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \right)^{2/3} = 2,986 \text{ м}, \quad (4.29)$$

где ε - коэффициент сжатия, равный:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 1 - 0,2 \cdot \frac{\xi + (n-1)\xi_0}{n} \cdot \frac{H_{01пов}}{b} = 1 - 0,2 \cdot \frac{0,7 + (2-1) \cdot 0,45}{2} \cdot \frac{2,729}{2,5} = \\ &= 0,874 \text{ м}. \end{aligned} \quad (4.30)$$

Напор на гребне водослива без учета скорости подхода при пропуске поверочного расхода:

$$H_{\text{пов}} = H_{02\text{пов}} - \frac{\alpha V_{0\text{пов}}^2}{2g} = 2,986 - \frac{1,1 \cdot 0,408^2}{2 \cdot 9,81} = 2,977 \text{ м.} \quad (4.31)$$

где

$$V_0 = \frac{Q_{\text{р пов}}}{(\nabla\text{НПУ} - \nabla\text{ДНО})(B + (n-1)\delta_0)} = \frac{48,93}{(1176 - 1160) \cdot (5 + (2-1) \cdot 2,5)} = 0,408 \text{ м/с.} \quad (4.32)$$

Определяется расчётная отметка форсированного уровня:

$$\nabla\text{ФПУ}_p = \nabla\text{ГВ} + H_{\text{пов}} = 1172,00 + 2,977 = 1174,977 \approx 1174,98 \text{ м.} \quad (4.33)$$

Выбирается исходную отметку $\nabla\text{ФПУ} = 1177,50 \text{ м}$, так как рассчитанная отметка её не превышает.

4.4 Построение оголовка профиля водосливной грани

Отметку верха быка определяется по формуле:

$$\nabla\text{ГБ} = \nabla\text{ГВ} + 1,6 \cdot H_{\text{ст}} = 1172,00 + 1,6 \cdot 4,00 = 1178,40 \text{ м.} \quad (4.34)$$

Из условия $\nabla\text{ГГП}(1178,10) < \nabla\text{ГБП}(1178,27) < \nabla\text{ГБ}(1178,40)$ назначается отметка гребня всей плотин $\nabla\text{ГБ}(1178,40)$.

Вычисленные координаты для построения оголовка водосливной грани представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Координаты для построения оголовка водосливной грани

| X | Y |
|-----|-------|
| 0 | 0,504 |
| 0,1 | 0,144 |
| 0,2 | 0,028 |
| 0,3 | 0 |
| 0,4 | 0,024 |
| 0,5 | 0,108 |
| 0,6 | 0,240 |

Окончание таблицы 4.1

| X | Y |
|-----|--------|
| 0,7 | 0,400 |
| 0,8 | 0,584 |
| 0,9 | 0,792 |
| 1,0 | 1,024 |
| 1,1 | 1,284 |
| 1,2 | 1,576 |
| 1,3 | 1,900 |
| 1,4 | 2,256 |
| 1,5 | 2,644 |
| 1,6 | 3,056 |
| 1,7 | 3,492 |
| 1,8 | 3,948 |
| 1,9 | 4,432 |
| 2,0 | 4,940 |
| 2,1 | 5,436 |
| 2,2 | 6,032 |
| 2,3 | 6,612 |
| 2,4 | 7,332 |
| 2,5 | 7,840 |
| 2,6 | 8,488 |
| 2,7 | 9,156 |
| 2,8 | 9,848 |
| 2,9 | 10,560 |
| 3,0 | 11,296 |
| 3,1 | 12,052 |
| 3,2 | 12,828 |
| 3,3 | 13,620 |
| 3,4 | 14,436 |
| 3,5 | 15,272 |
| 3,6 | 16,124 |
| 3,7 | 16,996 |
| 3,8 | 17,884 |
| 3,9 | 18,792 |
| 4,0 | 19,720 |

По полученным данным строится профиль оголовка (рисунок 4.1).

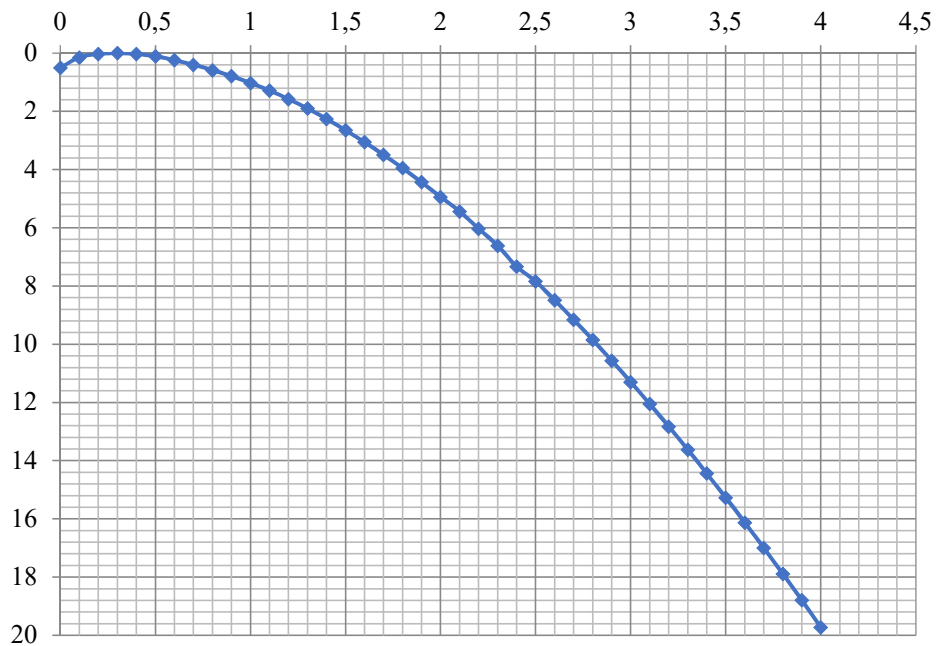


Рисунок 4.1 – Оголовок водосливной грани

4.5 Расчет сопряжения потока в нижнем бьефе

Принимается сопряжение бьефов с донным режимом. Определяются параметры гидравлического режима.

Критическая глубина потока при полном открытии всех отверстий:

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot Q_p^2}{((B + (n-1) \cdot \delta_6)^2 \cdot g)}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot 36,43^2}{((5 + (2-1) \cdot 2,5)^2 \cdot 9,81)}} = 1,38 \text{ м}, \quad (4.35)$$

где α - коэффициент Кориолиса, равный 1,1;

B - ширина водосливного фронта, м;

n - число пролетов;

δ_6 - толщина быка, м.

Полная удельная энергия в сечении перед водосливом:

$$T_0 = \nabla_{НПУ} - \nabla_{ДНО} = 1176 - 1160 = 16 \text{ м}. \quad (4.36)$$

Вычисляется отношение:

$$\xi_{T_0} = \frac{T_0}{h_{кр}} = \frac{16}{1,38} = 11,59. \quad (4.37)$$

По графику М.Д. Чертоусова [7, рис. 9-55] в зависимости от коэффициента скорости $\varphi = 0,95$ и ξ_{T_0} определяется ξ_c и ξ_c'' .

Вычисляются сопряженные глубины:

$$h'_c = \xi_c \cdot h_{кр} = 0,23 \cdot 1,38 = 0,32 \text{ м}, \quad (4.38)$$

$$h''_c = \xi_c'' \cdot h_{кр} = 2,9 \cdot 1,38 = 4,00 \text{ м}. \quad (4.39)$$

где $h_{нб}$ - глубина воды в НБ, которая определяется по кривой $Q = f(H)$ при $Q_{\text{мах.осн}}$.

Так как $h''_c = 4,00 \text{ м} > h_{нб} = 2,40 \text{ м}$, то имеем отогнанный прыжок.

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

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

4.6 Расчет водобойной стенки

Изначально рассчитывается высота водобойной стенки по формуле:

$$h_{ст} = \sigma h''_c - H_{см}, \quad (4.40)$$

где $H_{см}$ - напор над водобойной стенкой:

$$H_{см} = \left(\frac{q}{m \cdot \sqrt{2g}} \right)^{2/3} - \frac{\alpha \cdot q^2}{2 \cdot g \cdot (\sigma \cdot h''_c)^2}, \quad (4.41)$$

где σ - коэффициент запаса, равный 1,1;

α - коэффициент Кориолиса, принимаемый 1,1;

$m = 0,49$ - коэффициент расхода (в зависимости от типа водослива);

q - удельный расход на водобое, равный:

$$q = \frac{Q_p}{B_k} = \frac{Q_p}{B + (n-1) \cdot \delta_6}, \quad (4.42)$$

где B_k - ширина водобойного колодца, м;

n - число пролетов;

δ_6 - толщина быка, м.

Тогда

$$q = \frac{36,43}{5+(2-1) \cdot 2,5} = 4,86 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$H_{\text{ст}} = \left(\frac{4,86}{0,49 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \right)^{2/3} - \frac{1,1 \cdot 4,86^2}{2 \cdot 9,81 \cdot (1,1 \cdot 4,00)^2} = 1,64 \text{ м},$$

$$h_{\text{ст}} = 1,1 \cdot 4,00 - 1,64 = 2,76 \text{ м}.$$

После определения высоты стенки $h_{\text{ст}}$ необходимо проверить условие сопряжения бьефов за стенкой.

Полная удельную энергию перед стенкой:

$$T_0 = h_{\text{cm}} + H_{\text{cm}} = 2,76 + 1,64 = 4,4 \text{ м}, \quad (4.43)$$

Вычисляется отношение:

$$\xi_{T_0} = \frac{T_0}{h_{\text{кр}}} = \frac{4,4}{1,38} = 3,19, \quad (4.44)$$

Вычисляются сопряженные глубины:

$$h'_c = \xi_c \cdot h_{\text{кр}} = 0,45 \cdot 1,38 = 0,62 \text{ м}, \quad (4.45)$$

$$h''_c = \xi''_c \cdot h_{\text{кр}} = 1,7 \cdot 1,38 = 2,35 \text{ м}. \quad (4.46)$$

Так как $h''_c = 2,35 \text{ м} < h_{\text{нб}} = 2,40 \text{ м}$, за стенкой образуется затопленный прыжок, чего и требовалось получить.

Толщина водобойной плиты:

$$\delta_s = 0,15 \cdot v_c \cdot \sqrt{h'_c}, \quad (4.47)$$

где V_c - скорость в сжатом сечении, определяемая по формуле:

$$V_c = \frac{q}{h'_c} = \frac{4,86}{0,62} = 7,84 \text{ м/с}. \quad (4.48)$$

Тогда

$$\delta_g = 0,15 \cdot 7,84 \cdot \sqrt{0,62} = 0,93 \text{ м.}$$

Длина водобоя:

$$l_g = (0,75 \div 1) \cdot l_{np}, \quad (4.49)$$

где l_{np} - длина гидравлического прыжка, равная:

$$l_{np} = 2,5 \cdot (1,9 \cdot h_c'' - h') = 2,5 \cdot (1,9 \cdot 2,35 - 0,62) = 9,6 \text{ м,} \quad (4.50)$$

Тогда

$$l_g = 1 \cdot 9,6 = 9,6 \text{ м.}$$

4.7 Расчет донного отверстия

Расходы в случае опорожнения водохранилища при аварийной ситуации на ГТС могут сбрасываться через глубинные водосбросы или донные отверстия.

Количество водосбросных отверстий n назначают в зависимости от числа и размеров секции плотины и величины пропускаемого расхода.

Первоначально определяется площадь одного водосбросного отверстия $\omega_{до}$, затем, в зависимости от ширины секции, назначается размер и их число.

Площадь одного водосбросного отверстия $\omega_{до}$ определяется из формулы при незатопленном выходном отверстии:

$$Q = \mu \omega_{во} \sqrt{2gH_{во}}, \quad (4.51)$$

где Q - расход, сбрасываемый через одно отверстие, $\text{м}^3/\text{с}$;

$H_{во}$ - напор над центром выходного отверстия, м;

$\omega_{до}$ - площадь выходного отверстия, м^2 ;

μ - коэффициент расхода, равный $0,8 \div 0,82$.

$$H_{во} = \nabla_{НПУ} - \nabla_{ВО}, \quad (4.52)$$

где $\nabla_{ВО}$ - отметка центра выходного водосбросного отверстия.

Тогда

$$H_{\text{во}} = 1176,00 - 1166,5 = 9,50 \text{ м},$$

$$\omega_{\text{во}} = \frac{Q_{\text{авар}}}{\mu \sqrt{2gH_{\text{во}}}} = \frac{13,97}{0,8 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 9,50}} = 1,30 \text{ м}^2. \quad (4.53)$$

Принимаются три отверстия, имеющие размеры 1,00 м · 1,30 м.

Донные отверстия выполняют так же функцию водовыпусков, которые должны быть предусмотрены на всех гидроузлах.

4.8 Конструирование бетонной плотины

4.8.1 Определение ширины подошвы плотины

Ширина подошвы плотины определяется по формуле:

$$B_n = (0,7 \div 0,8) \cdot H_{\text{пл}} = 0,8 \cdot 18,40 = 14,70 \text{ м}, \quad (4.54)$$

где $H_{\text{пл}}$ - высота плотины, равная 18,40 м.

4.8.2 Разрезка бетонной плотины швами

В бетонных плотинах следует принимать постоянные (межсекционные и швы – надрезы) и временные (строительные) деформационные швы. Швы устраивают для обеспечения монолитности бетона секций плотины между швами при неравномерной осадке плотины и неравномерного распределения температуры в теле плотины

В водосбросных секциях с 2-3 пролетами для уменьшения температурных напряжений устраивают швы – надрезы между быком и водосливом от гребня до фундаментной плиты.

Уплотнение швов осуществляется в виде шпонок. Конструкции шпонок и схемы их размещения приведены в [8,9].

Расстояние между секционными швами в бетонных сооружениях на скальном основании должно быть не более 30 м [8], но по опыту гидротехнического строительства на территории России ширина секций не должна превышать 20 м. Для проектируемой плотины ширина секции принимается равной 15 м.

Температурные швы для проектируемой плотины на скальном основании принимаются шириной 0,5 см на расстоянии 1,5 м от лицевых граней и гребня, а внутри тела плотины 0,3 см.

4.8.3 Быки

Размеры быков водосбросных плотин следует назначать в зависимости от типа и конструкций затворов, размеров водосбросных отверстий, эксплуатационных и аварийных выходов из продольных галерей, а также размеров и конструкции мостовых пролетных строений.

Примерная толщина неразрезного быка назначается по [9, рисунок 7.30], равная 2,5 м.

Толщина пазового перешейка равна 0,8 м.

Головная часть быка, обычно, имеет обтекаемую в плане форму.

Пазы рабочих затворов располагают на линии гребня водослива, быки при этом чаще всего выдвигают в верхний бьеф. Ширина паза для плоского затвора принимается 1 м. Паз ремонтного затвора размещается на расстоянии 1 м от рабочего затвора, чтобы обеспечить удобные условия для проведения ремонтных работ на рабочем затворе.

4.8.4 Галереи в теле плотины

В теле плотины необходимо предусматривать продольные и поперечные галереи. По высоте плотины галереи следует располагать через 15-40 м. Для проектируемой плотины будет предусмотрена одна галерея у основания по причине малой высоты плотины. Одну из продольных галерей следует проектировать выше максимального уровня нижнего бьефа для обеспечения самотечного вывода воды из всей вышележащей части плотины.

Размеры галерей, устраиваемых для цементации основания и строительных швов плотины, создания и восстановления вертикального дренажа, следует принимать минимальными, но при этом обеспечивающими провоз и работу бурового, цементационного и другого оборудования.

Нижняя галерея (цементационная и дренажная) устраивается ближе к основанию на расстоянии 2 метра от контакта скала - бетон, и может использоваться для его цементации. В этом случае ширина галереи принимается 2,5 м, а высота 3,5 м.

4.9 Назначение размеров основных элементов плотины

4.9.1 Противофильтрационная завеса

Противофильтрационные завесы или буро бетонные стенки применяют в тех случаях, когда невозможна забивка шпунта вследствие содержания большого количества валунов, прослоек скалы в грунте, или когда основание сложено скальными грунтами.

Толщина противофильтрационной завесы δ_3 должна быть:

$$\delta_3 \geq \frac{\Delta H_3 \gamma_n}{J_{cr,m}} = \frac{0,4 \cdot (16,00 - 1,30) \cdot 1,2}{15} = 0,50 \text{ м}, \quad (4.55)$$

где ΔH_3 - потери напора на завесе в зависимости от класса сооружения [8];
 γ_n - коэффициент надежности по ответственности сооружения [10];
 $J_{cr,m}$ - критический градиент напора на завесе следует принимать в зависимости от вида грунтов основания [8].

Расстояние от напорной грани до оси противифльтрационной завесы назначается в пределах:

$$l_3 = (0,05 \div 0,1) B_n = 0,1 \cdot 14,70 = 1,47 \text{ м}, \quad (4.56)$$

где B_n - ширина подошвы плотины.

Так как при рассчитанном расстоянии от напорной грани до оси противифльтрационной завесы, расстояние от напорной грани до галереи равняется 22 см, то ось противифльтрационной завесы смещается на расстояние, равное 3,25 м от напорной грани, а галерея размещается на расстоянии 2 м от напорной грани.

Глубина цементационной завесы:

$$h_{зав} = (0,5 \div 0,8) H_{\max}, \quad (4.57)$$

где $H_{\max} = \nabla_{НПУ} - \nabla_{НБ_{\min}}$.

Тогда

$$H_{\max} = 1176 - 1161,30 = 14,7 \text{ м},$$

$$h_{зав} = 0,5 \cdot 14,7 = 7,35 \text{ м}.$$

4.9.2 Дренажные устройства в основании

В скальных грунтах дренаж выполняется в виде вертикальных или наклонных скважин диаметром 100 мм с шагом 3 м. Глубина скважины принимается:

$$h_{др} = (0,5 \div 0,7) h_{зав} = 0,6 \cdot 7,35 = 4,41 \text{ м}. \quad (4.58)$$

Через дренажные скважины фильтрующаяся вода выводится в цементационную или дренажную галерею, а отвод воды в НБ осуществляется самотеком или насосами.

4.10 Конструктивные элементы нижнего бьефа

4.10.1 Водобой

Водобой предназначен для гашения энергии потока, сходящего с водослива, и устраивается в виде железобетонной плиты.

Против истирания поверхности водобоя наносами, плавающими телами, разрушения вследствие кавитации в верхний слой водобоя укладывают высокопрочный бетон.

Толщину водобоя определяют расчетом из условий устойчивости плиты против опрокидывания и сдвига. Толщина водобоя может быть определена по формуле В.Д. Домбровского.

Плиту водобоя проверяют на всплытие. Устойчивость на всплытие определяется из условия:

$$K_{\text{всп}} = \frac{(\rho_{\text{б}} - \rho_{\text{в}}) \cdot \delta_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}} \cdot g}{(W_{\text{д}} + W_{\text{н}} + W_{\text{ф}}) \cdot \gamma_{\text{лс}}} \geq \gamma_{\text{н}}, \quad (4.59)$$

где $\gamma_{\text{лс}}$ - коэффициент сочетания нагрузок [10];

$\gamma_{\text{н}}$ - коэффициент надежности по ответственности сооружения [10];

$W_{\text{д}}$ - дефицит давления;

$W_{\text{н}}$ - пульсационная вертикальная динамическая нагрузка;

$W_{\text{ф}}$ - фильтрационное противодействие.

Фильтрационное противодействие определяется по следующей формуле:

$$W_{\text{ф}} = 0,05 \cdot (T - h_c'') \cdot l \cdot \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot 0,5 = 0,05 \cdot (16,00 - 2,35) \cdot 9,6 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 32138 \text{ Па}, \quad (4.60)$$

где l - расстояние от сжатого сечения до водобойной стенки;

T - превышение уровня верхнего бьефа над поверхностью водобоя $\nabla_{\text{ПВ}}$, равно:

$$T = \nabla_{\text{НПУ}} - \nabla_{\text{ПВ}} = 1176,00 - 1160,00 = 16,00 \text{ м}. \quad (4.61)$$

Дефицит давления определяется по формуле:

$$W_d = \frac{1}{2} \cdot t_1 \cdot g \cdot \rho_w \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 1,04 \cdot 9,81 \cdot 1000 \cdot 9,6 = 48972 \text{ Па}, \quad (4.62)$$

где

$$t_1 = (0,6 \div 0,7) \cdot (h_c'' - h_c') = 0,6 \cdot (235 - 0,62) = 1,04 \text{ м}. \quad (4.63)$$

Пульсационная вертикальная динамическая нагрузка:

$$W_n = \frac{\alpha \cdot V_c^2 \cdot \rho_w}{2} \cdot \omega_{\otimes}^B = \frac{0,05 \cdot 7,84^2 \cdot 1000}{2} \cdot (0,93 \cdot 1) = 1429 \text{ Па}, \quad (4.64)$$

где ω_{\otimes}^B - площадь миделева сечения плиты водобоя ($\omega_{\otimes}^B = \delta_B \cdot 1 \text{ п.м.}$);
 $\alpha = 0,05 \div 0,07$.

Определяется устойчивость на всплытие плита водобоя:

$$K_{\text{всп}} = \frac{(2500 - 1000) \cdot 0,93 \cdot 9,6 \cdot 9,81}{(48972 + 1429 + 32138) \cdot 1} \geq 1,2,$$

$$K_{\text{всп}} = 1,6 \geq 1,2.$$

Плита водобоя проходит проверку на всплытие.

4.10.2 Рисберма

Рисберма – участок за водобоем, предназначенный для успокоения и рассеивания потока. Выполняется чаще всего в виде крепления из бетонных или железобетонных плит, расположенных в шахматном порядке. Вес конструкции рисбермы по течению должен постепенно уменьшаться, обычно это достигается уменьшением толщины плит. Плиты бетонируют на месте, выполняют их квадратными или прямоугольными, размером от 2 до 20 м. Плиты имеют дренажные отверстия диаметром от 0,15 до 0,25 м, на расстоянии друг от друга в плане до 5 м.

Так как основание проектируемой плотины является скальным (гранит), то необходима одна плита рисбермы за водобойной стенкой, имеющая на конце зуб.

Толщина плиты рисбермы принимается не менее половины толщины плиты водобоя:

$$\delta_{пл.р} = \delta_g \cdot 0,5 = 0,93 \cdot 0,5 = 0,47 \approx 0,5 \text{ м}, \quad (4.65)$$

где δ_g - толщина плиты водобоя, м.

Длина плиты рисбермы принимается равной не менее половины длины плиты водобоя:

$$l_{пл.р} = l_g \cdot 0,5 = 9,6 \cdot 0,5 = 4,8 \approx 5 \text{ м}, \quad (4.66)$$

где l_g - длина плиты рисбермы, м.

4.11 Фильтрационные расчеты подземного контура

4.11.1 Построение эпюры фильтрационного противодействия для плотины на скальном основании

Как правило, подземный контур плотин на скальном основании состоит из глубокой цементационной завесы и скважинного дренажа за ней или, в случае слабо трещиноватой скалы, только из дренажа. В СП [8, таблица 5, рисунок 7] представлены приведенные к действующему напору H_d значения напора на оси цемзавесы $H_{ас}$ и дренажа $H_{др}$ при основном и особом сочетании нагрузок, при нормальной работе противofильтрационных и дренажных устройств и в случае нарушения их нормальной работы.

Применяя эти значения для соответствующей конструкции плотины и подземного контура, а также для рассматриваемого сочетания нагрузок и условий работы противofильтрационной системы, строят эпюру фильтрационного противодействия.

Определив по ней потерю напора на цемзавесе, вычисляют толщину завесы (п.4.9.1).

4.12 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 $Q_{пов}$).

4.12.1 Вес сооружения и затворов

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

$$G_{\text{пл}} = \frac{S_{\text{пл}} \cdot b \cdot g \cdot \rho_6}{b + \delta_6} = \frac{126,51 \cdot 2,5 \cdot 9,81 \cdot 2400}{2,5 + 2,5} = 1489,26 \text{ кН}, \quad (4.67)$$

где $S_{\text{пл}}$ - площадь плотины, определенная в ПК «AutoCAD», м² ;

b - ширина пролета водосливной плотины, м;

ρ_6 - плотность бетона, кг/м³;

δ_6 - толщина быка, м.

Вес быка определяется аналогично:

$$G_6 = \frac{S_6 \cdot b \cdot g \cdot \rho_6}{b + \delta_6} = \frac{204,24 \cdot 2,5 \cdot 9,81 \cdot 2400}{2,5 + 2,5} = 2404,31 \text{ кН}, \quad (4.68)$$

где S_6 - площадь быка, определенная в ПК «AutoCAD», м²;

δ_6 - толщина быка, м.

Вес плоского затвора (кН) можно определить по формуле А.Р. Березинского:

$$Q_3 \approx 0,055 \cdot f \cdot \sqrt{f} \cdot g = 0,055 \cdot 15 \cdot \sqrt{15} \cdot 9,81 = 31,32 \text{ кН}, \quad (4.69)$$

где f - площадь затвора:

$$f = (\nabla\text{ФПУ} - \nabla\text{ГВ} + 0,5) \cdot b = (1177,5 - 1172,00 + 0,5) \cdot 2,5 = 15 \text{ м}^2, \quad (4.70)$$

где b - ширина пролета, м.

Вес затвора приводится к 1 п.м длины секции:

$$q_3 = \frac{Q_3}{b + \delta_6} = \frac{31,32}{2,5 + 2,5} = 6,26 \text{ кН}. \quad (4.71)$$

4.12.2 Сила гидростатического давления воды

Сила гидростатического давления воды определяется по формулам гидравлики. Эпюры гидростатического давления на верховую и низовую грани бетонной плотины имеют форму равнобедренного прямоугольного треугольника.

Горизонтальная составляющая силы гидростатического давления воды:

- со стороны верхнего бьефа:

$$T_B = \frac{\rho_w \cdot g \cdot h_1^2}{2} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot (1176,00 - 1160,00)^2}{2} = 1255,68 \text{ кН}, \quad (4.72)$$

$$T'_B = \frac{\rho_w \cdot g \cdot h_1'^2}{2} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot (1177,50 - 1160,00)^2}{2} = 1502,17 \text{ кН}, \quad (4.73)$$

где $h_1 = \nabla_{\text{НПУ}} - \nabla_{\text{под}}$;

$h_1' = \nabla_{\text{ФПУ}} - \nabla_{\text{под}}$.

- со стороны нижнего бьефа:

$$T_H = \frac{\rho_w \cdot g \cdot h_2^2}{2} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot (1161,30 - 1160,00)^2}{2} = 8,29 \text{ кН}. \quad (4.74)$$

$$T'_H = \frac{\rho_w \cdot g \cdot h_2'^2}{2} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot (1163,40 - 1160,00)^2}{2} = 56,70 \text{ кН}. \quad (4.75)$$

где $h_2 = \nabla_{\text{УНБ}_{\text{min}}} - \nabla_{\text{под}}$;

$h_2' = \nabla_{\text{УНБ}_{\text{max}}} - \nabla_{\text{под}}$.

Вертикальная составляющая силы гидростатического давления со стороны нижнего бьефа:

$$W_H = \rho_w \cdot g \cdot S_{\text{эн}}'' = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,86 = 28,06 \text{ кН}, \quad (4.76)$$

$$W'_H = \rho_w \cdot g \cdot S_{\text{эн}}'' = 1000 \cdot 9,81 \cdot 10,43 = 102,32 \text{ кН}, \quad (4.77)$$

где $S_{\text{эн}}''$ и $S_{\text{эн}}'''$ - площадь поперечного сечения тела давления от УНБ до фундаментной плиты или низовой грани, определенная в ПК «AutoCAD», м².

4.12.3 Равнодействующая взвешивающего давления воды

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

$$p_{\text{взв}} = \rho_w \cdot g \cdot h_1 = 1000 \cdot 9,81 \cdot (1161,30 - 1160,00) = 12,75 \text{ кПа}, \quad (4.78)$$

$$p'_{\text{взв}} = \rho_w \cdot g \cdot h_1' = 1000 \cdot 9,81 \cdot (1163,40 - 1160,00) = 33,35 \text{ кПа}, \quad (4.79)$$

где $h_1 = \nabla_{\text{УНБ}} - \nabla_{\text{Под}}$;
 $h'_1 = \nabla_{\text{УНБ}_{\text{max}}} - \nabla_{\text{Под}}$.

Сила взвешивающего давления определяется по формуле:

$$W_{\text{взв}} = \rho_w \cdot g \cdot S_{\text{эн}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 19,11 = 187,47 \text{ кН}, \quad (4.80)$$

$$W'_{\text{взв}} = \rho_w \cdot g \cdot S'_{\text{эн}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 49,98 = 490,30 \text{ кН}, \quad (4.81)$$

где $S_{\text{эн}}$ и $S'_{\text{эн}}$ - площадь эпюры взвешивающего давления для рассматриваемого расчетного случая, определенная в ПК «AutoCAD», м².

4.12.4 Сила фильтрационного давления

Эпюра фильтрационного давления (п.4.11.1) на скальном основании строится в соответствии с указаниями СП [8, таблица 5, рисунок 7].

В качестве воздействия на плотину учитывают часть эпюры фильтрационного давления, действующего непосредственно на подошву плотины:

$$W_{\text{ф}} = \rho_w \cdot g \cdot S_{\text{эн}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 52,04 = 510,51 \text{ кН}, \quad (4.82)$$

$$W'_{\text{ф}} = \rho_w \cdot g \cdot S'_{\text{эн}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 51,07 = 501,00 \text{ кН}, \quad (4.83)$$

где $S_{\text{эн}}$ и $S'_{\text{эн}}$ - площадь эпюры фильтрационного давления, действующего на подошву плотины для рассматриваемого расчетного случая, определенная в ПК «AutoCAD», м².

4.12.5 Волновое давление

Равнодействующая волнового давления при основном и поверочном расчетных случаях может быть определена упрощенно по формуле А.Л. Можевитинова:

$$W_{\text{волн}} = 0,5 \cdot \rho_w \cdot g \cdot h_{1\%} \cdot \left(\frac{\bar{\lambda}}{\pi} + \frac{h_o}{2} \right), \quad (4.84)$$

где $h_{1\%}$ - высота волны 1% - ной обеспеченности;

$\bar{\lambda}$ - средняя длина волны;

Параметры волн определены в п 4.2.1.

Тогда

$$h_0 = \frac{\pi \cdot h_{1\%}^2}{\bar{\lambda}} = \frac{3,14 \cdot 0,07^2}{0,90} = 0,02 \text{ м}, \quad (4.85)$$

$$W_{\text{волн}} = 0,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,07 \cdot \left(\frac{0,90}{3,14} + \frac{0,02}{2} \right) = 0,10 \text{ кН}.$$

Линия действия равнодействующей $W_{\text{волн}}$ находится ниже относительного уровня покоя верхнего бьефа на величину:

$$y_c = \frac{\bar{\lambda}}{2\pi} - \frac{3}{8} h_{1\%} = \frac{0,90}{2 \cdot 3,14} - \frac{3}{8} \cdot 0,07 = 0,12 \text{ м}, \quad (4.86)$$

Эпюра волнового давления имеет фигуру треугольника, основание которого параллельно верховой грани плотины, одна вершина треугольника, лежащая на основании, расположенном не выше $1,1 \cdot h_{1\%}$ над УВБ, а другая не ниже $8 \cdot h_{1\%}$ УВБ.

4.13 Оценка прочности плотины

Оценка прочности бетонной плотины проводится по методу предельных состояний первой группы (по непригодности к эксплуатации) в сечении на уровне подошвы плотины.

Для удобства расчетов ниже приведена таблица 4.2, в которую внесены нагрузки, умноженные на коэффициент надежности γ_f , направление силы, плечи сил.

Изгибающий момент относительно середины расчетного сечения принят со знаком «плюс», против часовой стрелки со знаком «минус».

Таблица 4.2 - Основные нагрузки на плотину

| № | Обозначение | γ_f | Линия действия | Основной случай | | | Проверочный случай | | |
|---|-------------|------------|----------------|-----------------|----------|--------------|--------------------|----------|--------------|
| | | | | Сила, кН | Плечо, м | Момент, кН·м | Сила, кН | Плечо, м | Момент, кН·м |
| 1 | T_v | 1,0 | → | 1255,68 | 5,3 | 6655,10 | 1502,17 | 5,8 | 8712,59 |
| 2 | T_n | 1,0 | ← | 8,29 | -0,4 | -3,32 | 56,70 | -1,1 | -62,37 |
| 3 | W_n | 1,0 | ↓ | 28,06 | 6,2 | 173,97 | 102,32 | 5,7 | 583,22 |
| 4 | G_b | 0,95 | ↓ | 2284,10 | -4,6 | -10506,86 | 2284,10 | -4,6 | -10506,86 |
| 5 | $G_{пл}$ | 0,95 | ↓ | 1414,80 | -2,4 | -3395,52 | 1414,80 | -2,4 | -3395,52 |
| 6 | $W_{взв}$ | 1,0 | ↑ | 187,47 | 0 | 0 | 490,30 | 0 | 0 |
| 7 | W_ϕ | 1,0 | ↑ | 510,51 | 4,1 | 2093,09 | 501,00 | 4,1 | 2054,10 |
| 8 | $W_{волн}$ | 1,0 | → | 0,10 | 15,9 | 1,59 | 0,10 | 15,9 | 1,59 |

Окончание таблицы 4.2

| № | Обозначение | γ_f | Линия действия | Основной случай | | | Поверочный случай | | |
|---|-------------------|------------|----------------|-----------------|----------|--------------|-------------------|----------|--------------|
| | | | | Сила, кН | Плечо, м | Момент, кН·м | Сила, кН | Плечо, м | Момент, кН·м |
| 8 | $W_{\text{волн}}$ | 1,0 | → | 0,10 | 15,9 | 1,59 | 0,10 | 15,9 | 1,59 |
| 9 | q_3 | 0,9 | ↓ | 5,63 | -8,1 | -45,60 | 5,63 | -8,1 | -45,60 |
| | Σ | | | 5694,64 | | -5027,55 | 6357,12 | | -2658,85 |

Сумма вертикальных сил для основного случая:

$$N = W_n + G_b + G_{\text{пл}} - W_{\text{взв}} - W_{\text{ф}} + q_3 = 28,06 + 2284,10 + 1414,80 - 187,47 - 510,51 + 5,63 = 3034,61 \text{ кН}. \quad (4.87)$$

Сумма вертикальных сил для поверочного случая:

$$N = W_n + G_b + G_{\text{пл}} - W_{\text{взв}} - W_{\text{ф}} + q_3 = 102,32 + 2284,10 + 1414,80 - 490,30 - 501,00 + 5,63 = 2815,55 \text{ кН}. \quad (4.88)$$

Расчет краевых напряжений (основной случай) в горизонтальных сечениях плотины (при расчете на 1 п.м. длины) выполняется по формуле:

- для верховой грани:

$$\sigma_y^u = -\frac{N}{B_d} + \frac{6 \sum M}{B_d^2} = -\frac{3034,61}{14,70} + \frac{6 \cdot (-5027,55)}{14,70^2} = -346,03 \text{ кПа}, \quad (4.89)$$

$$\begin{aligned} \sigma_x^u &= \sigma_y^u m_u^2 - \gamma_w H_d^u (1 - m_u^2) = -346,03 \cdot 0^2 - 10 \cdot 16 \cdot (1 - 0^2) = \\ &= -160,00 \text{ кПа}, \end{aligned} \quad (4.90)$$

$$\tau_{xy}^u = (\gamma_w H_d^u + \sigma_y^u) \cdot m_u = (10 \cdot 16 + (-346,03)) \cdot 0 = 0 \text{ кПа}, \quad (4.91)$$

$$\begin{aligned} \sigma_1^u &= \sigma_y^u (1 + m_u^2) + \gamma_w H_d^u m_u^2 = -346,03 \cdot (1 + 0^2) + 10 \cdot 16 \cdot 0^2 = \\ &= -346,03 \text{ кПа}, \end{aligned} \quad (4.92)$$

$$\sigma_3^u = -\gamma_w H_d^u = -10 \cdot 16 = -160,00 \text{ кПа}. \quad (4.93)$$

- для низовой грани:

$$\sigma_y^t = -\frac{N}{B_d} - \frac{6\sum M}{B_d^2} = -\frac{3034,61}{14,70} - \frac{6 \cdot (-5027,55)}{14,70^2} = -66,84 \text{ кПа}, \quad (4.94)$$

$$\begin{aligned} \sigma_x^t &= \sigma_y^t m_t^2 - \gamma_w H_d^t (1 - m_t^2) = -66,84 \cdot 0,94^2 - 10 \cdot 1,3 \cdot (1 - 0,94^2) = \\ &= -60,57 \text{ кПа}, \end{aligned} \quad (4.95)$$

$$\tau_{xy}^t = -(\gamma_w H_d^t + \sigma_y^t) \cdot m_t = -(10 \cdot 1,3 + (-66,84)) \cdot 0,94 = 50,61 \text{ кПа}, \quad (4.96)$$

$$\begin{aligned} \sigma_3^t &= \sigma_y^t (1 + m_t^2) + \gamma_w H_d^t m_t^2 = -66,84 \cdot (1 + 0,94^2) + 10 \cdot 1,3 \cdot 0,94^2 = \\ &= -114,41 \text{ кПа}, \end{aligned} \quad (4.97)$$

$$\sigma_1^t = -\gamma_w H_d^t = -10 \cdot 1,3 = -13,00 \text{ кПа}. \quad (4.98)$$

Расчет краевых напряжений (поверочный случай):

- для верховой грани:

$$\sigma_y^u = -\frac{N}{B_d} + \frac{6\sum M}{B_d^2} = -\frac{2815,55}{14,70} + \frac{6 \cdot (-2658,85)}{14,70^2} = -265,36 \text{ кПа}, \quad (4.99)$$

$$\begin{aligned} \sigma_x^u &= \sigma_y^u m_u^2 - \gamma_w H_d^u (1 - m_u^2) = -265,36 \cdot 0^2 - 10 \cdot 17,5 \cdot (1 - 0^2) = \\ &= -175,00 \text{ кПа}, \end{aligned} \quad (4.100)$$

$$\tau_{xy}^u = (\gamma_w H_d^u + \sigma_y^u) \cdot m_u = (10 \cdot 17,5 + (-265,36)) \cdot 0 = 0 \text{ кПа}, \quad (4.101)$$

$$\begin{aligned} \sigma_1^u &= \sigma_y^u (1 + m_u^2) + \gamma_w H_d^u m_u^2 = -265,36 \cdot (1 + 0^2) + 10 \cdot 17,5 \cdot 0^2 = \\ &= -265,36 \text{ кПа}, \end{aligned} \quad (4.102)$$

$$\sigma_3^u = -\gamma_w H_d^u = -10 \cdot 17,5 = -175,00 \text{ кПа}. \quad (4.103)$$

- для низовой грани:

$$\sigma_y^t = -\frac{N}{B_d} - \frac{6 \sum M}{B_d^2} = -\frac{2815,55}{14,70} - \frac{6 \cdot (-2658,85)}{14,70^2} = -117,71 \text{ кПа}, \quad (4.104)$$

$$\begin{aligned} \sigma_x^t &= \sigma_y^t m_t^2 - \gamma_w H_d^t (1 - m_t^2) = -117,71 \cdot 0,86^2 - 10 \cdot 3,4 \cdot (1 - 0,86^2) = \\ &= -95,91 \text{ кПа}, \end{aligned} \quad (4.105)$$

$$\tau_{xy}^t = -(\gamma_w H_d^t + \sigma_y^t) \cdot m_t = -(10 \cdot 3,4 + (-117,71)) \cdot 0,86 = 72,00 \text{ кПа}, \quad (4.106)$$

$$\begin{aligned} \sigma_3^t &= \sigma_y^t (1 + m_t^2) + \gamma_w H_d^t m_t^2 = -117,71 \cdot (1 + 0,86^2) + 10 \cdot 3,4 \cdot 0,86^2 = \\ &= -179,62 \text{ кПа}, \end{aligned} \quad (4.107)$$

$$\sigma_1^t = -\gamma_w H_d^t = -10 \cdot 3,4 = -34,00 \text{ кПа}. \quad (4.108)$$

где $\sigma_y^u, \sigma_x^u, \sigma_y^t, \sigma_x^t$ - нормальные напряжения по горизонтальным и вертикальным площадкам, соответственно, у верховой и низовой граней;

$\sigma_1^u, \sigma_3^u, \sigma_1^t, \sigma_3^t$ - главные напряжения, соответственно, у верховой и низовой граней;

N - нормальная сила, равная сумме проекций на нормаль к расчетному сечению всех сил, действующих на плотину выше расчетного сечения;

$\sum M$ - сумма моментов всех сил, приложенных к плотине, относительно середины расчетного сечения;

B_d - протяженность расчетного сечения (ширина подошвы);

m_u, m_t - заложение верховой и низовой грани на уровне расчетного сечения;

H_d^u, H_d^t - напор над расчетным сечением со стороны верхнего и нижнего бьефов;

γ_w - удельный вес воды.

4.14 Критерии прочности плотины

После вычисления напряжений для основного и особого сочетания нагрузок необходимо проверить выполнение следующих условий:

1. Во всех точках плотины:

$$\gamma_n \cdot \gamma_{lc} \cdot |\sigma_3| \leq \gamma_c \cdot R_b, \quad (4.109)$$

где γ_n - коэффициент надежности по ответственности сооружения [10];
 γ_{lc} - коэффициент сочетания нагрузок [10];
 γ_c - коэффициент условий работы [11];
 R_b - расчетное сопротивление бетона сжатию (бетон марки B_5) [11, таблица 3].

Тогда для основанного сочетания нагрузок со стороны верховой грани:

$$1,20 \cdot 1,0 \cdot 0,160 \leq 0,95 \cdot 2,8,$$

$$0,199 \leq 2,66.$$

- со стороны низовой грани:

$$1,20 \cdot 1,0 \cdot 0,013 \leq 0,95 \cdot 2,8,$$

$$0,016 \leq 2,66.$$

- для особого сочетания нагрузок со стороны верховой грани:

$$1,20 \cdot 1,0 \cdot 0,175 \leq 0,95 \cdot 2,8,$$

$$0,210 \leq 2,66.$$

- со стороны низовой грани:

$$1,20 \cdot 1,0 \cdot 0,034 \leq 0,95 \cdot 2,8,$$

$$0,041 \leq 2,66.$$

2. На верховой грани плотины не должно быть растягивающих напряжений:

- для основного сочетания нагрузок:

$$\sigma_y'' < 0, \tag{4.110}$$

$$-346,03 < 0.$$

- для особого сочетания нагрузок

$$-265,36 < 0.$$

3. В зоне верховой грани плотины:
- для основного сочетания нагрузок:

$$|\sigma_y^u| \geq 0,25\gamma_w H_d^u, \quad (4.111)$$

$$346,03 \geq 0,25 \cdot 10 \cdot 16 |\sigma_y^u| \geq 0,25\gamma_w H_d^u,$$

$$346,03 \geq 40.$$

- для особого сочетания нагрузок

$$265,36 \geq 0,25 \cdot 10 \cdot 17,5,$$

$$265,36 \geq 43,75.$$

4.15 Обоснование устойчивости плотины

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

$$\frac{R \cdot \gamma_c}{F \cdot \gamma_{lc}} \geq \gamma_n, \quad (4.112)$$

где R - расчетное значение обобщенной несущей способности (силы, сопротивляющейся сдвигу):

$$R = (G_{\sigma} + G_{пл} + q_3 - W_{взв} - W_{\phi} + W_n) \cdot \operatorname{tg}\varphi + c \cdot \omega, \quad (4.113)$$

где ω - горизонтальная проекция площади подошвы плотины, при расчете 1 п.м $\omega = B_n \cdot 1$;

F - сдвигающая сила, равная:

$$F = T_v - T_n + W_{волн}. \quad (4.114)$$

Тогда для основного случая:

$$R = (2284,10 + 1414,80 + 5,63 - 187,47 - 510,51 + 28,06) \cdot 0,70 +$$

$$+ 70 \cdot 14,70 = 3153,23 \text{ кН},$$

$$F = 1255,68 - 8,29 + 0,10 = 1247,49 \text{ кН},$$

$$\frac{3153,23 \cdot 0,95}{1247,49 \cdot 1} \geq 1,20,$$

$$2,40 \geq 1,20.$$

- для особого случая:

$$R = (2284,10 + 1414,80 + 5,63 - 490,30 - 501,00 + 102,32) \cdot 0,70 + \\ + 70 \cdot 14,70 = 2999,88 \text{ кН},$$

$$F = 1502,17 - 56,70 + 0,10 = 1445,57 \text{ кН},$$

$$\frac{2999,88 \cdot 0,95}{1445,57 \cdot 1} \geq 1,20,$$

$$1,97 > 1,20.$$

5 Организация и производство гидротехнических работ

5.1 Периоды строительства ГЭС

Периоды строительства - отрезки времени, для которых характерны определенные виды работ и деятельности строительных организаций, обуславливающие последовательность строительства.

- Подготовительный период. Цель: подготовка строительства к ведению работ на основных сооружениях. Период включает в себя строительство дороги, линий электропередач, жилья и создания производственной базы (бетонный завод, автобаза, ремонтные мастерские, арматурное хозяйство, карьеры, база БВР, управление механизации, база ГЭМ и СГЭМ и т.п.);

- Основной период. Цель: возведении основных сооружений в объеме, необходимом для пуска объекта на полную мощность. В этот период выполняются работы по возведению сооружений для перекрытия русла и отвода реки (перемычки, канал), осушению котлована, земельные и буровзрывные работы, бетонные работы по возведению сооружений, монтаж оборудования, машинного зала. Работы заканчиваются пуском всех гидроагрегатов;

- Завершающий период. Цель: подготовка и сдача объекта в постоянную промышленную эксплуатацию. Этот период охватывает время от пуска всех гидроагрегатов до сдачи ГЭС в эксплуатацию, т.е. всех элементов гидроузла. В течение этого периода полностью заканчиваются строительно-монтажные работы, производится доводка и освоение оборудования, завершается окончательная планировка и благоустройство территории, ликвидируются, переносятся или передаются временные предприятия.

5.2 Этапы возведения сооружений

Возведение основных гидротехнических сооружений Гизельдонской ГЭС планируется в IV этапа:

- I этап - возведение сооружений для перекрытия русла;
- II этап - перекрытие русла;
- III этап - возведение сооружений в котловане I очереди;
- IV этап - возведение сооружений в котловане II очереди, наращивание сооружений по всему фронту на всю высоту для наполнения водохранилища и поочередного пуска всех агрегатов.

5.3 Компоновка

Компоновка основных сооружений Гизельдонской ГЭС: деривационная; принципиальная компоновочная схема - деривационная ГЭС. Гизельдонская ГЭС состоит из головного и станционного узлов.

Компоновка головного узла Гизельдонской ГЭС русловая; принципиальная компоновочная схема сооружений головного узла: бетонные глухие правобережная и левобережная плотины и бетонная водосливная плотина. Состав сооружений напорного фронта головного узла: левобережная бетонная глухая плотина, водосливная бетонная плотина, правобережная бетонная глухая плотина, береговой глубинный водоприемник.

В состав ГУ также входит: отдельно расположенное Здание ГЭС, напорный туннель.

Пропуск строительных расходов через головной узел для данной компоновки головного узла осуществляется в II очереди, без стеснения русла: В I очередь - через строительный канал, через который пропускается весь расход реки Гизельдон. Во II очередь - через донные отверстия недостроенной водосливной плотины.

5.4 I этап – возведение сооружений для перекрытия русла

5.4.1 Состав работ I – го этапа

Работы I этапа включают в себя:

- разработка канала под защитой скальных целиков
- создание полки-проезда по бортам строительного канала;
- выемка мягких грунтов (бульдозерами, экскаваторами и перевозка автосамосвалами в полезные насыпи, работа на отвалах);
- рыхление скальных пород (буровзрывные работы);
- выемка разрыхлённых скальных грунтов (экскаваторами и перевозка автосамосвалами в полезные насыпи, работа на отвалах);
- подготовка и отсыпка перемычек для перекрытия русла.

5.4.2 Исходные данные

Исходными данными для дальнейшего проектирования служат: гидрограф р. Гизельдон (рисунок 2.2), кривые связи расходов и уровней нижнего бьефа (рисунок 1.1) и максимальные расходы различных обеспеченностей (таблица 2.2).

5.4.3 Выбор максимального строительного расхода

Максимальный строительный расход определяется в зависимости от класса временных гидротехнических сооружений - перемычек и срока их эксплуатации для основного расчетного случая.

Руководствуясь СП [10, п.8.30] назначается IV класс перемычек. Срок эксплуатации перемычек до 10 лет, соответственно, максимальный строительный расход принимается 10% обеспеченности - $Q_{10\%} = 41,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

Уровень воды при $Q_{10\%}$ составит $\nabla_{УВБ_{Q_{10\%}}} = 1162,60$ м. Отметка дна $\nabla_{ДНА} = 1160,00$ м.

5.4.4 Выбор сооружений для пропуска строительных расходов

Секционировать русло не удастся из-за малой ширины реки, тогда пропуск расходов необходимо осуществлять в обход русла реки через строительный канал. Возведение сооружений производится в II очереди: в котловане I и II очереди.

В данных условиях рассматривается три варианта пропуска строительных расходов:

- через строительный туннель в обход всех сооружений в правом берегу;
- через строительный канал в обход всех сооружений в правом берегу;
- В I очереди через строительный канал в районе котлована для гидротехнических сооружений с целью значительного уменьшения длины объекта. Во II очереди расходы пропускаются через донные отверстия недостроенной водосливной плотины.

При первом и втором вариантах получается очень большая длина самих объектов и еще больше длина подводящих и отводящих каналов. Также в случае туннеля, после завершения строительства за ним необходимо наблюдать для контроля его состояния.

В случае второго варианта контур канала будет проходить за пределами строящихся сооружения на некотором расстоянии. Выемка грунта начинается с 1185,00 отметки и заканчивается отметкой дна канала, равной отметке дна реки 1160,00 м. Канал будет иметь глубину 25 метров, что экономически нецелесообразно.

Наиболее целесообразным вариантом выглядит пропуск строительных расходов через канал, который является частью котлована II очереди. При этом в I очередь река будет полностью отводиться через канал в нижний бьеф, что позволяет возводить в котловане I очереди левобережную глухую бетонную и водосливную плотину. А после этого пропускать расходы II очереди через донные отверстия в водосливной плотине и возводить правобережную глухую бетонную плотину. Преимуществом является то, что уменьшается длина канала и объем выемки грунта. Часть выемки под строительный канал будет проходить в пределах котлована под правобережную глухую бетонную плотину.

5.4.5 Гидравлический расчет строительного канала

Назначается прямоугольное сечение строительного канала (рисунок 5.1) с шириной $b = 4$ м и глубиной воды $h = 2,6$ м. Параметры определены из условий проведения строительных работ и размещения спецтехники.

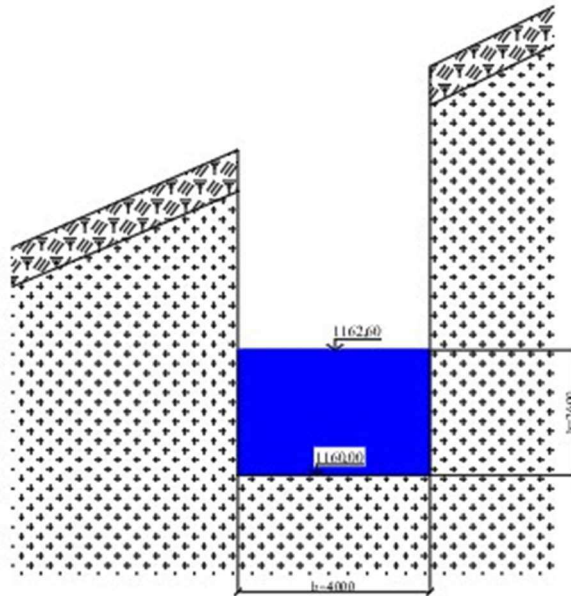


Рисунок 5.1 – Поперечное сечение строительного канала

Расход реки при возведении сооружений в котловане I очереди пропускается через строительный канал (рисунок 5.2).

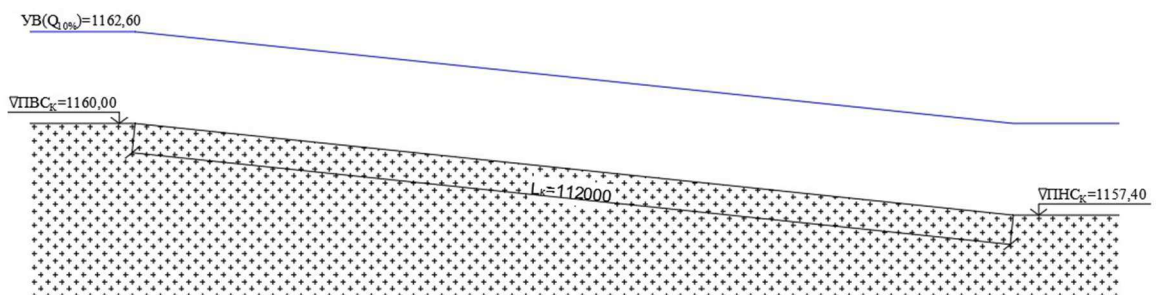


Рисунок 5.2 – Продольное сечение строительного канала

При гидравлическом расчете канала определяются следующие параметры:

1. Площадь живого сечения канала ω , м^2 :

$$\omega = b \cdot h = 4 \cdot 2,6 = 10,4 \text{ м}^2, \quad (5.1)$$

где b - ширина канала, м;

h - глубина воды в канале, равная:

$$h = \nabla \text{УВБ}_{Q_{10\%}} - \nabla \text{ДНА} = 1162,60 - 1160,00 = 2,60 \text{ м}. \quad (5.2)$$

2. Расчетный уклон строительного канала:

$$J_p = \frac{Q_{10\%}^2}{(\omega^2 \cdot C^2 \cdot R)} = \frac{41,5^2}{(10,4^2 \cdot 25,55^2 \cdot 1,13)} = 0,0216, \quad (5.3)$$

где C - коэффициент Шези, определяемый в зависимости от гидравлического радиуса и коэффициента шероховатости $n = 0,040$;

R - гидравлический радиус, равный:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{\omega}{b + 2 \cdot h} = \frac{10,4}{4,0 + 2 \cdot 2,6} = 1,13 \text{ м}. \quad (5.4)$$

3. Определение высотного положения строительного канала:

- Отметка порога входного сечения равна:

$$\nabla\text{ПВС}_K = \nabla\text{ДНА} = 1160,00 \text{ м}, \quad (5.5)$$

- Отметка порога низового сечения канала равна:

$$\nabla\text{ПНС}_K = \nabla\text{ДНО} - J_p \cdot L = 1160,00 - 0,0216 \cdot 112 = 1157,60 \text{ м}. \quad (5.6)$$

4. Фактический уклон строительного канала:

$$J_{\text{факт}} = \frac{h}{L} = \frac{\nabla\text{ПВС}_K - \nabla\text{ПНС}_K}{L} = \frac{1160,00 - 1157,60}{112} = 0,0214, \quad (5.7)$$

где L - длина канала, $L = 112$ м - определена по генплану.

5. Проверка пропускной способности строительного канала:

$$Q_K = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot J_{\text{факт}}} = 10,4 \cdot 25,55 \cdot \sqrt{1,13 \cdot 0,0214} = 41,3 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.8)$$

$$Q_K = 41,3 \text{ м}^3/\text{с} < Q_{10\%} = 41,5 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.9)$$

При $J_{\text{факт}} = 0,0214$ $Q_K = 41,3 \text{ м}^3/\text{с}$, что меньше $Q_{10\%} = 41,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Для увеличения расхода в канале увеличивается уклон до $J_{\text{факт}} = 0,0232$. Тогда $\nabla\text{ПВС}_K = 1160,00$ м, а $\nabla\text{ПНС}_K = 1157,40$ м.

6. Определение отметки гребня перемычек:

$$\begin{aligned} \nabla \text{УВБ}_{Q_{10\%}} &= \nabla \text{УНБ}_{Q_{10\%}} + J_{\text{факт}} \cdot L + z = 1162,60 + 0,0232 \cdot 112 + 1,06 = \\ &= 1166,26 \text{ м}, \end{aligned} \quad (5.10)$$

где z - величина запаса, определяемая по формуле:

$$z = \frac{(1 + \xi_{\text{ex}}) \cdot V^2}{2 \cdot g} = \frac{(1 + 0,3) \cdot 4,0^2}{2 \cdot 9,81} = 1,06 \text{ м}, \quad (5.11)$$

где $\xi_{\text{ex}} = 0,3$ - коэффициент потерь напора на входе в канал;

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

V - скорость потока воды в канале, м/с:

$$V = \frac{Q_{10\%}}{\omega} = \frac{41,5}{10,4} = 4,0 \text{ м/с}. \quad (5.12)$$

Допустимая скорость по условиям неразмываемости русла канала составляет 22 м/с. Следовательно, размыва русла не происходит. Нет необходимости в креплении русла канала.

Тогда

$$\nabla \text{ГВП}_{\text{I оч.}} = \text{УВБ}_{Q_{10\%}} + d = 1166,26 + 1,50 = 1167,76 \text{ м}, \quad (5.13)$$

$$\nabla \text{ГНП}_{\text{I оч.}} = \text{УНБ}_{Q_{10\%}} + a = 1162,60 + 0,50 = 1163,10 \text{ м}. \quad (5.14)$$

где a - запас по гребню, м.

Конструкция верховой и низовой перемычек каменно - земляная (рисунок 5.3 и 5.4).

В качестве продольной перемычки строительного канала используется целик между рекой и каналом с береговой отметкой гребня целика, равного $\nabla \text{ГВП}_{\text{I оч.}} = 1167,76 \text{ м}$.

Конструкции верховой и низовой перемычек строительного канала принимаются аналогичными, но в половину высоты меньше верховой перемычки I очереди (рисунок 5.5). Это обосновывается тем, что отсыпка перемычек ведется не в период максимальных расходов.

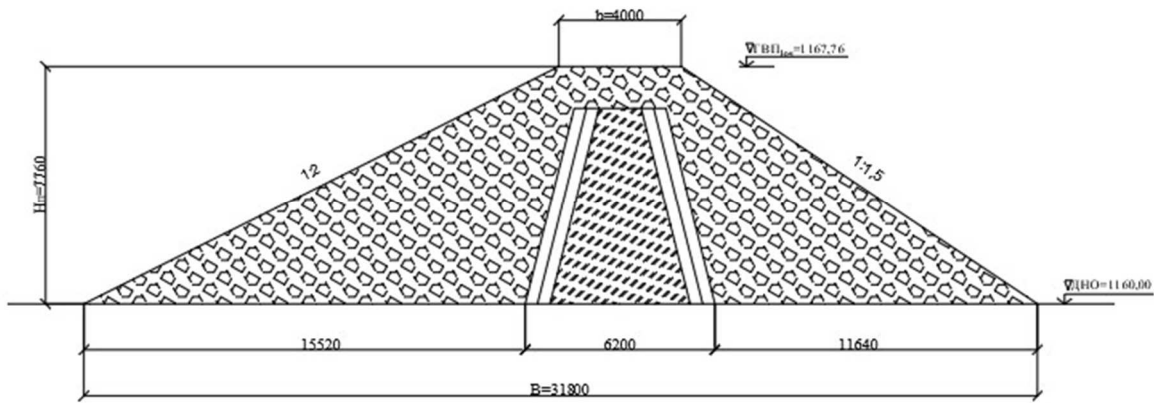


Рисунок 5.3 – Конструкция верхней перемычки

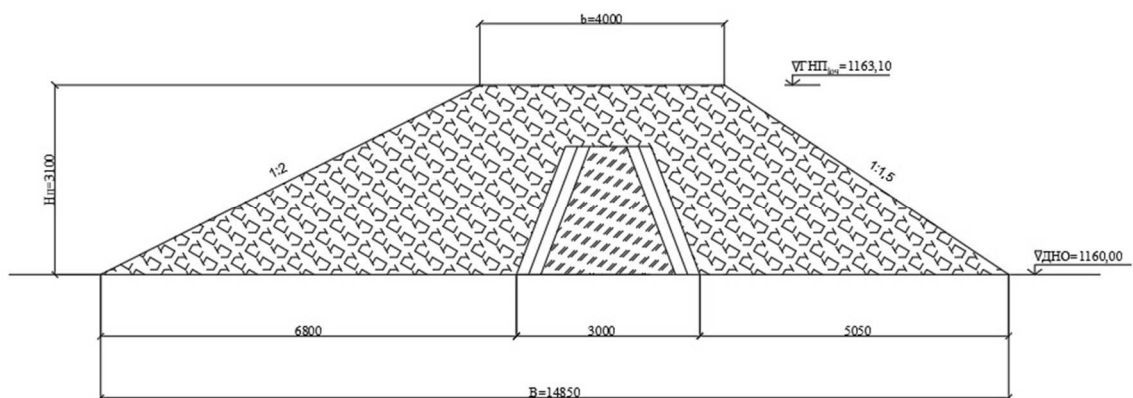


Рисунок 5.4 – Конструкция низовой перемычки

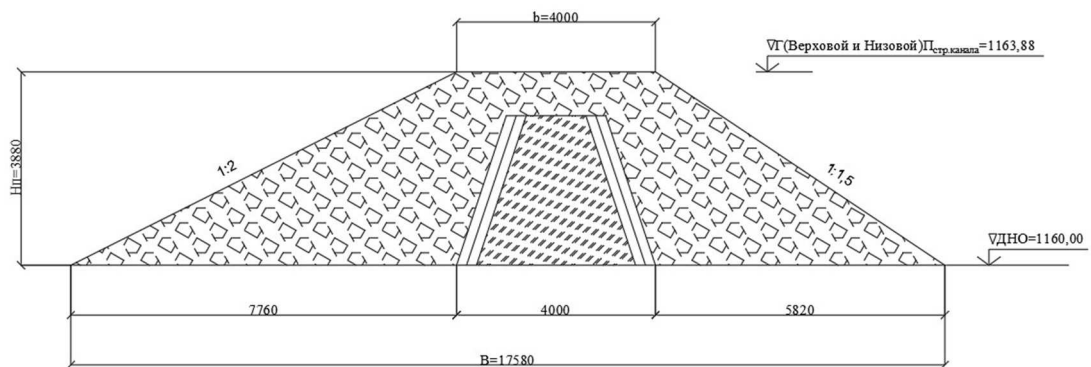


Рисунок 5.5 – Конструкция верхней и низовой перемычек строительного канала

Объем грунта верхней перемычки:

$$W_{\text{ВП}} = L_{\text{ВП}} \cdot \omega_{\text{ВП}} = L_{\text{ВП}} \cdot \left(\frac{b + B}{2} \cdot h \right) = 52 \cdot \left(\frac{4,0 + 31,8}{2} \cdot 7,76 \right) = 7223 \text{ м}^3. \quad (5.15)$$

где b - ширина верховой перемычки по гребню, м;
 h - высота перемычки, м;
 B - ширина верховой перемычки по основанию, м;
 $L_{ВП}$ - длина верховой перемычки, $L_{ВП} = 52$ м определена по генплану.

Объем грунта низовой перемычки:

$$W_{НП} = L_{НП} \cdot \omega_{НП} = L_{НП} \cdot \left(\frac{b + B}{2} \cdot h \right) = 27 \cdot \left(\frac{4,0 + 14,85}{2} \cdot 3,1 \right) = 789 \text{ м}^3. \quad (5.16)$$

где b - ширина низовой перемычки по гребню, м;
 h - высота перемычки, м;
 B - ширина низовой перемычки по основанию, м;
 $L_{НП}$ - длина низовой перемычки, $L_{НП} = 37$ м определена по генплану.

Суммарный объем перемычек:

$$W_{\text{перемычек}} = W_{ВП} + W_{НП} = 7223 + 789 = 8012 \text{ м}^3. \quad (5.17)$$

Время отсыпки перемычек определяется по ГЭСН 81-02-36-2017 «Земляные конструкции ГТС», таблица ГЭСН 36-01-004-01 равно 14,08 чел.-ч. на 1000 м³ при возведении плотин, дамб, насыпей способом отсыпки грунтов в воду в естественных прудках и водоемах.

Тогда общее время отсыпки перемычек:

$$t_{\text{перемычек}} = \left(\frac{W_{\text{перемычек}}}{1000} \right) \cdot 14,08 = \left(\frac{8012}{1000} \right) \cdot 14,08 = 113 \text{ маш.-ч.}, \quad (5.18)$$

Интенсивность отсыпки перемычек:

$$I_{\text{перемычек}} = \frac{t_{\text{перемычек}}}{W_{\text{перемычек}}} = \frac{113}{8012} = 0,014 \text{ ч/м}^3. \quad (5.19)$$

5.5 II этап – перекрытие русла

Работы II этапа включают в себя:

- предварительное стеснение русла (отсыпка русловых перемычек (верховая и низовая) котлована I очереди);
- отсыпка каменного банкета в проране (перекрытие прорана);

- отсыпка фильтров и тела перемычек до отметок перекрытия;
- наращивание перемычки по высоте до отметок, необходимых для пропуска расчетного строительного расхода $Q_{10\%}$.

5.6 III этап – возведение сооружений в котловане первой очереди

- водоотлив и водопонижение в котловане I очереди;
- буровзрывные работы в котловане I очереди;
- земляные работы;
- разработка котлована под здание ГЭС с двумя агрегатами;
- бетонные работы по возведению левобережной глухой и водосливной бетонной плотин, а также берегового водоприемника.

5.6.1 Осушение котлована I очереди

После того, как будущий котлован перекрывается со всех сторон перемычками, он получается наполненным водой. Для того чтобы в нем выполнять работы насухо, его необходимо осушить: откачать воду, которая там осталась с учетом фильтрации и плюс постоянно, до затопления котлована, откачивать воду, которая будет поступать со всех сторон путем фильтрации.

Осушение котлована I очереди выполняется методом открытого водоотлива. Откачка осуществляется центробежными насосами, которые установлены на перемычках. Планируется 4 насоса: 3 основных и 1 резервный, производительностью $Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$ каждый. Данным требованиям удовлетворяет насос НЦВСМ-10/40 с характеристиками, указанными в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Характеристики насоса НЦВСМ-10/40

| Q, м ³ /ч | Напор, м.в.ст. | N, кВт | n, об/сек | Масса, кг | Габариты, мм |
|----------------------|----------------|--------|-----------|-----------|--------------|
| 10 | 40 | 4 | 2900 | 63 | 555x255x430 |

Необходимо соблюдать интенсивность откачки, т.е. градиент напоров не должен превышать допустимый для грунтов, из которых сложены откосы котлована, в противном случае произойдет суффозия и размыв бортов.

Допустимая интенсивность откачки на начальном этапе / последующем для скальных и крупнообломочных грунтов составляет 0,5-0,8 м/сут / 1-1,5 м/сут.

Объем воды, который необходимо откачать, равен 2-3 объема котлована, учитывая фильтрации:

$$W_{\text{воды}} = 2 \cdot (S \cdot h) = 2 \cdot (1669 \cdot 2,6) = 8680 \text{ м}^3, \quad (5.20)$$

где S - площадь котлована, определенная в ПК «AutoCAD», м²;

h - глубина воды в котловане при $Q_{10\%}$, $h = 2,6$ м.

Откачку воды производят три насоса с общей подачей:

$$Q = 3 \cdot Q_{\text{насоса}} = 3 \cdot 10 = 30 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.21)$$

где $Q_{\text{насоса}}$ - подача одного насоса НЦВСМ-10/40, $\text{м}^3/\text{с}$.

Время работы насосов в часах:

$$t = \frac{W_{\text{воды}}}{Q} = \frac{8680}{30} = 289 \text{ ч}. \quad (5.22)$$

Количество суток работы насосов:

$$t_{\text{сут}} = \frac{t}{24} = \frac{289}{24} = 12 \text{ суток}. \quad (5.23)$$

Интенсивность откачки:

$$I_{\text{откачки}} = \frac{h}{t_{\text{сутки}}} = \frac{2,6}{12} = 0,22 \text{ м/сут}. \quad (5.24)$$

Интенсивность откачки меньше 0,5 м/сут. Следовательно, находится в пределах допуска.

5.6.2 Водопонижение котлована I очереди

Для поддержания котлована в сухом состоянии, необходимо по периметру устроить зумпфы, глубиной 2 м. Откачка воды производится из зумпфов за пределы котлована по трубам. Насосы располагают на временных передвижных станциях. Применяется способ открытого водоотлива. Планируется 5 насосов той же марки, что и приняты для осушения котлована: 4 основных и 1 резервный.

5.6.3 Земельно – скальные работы в котловане I очереди

Цикл ЗСК состоит из:

- разработка грунтов с помощью БВР и Экскавации;
- транспортировка грунтов;
- укладка грунтов в отвал или качественную насыпь

Земляные работы в настоящее время максимально механизированы, т.е. выполняются комплектом механизмов, увязанных между собой по производительности или другим параметрам, обеспечивающих максимальную производительность при минимуме затрат. В составе комплекта всегда есть ведущий механизм, работа которого определяет общую производительность процесса. Численность вспомогательных механизмов и транспорта определяется производительностью ведущего механизма. Производительность вспомогательных машин должна быть несколько выше производительности ведущего механизма. Ведущим механизмом при выполнении земельно – скальных работ является экскаватор.

Объем выемки грунта для строительства проектируемой ГЭС, определённый с помощью ПО «AutoCAD, равен $W_{\text{котл}} = 18551 \text{ м}^3$. Этот объем включает в себя врезку в берега, выемку под водобой, рисберму, объем выемки под строительный канал, а также 40% от общего объема – дорожная часть.

5.6.4 Выбор типа экскаватора

Проанализировав объем грунта, его категорию по трудности разработки и условия строительства, выбирается экскаватор прямая лопата ЭО-5114 [12] с объемом ковша 1 м^3 , на гусеничном ходу (рисунок 5.6). Предназначен для разработки и погрузки взорванной скальной породы в самоходные транспортные средства. Основные технические характеристики: база экскаватора – 2900 мм, высота – 3680 мм, длина – 4930 мм, ширина кузова – 2508 мм. Дополнительные технические характеристики экскаватора указаны на рисунке 5.7 и 5.8.

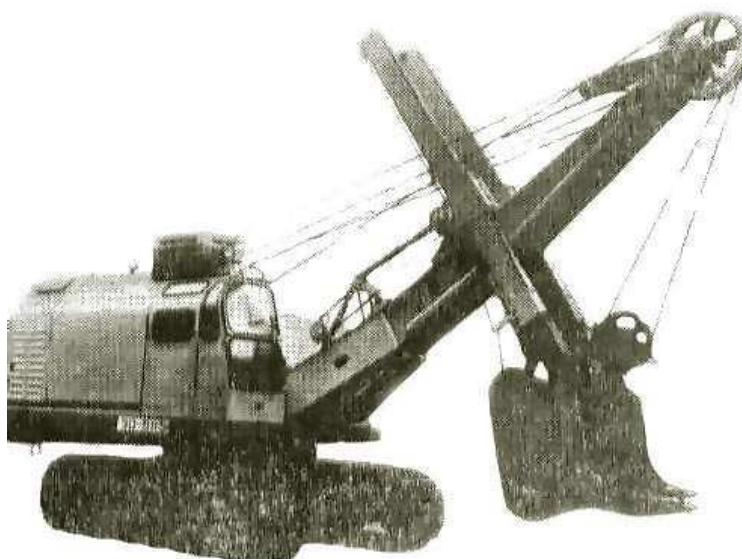


Рисунок 5.6 - Экскаватор ЭО-5114

| | |
|--|------------------|
| Объем ковша прямой лопаты, м ³ : | 1 |
| Тип ходового устройства | гусеничный |
| Скорость передвижения, км/ч | 1,21 - 1,48 |
| Преодолеваемый уклон пути, град | 15 |
| Тип двигателя | электродвигатель |
| Модель двигателя | КО52-4У |
| Мощность, кВт | 90 |
| Управление механизмами | пневматическое |
| Компрессор: | |
| модель | ВУ-05/7А |
| рабочее давление, МПа | 0,4 - 0,5 |
| Масса экскаватора с прямой лопатой, т: | 35 |
| Давление на грунт, кПа | 95 |
| Продолжительность рабочего цикла с прямой лопатой, с | 21 |

Рисунок 5.7 - Технические характеристики экскаватора ЭО-5114

| | | |
|--|-----|-----|
| L - угол наклона стрелы, град. | 40 | 60 |
| A - наибольший радиус копания, м | 8,5 | 7,8 |
| B - наибольшая высота копания, м | 5,5 | 7,5 |
| B - наибольший радиус выгрузки, м | 7,2 | 6,5 |
| Г - наибольшая высота выгрузки, м | 3,1 | 5,1 |
| D - радиус выгрузки при наибольшей высоте выгрузки, м | 7,1 | 5,8 |
| E - высота выгрузки при наибольшем радиусе выгрузки, м | 2,3 | 2,9 |

Рисунок 5.8 - Технические характеристики экскаватора ЭО-5114

5.6.5 Расчёт производительности одноковшового экскаватора

Различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность экскаватора.

Теоретическая производительность определяется по формуле:

$$P_K = \frac{3600 \cdot q}{t_{\text{ц}}} = \frac{3600 \cdot 1}{21} = 172 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5.25)$$

где q - вместимость ковша, м³;

$t_{\text{ц}}$ - минимальная продолжительность рабочего цикла при заданных условиях, с.

Техническая производительность определяется по формуле:

$$P_T = P_K \cdot \frac{K_H}{K_p} = 172 \cdot \frac{1,1}{1,3} = 146 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5.26)$$

где K_H - коэффициент наполнения ковша, $K_H=1,1$ (в зависимости от группы грунта);

K_p - коэффициент разрыхления грунта, $K_p=1,3$ (в зависимости от группы грунта);

Эксплуатационная производительность определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{Э}} = \Pi_{\text{Т}} \cdot T_{\text{Р}} \cdot K_{\text{В}} = 146 \cdot 1 \cdot 0,78 = 114 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5.27)$$

где $\Pi_{\text{Т}}$ - техническая производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$T_{\text{Р}}$ - длительность периода работы, $T_{\text{Р}} = 1$ ч;

$K_{\text{В}}$ - коэффициент использования машины по времени за соответствующий период, $K_{\text{В}} = 0,78$.

5.6.6 Определение необходимого количества транспорта

Чтобы обеспечить бесперебойную подачу транспорта необходимо, чтобы за время, пока загруженный транспорт проедет до места выгрузки, разгрузится и вернется к экскаватору, экскаватор должен загрузить все остальные единицы транспорта, т.е.:

$$(m - 1) \cdot T_{\text{П}} = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + T_{\text{Р}} + T_3, \quad (5.28)$$

где $(m - 1) \cdot T_{\text{П}}$ - время погрузки грунта экскаватором в автотранспорт;

L_1 и L_2 - длина пути груженой машины до отвала и обратно, км;

V_1 и V_2 - скорость в пути груженой машины до отвала и обратно порожняком, км/ч;

$T_{\text{Р}}$ - время разгрузки самосвала, 0,011 ч;

T_3 - время задержки в пути, 0,2 ч.

При погрузке в транспорт наибольшая производительность экскаватора достигается, если объем кузова транспорта в 4-5 раз больше емкости ковша экскаватора:

$$W = W_{\text{ковша}} \cdot 5 = 1 \cdot 5 = 5 \text{ м}^3. \quad (5.29)$$

По объему кузова подходит самосвал ГАЗ-3309 [13,14], грузоподъемностью 4,5 т.

Отвал находится на расстоянии 125 метров. Средняя скорость движения самосвала 20 км/ч в загруженном состоянии, и 40 км/ч в свободном состоянии.

Необходимое количество самосвалов равно:

$$m = \left(\frac{\frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + T_p + T_3}{\frac{W}{\Pi_э}} \right) + 1 = \left(\frac{\frac{0,125}{20} + \frac{0,125}{40} + 0,011 + 0,20}{\frac{5}{114}} \right) + 1 =$$

$$= 6 \text{ ед.машин,} \quad (5.30)$$

Объем выемки в месяц одного экскаватора:

$$W_э = \Pi_э \cdot T_p = 114 \cdot 8 \cdot 21 = 19152 \text{ м}^3. \quad (5.31)$$

где $\Pi_э$ - эксплуатационная производительность;

T_p - длительность периода работы экскаватора в месяц.

Время выполнения полного объема земляных работ одним экскаватором в одну смену:

$$t_э = \frac{W_{\text{котл}}}{W_э} = \frac{18551}{19152} = 0,97 \text{ месяц} = 163 \text{ м} \cdot \text{ч}. \quad (5.32)$$

5.6.7 Буровзрывные работы. Метод скважинных зарядов

Буровзрывные работы используются для разрыхления скальных массивов.

Цикл БВР включает в себя бурение скважин и взрывные работы. Разработка котлована ведется методом скважинных зарядов. Доработка котлована с целью сохранения основания ведется методом шпуровых зарядов.

Расстояние между скважинами в ряду и между рядами (сетка бурения) назначается 4 м (по аналогам). Скважины вертикальные (рисунок 5.9).

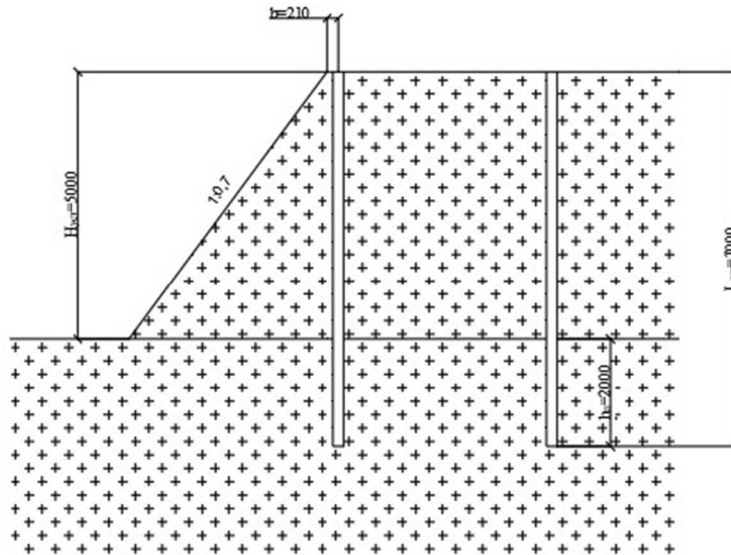


Рисунок 5.9 – Вертикальные скважины

Исходя из класса пород (граниты) и степени трудности бурения $P_b=10$, назначается буровой станок 5СБШ-200-36 с шарошечным долотом (шарошечное бурение), диаметр скважин 200 мм. Техническая скорость бурения станка составляет 4,5 м/ч.

Необходимо определить длину скважины:

$$L_{\text{скв}} = H_{\text{уст}} + h_{\text{п}} = H_{\text{уст}} + (10 \cdot d_{\text{скв}}) = 5 + (10 \cdot 0,2) = 7 \text{ м}, \quad (5.33)$$

где $H_{\text{уст}}$ - высота рабочего уступа для принятого экскаватора составляет 5 м;

$h_{\text{п}}$ - глубина перебура, $h_{\text{п}} = 10d_{\text{скв}}$;

$d_{\text{скв}}$ - диаметр скважины, $d_{\text{скв}} = 200 \text{ мм}$.

Расчетная линия наименьшего сопротивления:

$$W = 1,53 \cdot K_T \cdot d_{\text{скв}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta \cdot e}{p \cdot \sin \alpha}} = 1,53 \cdot 0,8 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{\frac{1,6 \cdot 1,25}{2,63 \cdot \sin 90}} = 0,21 \text{ м}, \quad (5.34)$$

где K_T - коэффициент трещиноватости скального грунта, $K_T \approx 1,0 \dots 0,8$;

Δ - плотность ВВ в заряде, кг/дм²;

e - энергетический коэффициент, равный 1,0...1,25;

p - плотность самого грунта, т/м³;

α - угол скважины ($90^\circ \dots 85^\circ$);

$d_{\text{скв}}$ - диаметр скважины, м.

Расстояние от бровки уступа до первого ряда скважин:

$$b = W - H_{\text{уст}} \cdot \text{ctg}\alpha = 0,21 - \text{ctg}90 = 0,21 - 5 \cdot 0 = 0,21 \text{ м.} \quad (5.35)$$

Величина заряда:

$$Q = q \cdot a \cdot W \cdot H_{\text{уст}} = 0,31 \cdot 4 \cdot 0,21 \cdot 5 = 1,30 \text{ кг,} \quad (5.36)$$

где q - удельный расход на дробление 1 м³ породы;

a - расстояние между скважинами в ряду и между рядами, м;

W - расчетная линия наименьшего сопротивления, м;

$H_{\text{уст}}$ - высота рабочего уступа, м.

5.6.8 Производительность бурового станка

Сменная производительность бурового станка метры/смена определяется по формуле:

$$P_{\text{б.ст}} = \frac{T_{\text{см}}}{T_0 + T_{\text{в}}} \cdot K_{\text{и.б}} = \frac{8}{0,22 + 0,044} \cdot 0,8 = 24,2 \text{ м/смену,} \quad (5.37)$$

где $T_{\text{см}}$ - продолжительность смены (8 ч.);

T_0 и $T_{\text{в}}$ - продолжительность выполнения, соответственно, основных и вспомогательных операций, приходящихся на 1 м скважины, ч;

$K_{\text{и.б}}$ - коэффициент использования сменного времени.

Тогда

$$T_0 = \frac{1}{V_6} = \frac{1}{4,5} = 0,22 \text{ ч,} \quad (5.38)$$

$$T_{\text{в}} = 0,2 \cdot T_0 = 0,044 \text{ ч.} \quad (5.39)$$

где V_6 - техническая скорость бурения, $V_6 = 4,5$ м/ч.

5.6.9 Определение объема буровых работ

Объем грунта, приходящийся на 1 скважину:

$$W_{\text{скв}} = 4 \cdot 4 \cdot L_{\text{скв}} = 4 \cdot 4 \cdot 7 = 112 \text{ м}^3. \quad (5.40)$$

Количество скважин:

$$n_{\text{скв}} = \frac{W_{\text{котл}}}{W_{\text{скв}}} = \frac{18551}{112} = 166 \text{ скважин}, \quad (5.41)$$

где $W_{\text{котл}}$ - объем выемки котлована, определенный с помощью ПО «AutoCAD»;
 $W_{\text{скв}}$ - объем, приходящийся на 1 скважину, м³.

Объем буровых работ в п.м. бурения:

$$W_{\text{бур.работ}} = n_{\text{скв}} \cdot L_{\text{скв}} = 166 \cdot 7 = 1162 \text{ п.м. бур.} \quad (5.42)$$

Определяется время выполнения буровых работ:

$$t_{\text{бур.работ}} = \frac{W_{\text{бур.работ}}}{П_{\text{б.см}}} = \frac{1162}{24,2} = 48,0 \text{ см} = 384 \text{ м} \cdot \text{ч}, \quad (5.43)$$

где $t_{\text{бур.работ}}$ - время буровых работ одним станком в одну смену

Интенсивность земельно-скальных работ 1 механизмом в одну смену:

$$t_{\text{ЗСР}} = t_{\text{бур.работ}} + t_{\text{экскавация}} = 384 + 163 = 547 \text{ м} \cdot \text{ч}, \quad (5.44)$$

$$I_{\text{ЗСР}} = \frac{t_{\text{ЗСР}}}{W_{\text{котл}}} = \frac{547}{18551} = 0,029 \text{ маш.-ч./м}^3. \quad (5.45)$$

5.6.10 Бетонные работы. Определение объема бетонных работ и выбор бетонного завода

Цикл бетонных работ состоит из:

- арматурных работ;
- опалубочных работ;
- подготовка блока к бетонированию;
- приготовления бетонной смеси;
- транспортировка бетонной смеси;
- подача в блок бетонирования;
- уплотнение бетонной смеси;
- уход за бетоном.

Приготовление бетонной смеси представляет собою технологический процесс, цикл которого состоит из:

- прием и хранение компонентов бетонной смеси;
- дозирование их в заданных объемах;
- перемешивание;
- выдачу в транспортные средства.

Приготовление бетонной смеси осуществляется в бетонном хозяйстве, в состав которого входят:

- бетонный завод;
- склады заполнителей;
- склады цемента;
- установка для приготовления, подогрева и охлаждения заполнителей и воды;
- установка промывки бетоновозных транспортных средств.

Объем бетона:

1. Объем бетона, укладываемый в водосливную плотину:

$$W_{\text{водослив}} = 142 \cdot 10 = 1420 \text{ м}^3.$$

2. Объем бетона, укладываемый в глухую левобережную плотину:

$$W_{\text{глух.лев}} = 668 \cdot 18 \cdot 0,6 = 7214 \text{ м}^3.$$

3. Объем бетона, укладываемый в глухую правобережную плотину:

$$W_{\text{глух.прав}} = 626 \cdot 18 \cdot 0,6 = 6761 \text{ м}^3.$$

4. Объем бетона, укладываемый в береговой водоприемник:

$$W_{\text{берег.вод}} = 156 \cdot 8 = 1248 \text{ м}^3.$$

5. Объем бетона, укладываемый в напорный туннель при учете толщины обделки гидротехнического туннеля [15]:

$$W_{\text{туннель}} = 2000 \cdot (2^2 \cdot 3,14 - 1,9^2 \cdot 3,14) = 2450 \text{ м}^3.$$

6. Объем бетона, укладываемый в машинный зал:

$$W_{\text{маш.зал}} = 18 \cdot 30 \cdot 12,5 \cdot 0,15 = 1012 \text{ м}^3.$$

7. Суммарный объем бетона:

$$\begin{aligned} \sum W_{\text{бетон}} &= W_{\text{водослив}} + W_{\text{глух.лев}} + W_{\text{глух.прав}} + W_{\text{берег.вод}} + W_{\text{маш.зал}} = \\ &= 1420 + 7214 + 6761 + 1248 + 1012 = 17655 \text{ м}^3, \end{aligned} \quad (5.46)$$

где $W_{\text{водослив}}$ - объем бетона, укладываемый в водосливную часть, м^3 ;

$W_{\text{глух.лев}}$ - объем бетона, укладываемый в глухую левобережную плотину, м^3 ;

$W_{\text{глух.прав}}$ - объем бетона, укладываемый в глухую правобережную плотину, м^3 ;

$W_{\text{берег.вод}}$ - объем бетона, укладываемый в береговой водоприемник, м^3 ;

$W_{\text{маш.зал}}$ - объем бетона, укладываемый в машинный зал, м^3 .

Для данного объема бетонных работ выбирается бетонный завод Стандарт -15 [16] с производительностью 10-15 $\text{м}^3/\text{ч}$.

По назначению данный завод является заводом готового бетона, т.е. продукцией является уже перемешанный с водой бетон, который доставляется транспортными средствами на место его укладки.

По продолжительности действия – полустационарный (инвентарный). Завод устраивается сборно – разборным и работает на одном месте, обычно, от одного года до трех лет.

По принципу действия – циклического действия, так как объемы и фронт бетонных работ небольшие.

По устройству и управлению – полуавтоматический. На заводе автоматизировано управление некоторыми главными операциями технологического процесса, например, дозирование материалов.

Для хранения и точного дозирования материалов завод оснащен дозирующим комплексом. Материалы загружаются и хранятся в бункерах. На бункере песка установлен вибратор для побуждения выхода. Цемент хранится в силосе цемента.

5.6.11 Транспортировка бетонной смеси

Транспортирование бетонной смеси представляет собою комплекс работ, механизмов и приспособлений, транспортных коммуникаций (дорог), обеспечивающих доставку бетонной смеси от бетонного завода до места укладки

Требования к транспортной схеме:

- обеспечить расчетную интенсивность бетонных работ;
- сохранность однородности смеси, т.е. нерасслаиваемость;
- исключать потери в пути цементного раствора;
- предохранять от воздействия прямых солнечных лучей, ветра, дождя, мороза и т.п.

Транспортирование бетонной смеси планируется на автосамосвалах [13,14], которые использовались при земельно-скальных работах с учетом переоборудования под перевозку бетона, путем наращивания кузова на 40-50 см. Автосамосвалы используются при транспортировке до 15 км.

Объем смеси, перевозимый одним самосвалом в смену, определяется по формуле:

$$Q = \frac{(q \cdot 60 \cdot T \cdot k)}{t(\text{ц})} = \frac{\left(\frac{5}{2} \cdot 60 \cdot 8 \cdot 0,8\right)}{19} = 50,5 \text{ м}^3/\text{смену}, \quad (5.47)$$

где q - объем порции бетонной смеси, перевозимой за 1 рейс в м^3 ;

60 - количество минут в часе;

T - продолжительность смены в часах;

k - коэффициент использования рабочего времени, $k = 0,8 - 0,9$ (осмотр автомобиля, отдых шофера, перерывы и т.п.);

$t(\text{ц}) = 19$ минут - продолжительность цикла в минутах, $t(\text{ц}) = t(\text{загрузка } 5 \text{ минут}) + t(\text{грузовой пробег } 4 \text{ минуты}) + t(\text{выгрузка } 3 \text{ минуты}) + t(\text{порожний пробег } 2 \text{ минуты}) + t(\text{очистка кузова } 5 \text{ минут})$.

Потребность в количестве автотранспорта N_p в смену:

$$N_p = \frac{I \cdot t}{q} = \frac{15 \cdot 8}{50,5} = 2,4 = 3 \text{ шт}, \quad (5.48)$$

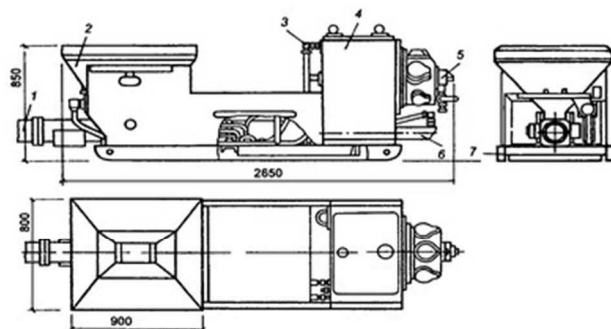
где I - интенсивность укладки бетонной смеси в $\text{м}^3/\text{смену}$;

t - продолжительность смены в часах;

q - объем порции бетонной смеси, перевозимой за 1 смену в м^3 .

5.6.12 Подача бетонной смеси

Подача бетона планируется стационарным бетонным насосом СБ-161 с подачей $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ (рисунок 5.10 и 5.11) [17].



Бетононасос СБ-161: 1 — бетоновод; 2 — бункер; 3 — гидросистема;
4 — гидропривод; 5 — кран; 6 — рабочий цилиндр; 7 — рама.

Рисунок 5.10 – Стационарный бетононасос СБ-161

| Показатель | СБ-123 | СБ-165 | СБ-161 |
|--|----------------|----------------|----------------|
| Тип бетононасоса | Стационарный | Прицепной | Стационарный |
| Производительность, м ³ /ч | 2...40 | 5...20 | 5...65 |
| Вылет распределительной стрелы, м | - | - | - |
| Угол поворота стрелы, град | - | - | - |
| Наибольшее давление в приводном гидроцилиндре, МПа | 16 | 16 | 16 |
| Давление, развиваемое в транспортном цилиндре, МПа | 6 | 6 | 6 |
| Дальность транспортирования бетонной смеси, м: по горизонтали по вертикали | 250 | 300 | 350 80 |
| Подвижность бетонной смеси, перекачиваемой насосом (осадка конуса), см | 4...12 | 4...12 | 4...12 |
| Наибольшая крупность заполнителя, мм | | | 40 |
| Внутренний диаметр бетоновода, мм | | | 125 |
| Вместимость приемного бункера, м ³ | 0,7 | 0,5 | 0,7 |
| Высота загрузки бетонной смеси, мм | 1000 | 1400 | 1350 |
| Ход поршня, мм | 1000 | 1400 | 1400 |
| Габариты, мм | 4000×1770×1400 | 5000×1900×1750 | 6000×2500×1950 |

Рисунок 5.11 – Характеристики бетононасоса СБ-161

Исходя из ГЭСН 37-01-003 [18] подача смеси бескрановая автобетононасосами с подсоединением к стационарному бетоноводу составляет 5,64 маш.-ч. на 100 м³ бетона.

Затраты труда на подачу бетонной смеси составляют:

$$t_{\text{под.бс}} = \left(\frac{W_{\text{водослив}} + W_{\text{глух.лев}} + W_{\text{глух.прав}} + W_{\text{берег.вод}} + W_{\text{маш.зал}}}{100} \right) \cdot 5,64 =$$

$$= \left(\frac{1420 + 7214 + 6761 + 1248 + 1012}{100} \right) \cdot 5,64 = 995,74 \text{ маш.-ч.} \quad (5.49)$$

Затраты труда на уплотнение бетонной смеси составляют:

$$t_{\text{уплот.бс}} = \left(\frac{W_{\text{водослив}} + W_{\text{глух.лев}} + W_{\text{глух.прав}} + W_{\text{берег.вод}} + W_{\text{маш.зал}}}{100} \right) \cdot 35,96 =$$

$$= \left(\frac{1420 + 7214 + 6761 + 1248 + 1012}{100} \right) \cdot 35,96 = 6348,74 \text{ маш.-ч.} \quad (5.50)$$

5.6.13 Арматурные работы. Определение объема арматуры. Технология монтажа арматуры

Арматурные работы – это комплекс мероприятий, состоящий из: примера и хранения арматурной стали, арматурных конструкций, транспортирования их к месту установки, монтажа арматурных конструкций, сдачу арматурных конструкций под бетонирование.

Для армирования железобетонных конструкций следует применять, отвечающую требованиям соответствующих стандартов или утверждённых в установленном порядке технических условий, арматуру следующих видов:

- горячекатаную гладкую и периодического профиля с постоянной и переменной высотой выступов (кольцевой и серповидной профиль естественно) диаметром 6-50 мм;
- термомеханически упрочненному периодического профиля диаметром 6-50 мм;
- холоднодеформированную периодического профиля диаметром 3-16 мм.
- арматурные канаты диаметром 6-18 мм.

Учитывая то, что расчетная температура района строительства по [19] составляет $t = -19 \text{ }^\circ\text{C}$, арматура подбирается по СП [20]. Для проектируемой Гизельдонской ГЭС применяется арматура периодического профиля класса А400.

Обычно процент армирования $\mu=0,1-0,5\%$., для тонкостенных конструкций до 1% (10-15 кг/м³ – для массивных плотин, 50-80 кг/м³ – для ж/б конструкций Здания ГЭС, шлюзов и т.п).

Тогда количество арматуры для:

- для головного узла:

$$W_{\text{арматур}} = (W_{\text{водослив}} + W_{\text{глух.лев}} + W_{\text{глух.прав}} + W_{\text{берег.вод}}) \cdot 15 =$$

$$= (1420 + 7214 + 6761 + 1248) \cdot 15 = 249645 \text{ кг} = 249,65 \text{ т}, \quad (5.51)$$

где $(W_{\text{водослив}} + W_{\text{глух.лев}} + W_{\text{глух.прав}} + W_{\text{берег.вод}})$ - объем бетона, укладываемого в головной узел, м³.

- для Здания ГЭС:

$$W_{\text{арматур}} = W_{\text{маш.зал}} \cdot 80 = 1012 \cdot 80 = 80960 \text{ кг} = 80,96 \text{ т}, \quad (5.52)$$

где $W_{\text{маш.зал}}$ - объем бетона, укладываемого в машинный зал, м³.

Установка арматуры планируется армосетками и армопакетами кранами на гусеничном ходу, исходя из ГЭСН 37-01-028 [18].

Установка кранами на гусеничном ходу 25 т армосеток и армопакетов горизонтальных массой до 1 т.

Затраты труда составляют:

$$t_{\text{ар}} = \left(\frac{W_{\text{арматур}}}{100} \right) \cdot 105,17 = \left(\frac{249,65 + 80,96}{100} \right) \cdot 105,17 = 347,70 \text{ маш.-ч.} \quad (5.53)$$

Для установки и перемещения армосеток и армопакетов используется гусеничный кран ДЭК 251 (рисунок 5.12) с грузоподъемностью до 25 тонн [21]. Технические характеристики крана указаны на рисунке 5.13 и 5.14.



Рисунок 5.12 – Гусеничный кран ДЭК 251

Грузоподъемность – 25 тонн
 Грузовой момент – 118,7 т
 Параметры стрелы: длина – от 14 до 32 м; длина гуська – 5 м;
 Грузоподъемность жесткого гуська – 5 т; высота подъема – 36 м; вылет – от 4,7 до 27,2 м
 Скорость подъема груза – 20 м/мин
 Скорость опускания груза – 0,4 м/мин
 Транспортная скорость – 1 км/час
 Автономное питание от собственной силовой установки – есть, с параметрами 380В и 50 Гц
 Электростанция – есть, с мощностью 60 кВт
 Габариты, мм: длина – 6965, Ширина – 4760, Высота – 4300
 Радиус охвата рабочей зоны – 4440 мм
 Масса со стрелой – 36 тонн
 Поддерживаемая температура – от минус 40 до плюс 40 градусов.

Рисунок 5.13 – Технические характеристики крана ДЭК 251



Рисунок 5.14 – Технические характеристики крана ДЭК 251

5.6.14 Опалубочные работы. Определение площади опалубливаемой поверхности. Технология монтажа арматуры

Опалубка – временная конструкция, ограждающая бетонный блок, в которую заливается бетонная смесь. Главная задача опалубки – обеспечить форму и точные размеры бетонного блока, выдержать нагрузки от жидкой бетонной смеси до момента схватывания и обеспечить правильное твердение бетона в блоке. Поверхности, которые в процессе бетонирования ограждаются опалубкой, называются опалубливаемыми поверхностями.

Комплекс опалубочных работ включает:

- изготовление опалубки на опалубочном заводе во Владикавказе;
- транспортировку к месту установки;
- установка и закрепление;
- снятие (распалубка);
- очистка и ремонт для последующего использования.

Площадь опалубливаемой поверхности определяется по формуле:

$$S = \sum W_{\text{бетон}} \cdot K_{\text{он}} = 17655 \cdot 0,6 = 10593 \text{ м}^2, \quad (5.54)$$

где $W_{\text{бетон}}$ - объем бетона внутри S , м^3 ;

$K_{\text{он}}$ - коэффициент опалубливаемой поверхности в $\text{м}^2/\text{м}^3$. Для массивных плотин $K_{\text{он}} = 0,4 - 0,6 \text{ м}^2/\text{м}^3$, колонны, перекрытия - $K_{\text{он}} = 5 \text{ м}^2/\text{м}^3$.

Установка и разборка опалубки деревянной планируется кранами на гусеничном ходу, исходя из ГЭСН 37-01-014 [18].

Установка и разборка кранами на гусеничном ходу 25 т опалубки деревянной крупнопанельной щитовой плоской с горизонтальными и наклонными тяжами.

Затраты труда составляют:

$$t_{\text{он}} = \left(\frac{S}{100} \right) \cdot 12,43 = \left(\frac{10593}{100} \right) \cdot 12,43 = 1316,71 \text{ маш.-ч.} \quad (5.55)$$

Для установки и перемещения опалубки используется гусеничный кран ДЭК 251, что и для арматурных работ.

Интенсивность бетонных работ:

$$I_{\text{БР}} = \frac{t_{\text{БР}}}{\sum W_{\text{бетон}}} = \frac{t_{\text{под.бс}} + t_{\text{уплот.бс}} + t_{\text{ар}} + t_{\text{он}}}{\sum W_{\text{бетон}}}$$

$$= \frac{995,74 + 6348,74 + 347,70 + 1316,71}{17655} = 0,510 \text{ ч/м}^3. \quad (5.56)$$

5.6.15 Подготовка блоков к бетонированию. Укладка бетонной смеси в блоки бетонирования. Уплотнение бетонной смеси. Уход за бетоном

Целью подготовки блоков к бетонированию является обеспечение условий производства работ, для набора бетоном проектной прочности, получение сцепления с основанием или ранее уложенным бетоном.

Подготовка скального основания к бетонированию должна включать удаление всех продуктов выветривания, включая рыхлую скалу, легка откалывающиеся плитки и пр. Требования к основанию должны определяться ТУ на их подготовку с учетом конкретных инженерно – геологических условий. Далее производится очистка, промывка и продувка скального основания. При этом вода, оставшаяся в пониженных местах и в углублениях, должна быть удалена.

Для обеспечения прочного и плотного сцепления ранее уложенного бетона со свежееукладываемым горизонтальные поверхности блоков подготавливаются следующим образом:

- а) поверхностная цементная пленка удаляется;
- б) удаляются опалубка штраб, пробки и другие деревянные закладные части;
- в) наплывы и раковины вырубаются до здорового бетона;
- г) удаляются пятна мазута, нефти, битума, масла;
- д) поверхность бетона очищается от сора и пыли, после чего промывается струей воды под напором и продувается сжатым воздухом.

Удаление цементной плёнки с горизонтальной поверхности бетона должна проводиться без использования пневматических ударных инструментов следующими способами:

- а) в возрасте бетона 6-12 часов - водяной или водовоздушной струей под давлением 0,4 - 0,5 Мпа;
- б) в возрасте бетона 8-20 часов – металлическими механическими щетками (в труднодоступных местах - ручными щетками);
- в) в возрасте бетона более 3 суток – с применением гидropескоструйного аппарата, работающего на кварцевом песке с крупностью зерен 0,5 - 5 мм.

На вертикальных и наклонных поверхностях строительных швов, в дальнейшем подлежащих омоноличиванию цементацией, следует после снятия опалубки удалять наплывы и сводить на нет имеющиеся уступы.

Обнаруженные раковины, а также зоны пористого бетона следует расчищать до здорового бетона и заделывать цементным раствором с затиркой поверхности. Указанные работы должны быть закончены за 3-ое суток до бетонирования смежного блока.

Укладка бетона в гидротехнические сооружения производится блоками ограниченных размеров. Для распределения и уплотнения бетонной смеси в блоке применяется послойная схема.

Послойная схема предусматривает укладку бетонной смеси последовательными слоями небольшой толщины (0,2 - 0,5 м) по всей площади блока. Малая толщина уплотняемого слоя позволяет использовать глубинные вибраторы всех видов.

Укладываемая жесткая бетонная смесь в начальной стадии представляет собою довольно плохое растекаемое вещество, оно содержит полости, не заполненные бетоном. В районе опалубки много может быть таких полостей, так как там, обычно, расположена арматура, КИА, шпонки, штрабы и т.п. Поэтому, близко к опалубке бетонную смесь нельзя подавать – не ближе 10 см. Поэтому, бетонную смесь необходимо растаскивать по площади блока и уплотнять.

Уплотнение бетонной смеси производится вибрированием. При вибрировании бетонная смесь снова приобретает текучесть, уменьшается в объеме за счет выхода воздуха и заполнения пустот, соответственно, становится прочнее и плотнее.

Для уплотнения бетонной смеси используются глубинные вибраторы ИВ-75 (рисунок 5.15). Эти вибраторы применяются для уплотнения бетонной смеси при изготовлении железобетонных изделий с шагом между стержнями арматуры 35-50 мм.



Рисунок 5.15 – Глубинный вибратор ИВ-75

Окончив уплотнение на одной позиции, вибратор переставляют на следующую. Расстояние между последовательными позициями вибратора не должна превышать полуторного радиуса его действия. Радиус действия зависит от типа вибратора и подвижности или жесткости бетонной смеси и колеблется от 25 до 75 см. Вынимать глубинный вибратор из бетонной смеси при перестановке нужно медленно, не выключая электродвигателя, чтобы пустоты под наконечником успели заполниться бетонной смесью. Особенно тщательно следует прорабатывать бетонную смесь в местах с густой арматурой, у стенок и в углах опалубки. Работающий вибратор не должен касаться стержней арматуры, так как вибрация может нарушить сцепление арматуры с бетоном.

При производстве бетонных работ при возведении проектируемой ГЭС обязателен комплекс мер (СП [22]) по уходу за уложенным бетоном, обеспечивающий:

- создание и поддержание температурно-влажностного режима, необходимого для приобретения бетоном требуемых проектом прочности и долговечности в установленные сроки, а также предотвращающего значительные температурно-усадочные деформации и образование опасных трещин;

- предохранение бетона в начальный период его твердения от ударов, сотрясений и повреждений в ходе строительного-монтажных работ.

Влажностный уход за свежесуложенным бетоном в летнее время заключается в поддержании открытых поверхностей в постоянно влажном состоянии путем распыления над ними воды, создания на них тонкой водяной пленки, заливки их водой или укрытия песком (или иным влагоемким материалом), систематически увлажняемым в процессе твердения бетона.

При бетонировании в жаркую и сухую погоду открытая поверхность свежесуложенной бетонной смеси сразу же после ее укладки и уплотнения должна укрываться паронепроницаемой (полиэтиленовой) светлой пленкой толщиной $0,16 \pm 0,20$ мм и находиться под нею в течение 6-8 ч, после чего может быть начат систематический влажностный уход за бетоном посредством полива водой и др.

В жаркую и сухую погоду, на период ухода за бетоном, не снятая деревянная опалубка должна быть постоянно во влажном состоянии.

В осеннее и весеннее время года в период строительства, когда среднесуточная температура наружного воздуха составляет около 5°C и возможны заморозки, влажностный уход за бетоном производится с помощью укрытия паро- или гидроизоляционными материалами (полиэтиленовая пленка, ПВХ, толь и т.п.);

Для предохранения свежесуложенного бетона от повреждений необходимо соблюдать следующие условия:

- работы на поверхности уложенного блока по уходу и по удалению цементной пленки до набора бетоном прочности при сжатии 1,5 МПа должны выполняться с применением дощатых настилов;
- механизированное удаление цементной пленки следует начинать только после набора бетоном прочности при сжатии не менее 1,5 МПа;
- установку и перестановку опалубки производить, как правило, после достижения бетоном прочности при сжатии 2,5 МПа;
- перемещение по поверхности свежееуложенного бетона транспортных средств (бетоновозов и т.п.) и механического оборудования допускается только после набора бетоном прочности при сжатии не менее 2,5 МПа;
- при производстве вблизи забетонированных конструкций взрывных работ паспорт буровзрывных работ должен быть согласован с генеральным проектировщиком;
- Закрепление конструкции опалубки в свежееуложенном бетоне с применением тяжей и анкеров должно производиться при прочности бетона при сжатии не менее 2,5 МПа.

В случае обнаружения дефектов бетона (раковин, каверн, трещин) причины их появления (неправильно подобранный состав бетонной смеси, нарушения правил ее приготовления, недостаточное уплотнение бетонной смеси, неправильный уход за бетоном и т.д.) должны выясняться и устраняться.

Поверхностные раковины в уложенных блоках должны обязательно расчищаться до здорового бетона. Расчищенные раковины на лицевых поверхностях блока должны быть заполнены бетонной смесью той же марки (класса), что и в конструкции, но с заполнителем крупностью до 20 мм или заделаны методом торкретирования или набрызг-бетона в соответствии с ППР.

5.7 IV этап – возведение сооружений в котловане второй очереди, наращивание сооружений по всему фронту на всю высоту для наполнения водохранилища и поочередного пуска всех агрегатов

Работы IV этапа включают в себя:

- возведение верховой и низовой перемычек II очереди строительного канала (котлован II очереди);
- пропуск строительных расходов осуществляется через донные отверстия;
- водоотлив и водопонижение в котловане II очереди;
- буровзрывные и земляные работы в котловане II очереди и врезка в берега
- возведение правобережной глухой бетонной плотины;
- наращивание всех основных сооружений по всему напорному фронту;
- возведение здания ГЭС с двумя агрегатами;
- устройство цементационной завесы;
- устройство дренажной завесы.

Конструкции перемычек II очереди, технологию возведения, механизмы и транспорт принимаются аналогичными, как и для перемычек I очереди. Все работы: водоотлив и водопонижение, буровзрывные и земельно – скальные работы, а так же бетонные, арматурные и опалубочные работы по котловану II очереди выполняются аналогично, как и в котловане I очереди с применением тех же технологий, механизмов и транспорта.

5.7.1 Гидравлический расчет пропуска строительных расходов II очереди через донные отверстия

1. Определение минимально допустимого количества донных отверстий из условия неразмываемости русла реки:

$$n_{\min} = \frac{Q_{10\%}}{V_{\text{допуст}} \cdot h_p \cdot (l \cdot 2)} = \frac{41,5}{22 \cdot 2,6 \cdot (2 \cdot 2)} = 0,18 = 1 \text{ отверстие}, \quad (5.57)$$

где $Q_{10\%}$ - максимальный строительных расход, м³/с;

$V_{\text{допуст}}$ - допустимая неразмываемая скорость для грунтов основания (скала);

h_p - глубина реки, м;

$(l \cdot 2)$ - ширина двух отверстий.

2. Определение расчетной отметки порога донного отверстия:

$$H_{\Pi} = \left(\frac{Q_n}{m \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \right)^{2/3} = \left(\frac{10}{0,35 \cdot 4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \right)^{2/3} = 1,37 \text{ м}, \quad (5.58)$$

где $Q_n = 10 \text{ м}^3/\text{с}$ - расход перекрытия (октябрь 1977), определенный из гидрологического ряда (Приложение А, таблица А.1), м³/с ($УВQ_{\Pi} = 1161,30 \text{ м}$);

m - коэффициент расхода водослива, $m = 0,35$;

g - ускорение свободного падения;

b - ширина водосливных отверстий, равная

$$b = n \cdot l = 2 \cdot 2 = 4 \text{ м}, \quad (5.59)$$

где n - количество донных отверстий;

$l = 2 \text{ м}$ - ширина одного отверстия, м.

$$\nabla УВБ_{\Pi} = \nabla УНБ_{Q_n} + z_{\max} = 1161,30 + 1 = 1162,30 \text{ м}, \quad (5.60)$$

$$\nabla\Pi\text{ДО} = \nabla\text{УВБ}_n - H_n = 1162,30 - 1,37 = 1160,93 \text{ м}, \quad (5.61)$$

$$\nabla\Pi\text{ДО} = 1160,93 \text{ м} > \nabla\text{ДНА} = 1160,00 \text{ м}. \quad (5.62)$$

Принимается $\nabla\Pi\text{ДО} = 1160,93 \text{ м}$.

Принимается высота ДО = 2,0 м:

$$\nabla\text{ВерхДО} = \nabla\Pi\text{ДО} + 2,0 \text{ м} = 1160,93 + 2,0 = 1162,93 \text{ м}. \quad (5.63)$$

Далее отметка верха ДО сравнивается с уровнем НБ при максимальном строительном расходе и делается вывод о типе отверстий (затопленные или незатопленные):

$$\nabla\text{Верх ДО} = 1162,93 \text{ м} > \nabla\text{УНБ}_{Q_{10\%}} = 1162,60 \text{ м}. \quad (5.64)$$

По условиям проверки можно сделать вывод, что донные отверстия незатопленные.

3. Определение параметров для незатопленных отверстий:

$$H_{\text{ДО}} = \frac{Q_p^2}{\mu^2 \cdot \omega_{\text{ДО}}^2 \cdot 2 \cdot g} = \frac{41,5^2}{0,738^2 \cdot 8^2 \cdot 2 \cdot 9,81} = 2,52 \text{ м}, \quad (5.65)$$

где $Q_p = Q_{10\%}$ - для IV класса перемычек, м³/с;

$\omega_{\text{ДО}}$ - площадь донных отверстий, равная:

$$\omega_{\text{ДО}} = n \cdot \omega = 2 \cdot (2 \cdot 2) = 8 \text{ м}^2; \quad (5.66)$$

μ - коэффициент, равный:

$$\mu = \frac{1}{\left(1 + \xi_{\text{вх}} + \frac{2 \cdot g \cdot L}{C^2 \cdot R}\right)} = \frac{1}{\left(1 + 0,3 + \frac{2 \cdot 9,81 \cdot 9}{80,88^2 \cdot 0,5}\right)} = 0,738, \quad (5.67)$$

где $\xi_{\text{вх}}$ - потери напора на входе, $\xi_{\text{вх}} = 0,3$;

L - длина донного отверстия, определенная по генплану, $L = 9 \text{ м}$;

C - коэффициент Шези, определяемый в зависимости от гидравлического радиуса и коэффициента шероховатости $n = 0,012$;

R - гидравлический радиус, равный:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{b \cdot h}{2 \cdot b + 2 \cdot h} = \frac{2 \cdot 2}{2 \cdot 2 + 2 \cdot 2} = 0,5 \text{ м.} \quad (5.68)$$

Тогда

$$\nabla_{\text{УВБ}} = \nabla_{\text{ПДО}} + H_{\text{ДО}} + \frac{1}{2} \cdot h_{\text{ДО}} = 1160,93 + 2,52 + \frac{1}{2} \cdot 2 = 1164,45 \text{ м.} \quad (5.69)$$

4. Определение отметок гребня перемычек II очереди:

$$\nabla_{\text{ГВП}}_{\text{II оч.}} = \nabla_{\text{УВБ}} + d = 1164,45 + 1,50 = 1165,95 \text{ м,} \quad (5.70)$$

$$\nabla_{\text{ГНП}}_{\text{II оч.}} = \nabla_{\text{УНБ}}_{\text{Qн}} + a = 1161,30 + 0,50 = 1161,80 \text{ м,} \quad (5.71)$$

где a - запас по гребню, м.

5.8 Объем работ

Объемы земляных и бетонных работ приведены в таблице 5.2 и 5.3.

Таблица 5.2 – Объемы земляных работ на каждом этапе строительства

| № этапа | Земляные работы | Объем, м ³ | Время, часы/месяцы | Сменность и кол-во механизмов |
|-----------------|--|-----------------------|--------------------|-------------------------------|
| Выемка грунта | | | | |
| I | Строительный канал (скального грунта) | 3021 | 88/0,5 | 1 механизм в 1 смену |
| I | Здание ГЭС с двумя агрегатами | 6750 | 196/1,2 | 1 механизм в 1 смену |
| III | Котлован I очереди (скального грунта) | 8532 | 248/1,5 | 1 механизм в 1 смену |
| IV | Котлован II очереди (скального грунта) | 6998 | 203/1,2 | 1 механизм в 1 смену |
| Насыпные работы | | | | |
| I | Перемычки I очереди строительного канала | 1681 | 24/0,2 | |
| II | - Отсыпка фильтров и тела перемычек до отметок перекрытия; | | | |

Окончание таблицы 5.2

| № этапа | Земляные работы | Объем, м ³ | Время, часы/месяцы | Сменность и кол-во механизмов |
|-----------------|---|-----------------------|--------------------|-------------------------------|
| Насыпные работы | | | | |
| II | - Нарращивание перемычки по высоте до отметок, необходимых для пропуска расчетного строительного расхода $Q_{10\%}$ | | | |
| III | Перемычки русловые (верховая и низовая) котлована I очереди | 8012 | 112/0,7 | |
| IV | Перемычки котлована II очереди | 3932 | 55/0,3 | |

Таблица 5.3 – Объемы бетонных работ на каждом этапе строительства

| № этапа | Отметка этапа, м | Бетонные работы | Объем, м ³ | Время, часы/месяцы | Сменность и кол-во механизмов |
|---------|------------------|--|-----------------------|--------------------|-------------------------------|
| III | ▽1168,00 | Левобережная глухая и водосливная плотина | 5551 | 2831/17 | 1 механизм в 1 смену |
| III | ▽1178,40 | Береговой водоприемник | 1248 | 637/4 | 1 механизм в 1 смену |
| IV | ▽1178,40 | Правобережная глухая плотина и по всему фронту работ | 9844 | 5020/30 | 1 механизм в 1 смену |
| IV | ▽1100,00 | Здание ГЭС с двумя агрегатами | 1012 | 516/3 | 1 механизм в 1 смену |
| Итого: | | | 17655 | 9004/54 | |

Исходя из построенного календарного графика можно делать следующие выводы:

- проектируемая ГЭС возводится в срок, равный 3-ём годам;
- подобранная техника удовлетворяет всем требованиям выполняемых работ;
- наибольший срок из бетонных работ занимают работы в котловане второй очереди (возведение правобережной глухой плотины и сооружений по всему фронту работ);
- подобранный бетонный завод обеспечивает необходимую поставку бетона при наибольшей интенсивности бетонных работ;
- часть земельно – скальных работ выполняется независимо от перекрытия русла реки и бетонных работ;
- срок установки всего оборудования составляет 5 месяцев;

- окончание наполнения водохранилища до отметки пуска ГА происходит за месяц до пуска всех ГА.
- два агрегата пускаются одновременно.

6 Технико - экономические показатели

6.1 Оценка объемов реализации электроэнергии

Проектирование ГЭС предполагает выполнение определенных этапов, начиная от подготовительного этапа и заканчивая началом производством мощности и электроэнергии. Объемы реализации электроэнергии приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Оценка объемов реализации электроэнергии в первые годы эксплуатации

| Наименование показателя | Единица изм. | Год реализации проекта | | | | |
|--|--------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
| Установленная мощность | МВт | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| Число часов использования установленной мощности | Часы | 6500 | 6500 | 6500 | 6500 | 6500 |
| Выработка электроэнергии | МВт·ч | 149500 | 149500 | 149500 | 149500 | 149500 |
| Расход электроэнергии на собственные нужды | % | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Расход электроэнергии на собственные нужды | МВт·ч | 2242,5 | 2242,5 | 2242,5 | 2242,5 | 2242,5 |
| Объем реализации электроэнергии | МВт·ч | 147257 | 147257 | 147257 | 147257 | 147257 |
| Тариф на электроэнергию | руб./ МВт·ч | 1483 | 1525 | 1565 | 1604 | 1642 |
| Выручка от реализации электроэнергии | млн. руб. | 218,3 | 224,5 | 230,4 | 236,2 | 241,7 |
| НДС к выручке | млн. руб. | 36,4 | 37,4 | 38,4 | 39,3 | 40,2 |

По данным таблицы видно, что с каждым годом реализации проекта возрастает тариф на электроэнергию [23], и, следовательно, выручка с соответствующими налогами. Энергетические показатели предприятия неизменны.

6.2 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 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 6.2.

Таблица 6.2 – Эксплуатационные расходы гидроузла

| Наименование | Ставка, тыс. руб./МВт | Сумма, млн. руб. |
|-------------------------|-----------------------|------------------|
| Расходы на оплату труда | 777,3 | 17,90 |
| Прочие | 493,6 | 11,37 |
| Итого по ГЭС | | 29,28 |

Отчисления на ремонт основных производственных фондов определяются исходя из величины их стоимости. Удельные значения расходов на ремонт представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 - Удельные значения расходов на ремонт

| Установленная мощность (МВт) | Этапы жизненного цикла проекта (лет) | | | |
|------------------------------|--------------------------------------|------------|-------------|----------|
| | от 1 до 5 | от 6 до 15 | от 16 до 25 | Свыше 25 |
| До 25 МВт | 0,200% | 0,300% | 0,400% | 0,500% |

Рассчитываются услуги регулирующих организаций исходя из ставок в соответствии с единым сценарным условиям РусГидро. Результаты представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 - Расходы на услуги регулирующих организаций

| Наименование | Ставка | Сумма, млн. руб. |
|---|--------------------------|------------------|
| ОАО «СО – ЕЭС» | 135,38 тыс. руб./МВт | 3,11 |
| НП АТС (администратор торговой системы) | 0,001097 тыс. руб./МВт·ч | 0,21 |
| ЦФР (центр финансовых расчетов) | 0,000318 тыс. руб./МВт·ч | 0,063 |
| Итого | | 3,40 |

Налог на воду в расчете на 1 тыс. кВт·ч в соответствии с Налоговым кодексом РФ [24] для реки составляет 10 руб.

Текущие затраты по гидроузлу в первые годы эксплуатации приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 - Текущие затраты по гидроузлу в первые годы эксплуатации

| Наименование | Год реализации проекта | | | | |
|--|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 |
| Амортизационные отчисления, млн. руб. | 15,6 | 15,3 | 15,3 | 15,3 | 15,3 |
| Расходы на страхование, млн. руб. | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 |
| Эксплуатационные затраты, млн. руб. | 29,2 | 29,2 | 29,2 | 29,2 | 29,2 |
| Расходы на ремонт производственных фондов, млн. руб. | 0,6 | 0,6 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| Расходы на услуги регулирующих компаний, млн. руб. | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,4 |
| Налог на воду, млн. руб. | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| Итого, млн. руб. | 52,65 | 52,35 | 52,35 | 52,35 | 52,35 |

В первые год эксплуатации гидроузла амортизационные отчисления достигают своего максимума, а начиная с 2024 приобретают постоянные значения. Расходы на страхование, эксплуатационные затраты, расходы на ремонт производственных фондов, а также расходы на услуги регулирующих компаний и налог на воду приобретают неизменные значения.

Для большей наглядности текущие затраты по гидроузлу представлены в виде диаграммы (рисунок 6.1).

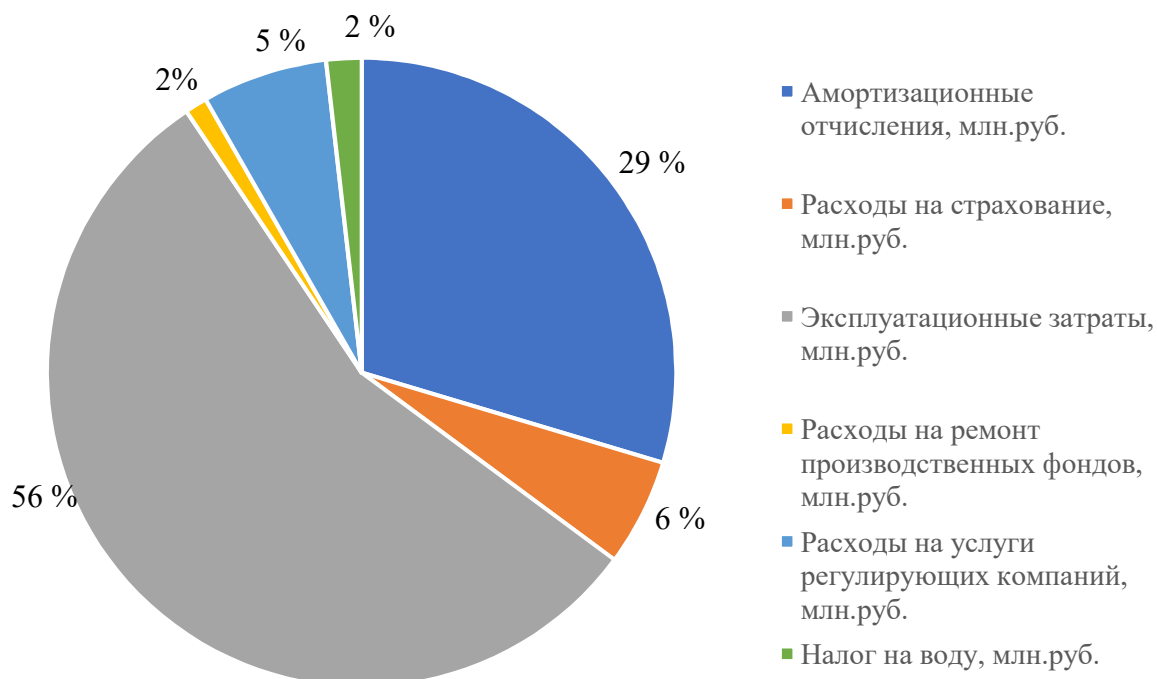


Рисунок 6.1 – Структура текущих затрат по гидроузлу

По данному графику текущих затрат можно сделать вывод, что большую часть затрат занимают эксплуатационные, на втором месте идут амортизационные отчисления, а самую малую часть составляют налог на воду и расходы на ремонт производственных фондов.

6.3 Налоговые расходы

Налоговые расходы (таблица 6.6) 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 внебюджетные фонды - 34%;
- Налог на имущество - 2,2%;
- Взносы на страхование от несчастных случаев - 0,20%;
- Налог на воду на 1 тыс. кВт·ч - 10 руб.

Таблица 6.6 - Налоговые расходы

| Наименование | Год реализации проекта | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|------|------|------|------|
| | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 |
| Налог на прибыль, млн. руб. | 52,5 | 53,6 | 54,2 | 54,8 | 55,4 |
| НДС, млн. руб. | 56,9 | 58,0 | 58,6 | 59,1 | 59,6 |
| Взносы в социальные фонды, млн. руб. | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |

Окончание таблицы 6.6

| Наименование | Год реализации проекта | | | | |
|-------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 |
| Налог на имущество, млн. руб. | 4,3 | 4,0 | 3,6 | 3,3 | 2,9 |
| Итого, млн. руб. | 114,3 | 116,2 | 117,0 | 117,8 | 118,5 |

С каждым годом реализации проекта возрастает налог на прибыль и НДС в зависимости от текущих доходов.

6.4 Общая сумма от реализации электроэнергии и мощности

Прибыль является конечным финансовым результатом от продажи электроэнергии генерирующей компании, и в общем виде представляет разницу между ценой продукции и её себестоимостью.

Годовая прибыль первых лет эксплуатации представлена в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Годовая прибыль в первые годы эксплуатации

| Наименование | Год реализации проекта | | | | |
|---|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 |
| Выручка (нетто), млн. руб. | 265,7 | 272,5 | 279,1 | 285,4 | 290,5 |
| Текущие расходы, млн. руб. | 51,9 | 51,9 | 51,9 | 51,9 | 51,9 |
| ЕВИТДА (Валовая прибыль), млн. руб. | 265,6 | 272,4 | 279,0 | 285,3 | 290,4 |
| ЕВИТ (прибыль от налогообложения), млн. руб. | 242,3 | 249,4 | 256,4 | 263,0 | 268,5 |
| Скорректированный налог на прибыль, млн. руб. | 48,4 | 49,8 | 51,2 | 52,6 | 53,7 |
| НОРАТ (чистая прибыль), млн. руб. | 193,9 | 199,6 | 205,1 | 210,4 | 214,8 |
| Ставка налога на прибыль, % | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 |

С каждым годом реализации проекта увеличивается выручка и прибыль, а также, соответствующим им, налог на прибыль.

На рисунке 6.2 представлен график изменения суммы прибыли/убытков по проекту. А на рисунке 6.3 – более подробное и укрупненное описание этапов строительства и связанных с ними затратами.

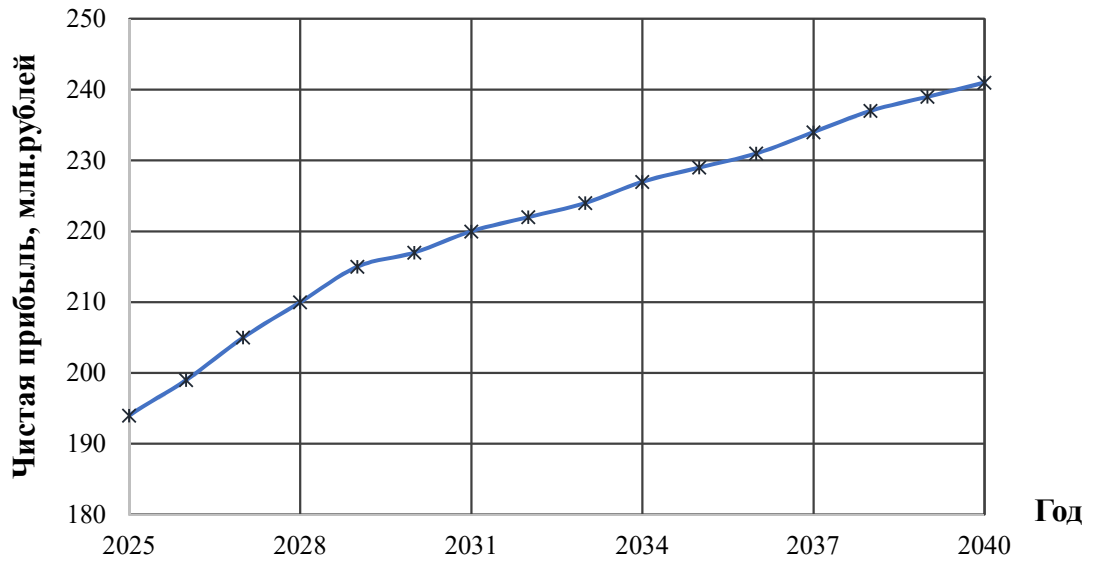


Рисунок 6.2 - Изменение суммы прибыли/убытков по проекту

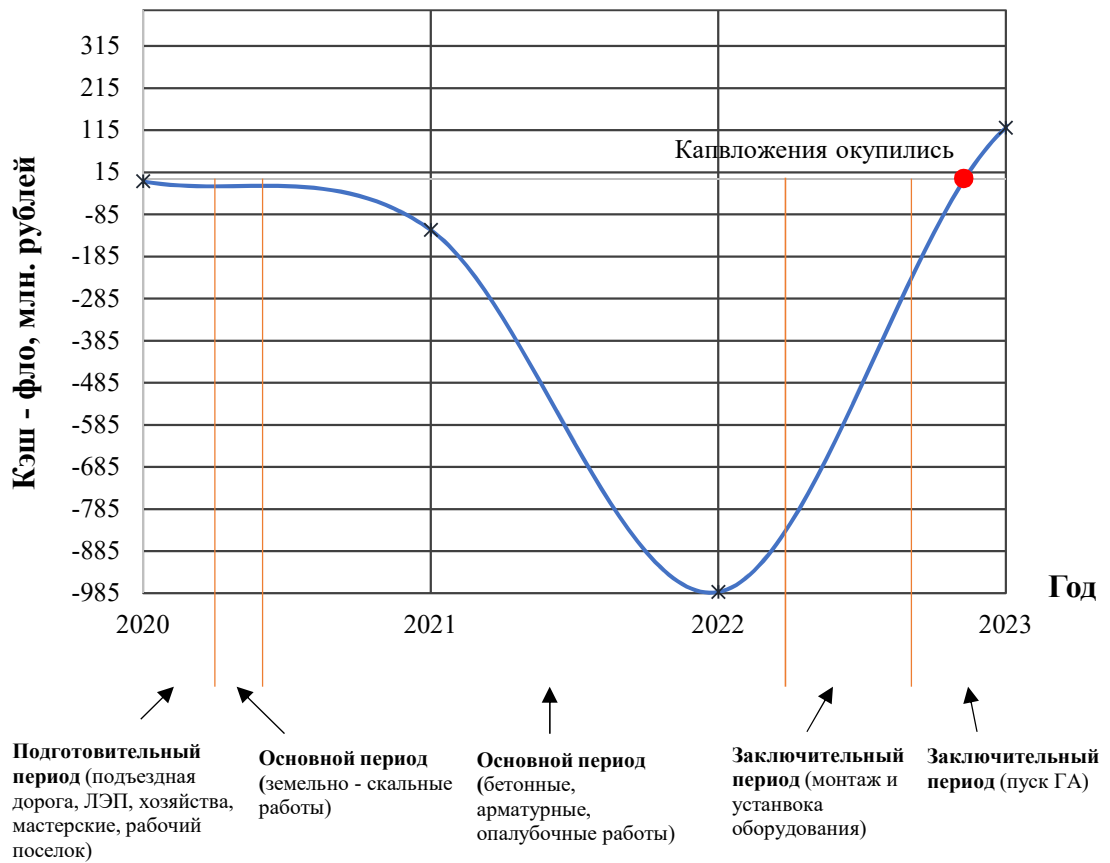


Рисунок 6.3 - Этапы строительства, и связанные с ними затраты

В период строительства ГЭС (2020-2022 гг.) наблюдается отрицательная тенденция кэш - фло. Это обосновывается тем, что в период строительства идут капитальные вложения в строительство объекта, и все связанные с этим затраты. До момента пуска ГА и выработки электроэнергии положительной тенденции не наблюдается. Но при этом сумма капвложений под конец строительства уменьшается, в связи с проведением до этого большого объема работ. С момента пуска ГЭС в работу происходит выработка мощности и электроэнергии, а, значит, получение доходов, прибыли. А это приводит к началу окупаемости объекта.

6.5 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.»)

6.5.1 Методология. Исходные данные

Целью оценки является определение показателей эффективности проекта, к таким показателям относятся:

1. Чистый, дисконтированный доход;
2. Индекс прибыльности;
3. Срок окупаемости;
4. 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 предТЭО и ТЭО», Москва, 2008 г., утвержденными РАО «ЕЭС России» от 31.03.2008г № 155 и Главгосэкспертизой России от 26.05.99г. №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 Гизельдонской 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.

6.5.2 Коммерческая эффективность

Цель проведения расчёта коммерческой эффективности проекта является расчёт показателей, которые представлены в таблице 6.8.

Таблица 6.8 - Показатели эффективности реализации проекта «Гизельдонская ГЭС на реке Гизельдон»

| Наименование | Значение |
|---|----------|
| Ставка дисконтирования | 11,60 |
| Дисконтированный период окупаемости - DPB, мес. | 188 |
| Чистый приведенный доход – NPV, млн. руб. | 158,3 |
| Индекс прибыльности – PI | 1,11 |
| Внутренняя норма рентабельности - IRR, % | 13,28 |
| Себестоимость электроэнергии, руб./кВт·ч | 0,31 |
| Удельные капиталовложения, руб. кВт | 78250,00 |

6.5.3 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 6.9.

Таблица 6.9 - Предполагаемые налоговые поступления в федеральный и региональные бюджеты

| Наименование | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| В федеральный бюджет, млн. рублей | 110,2 | 112,4 | 113,7 | 114,8 | 115,9 |
| В региональный бюджет, млн. рублей | 4,3 | 4,0 | 3,6 | 3,3 | 2,9 |
| Итого налоговых поступлений, млн. рублей | 114,5 | 116,5 | 117,3 | 118,1 | 118,8 |

С каждым годом эксплуатации объекта происходит увеличение налоговых поступлений в федеральный бюджет и уменьшение поступлений в региональный бюджет.

6.6 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 прогнозного тарифа к изменениям:

- а) Ставки налогов (рисунок 6.4);
- б) Цена сбыта (рисунок 6.5);
- в) Ставка дисконтирования (рисунок 6.6).

Пределы изменения рассматриваемых факторов определялись экспертно.

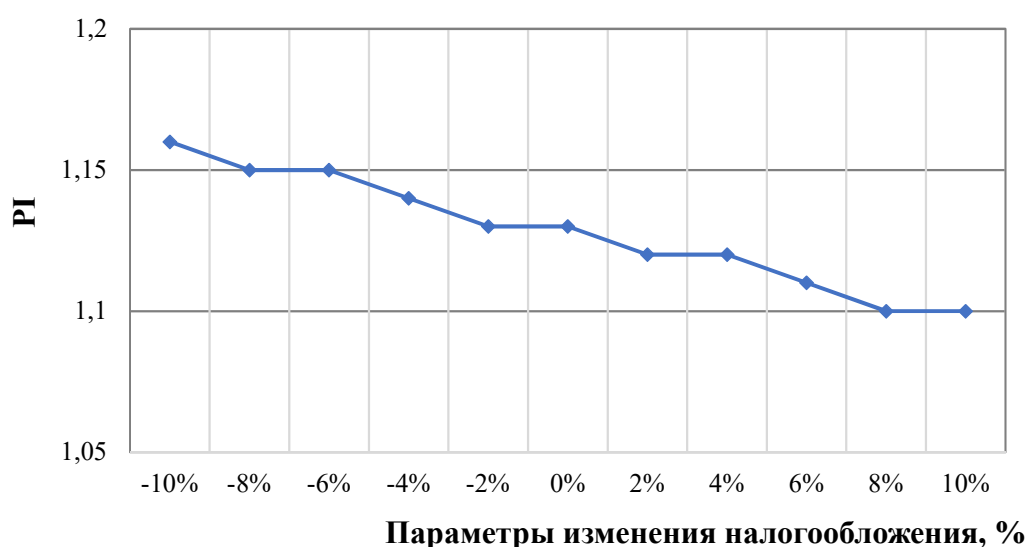


Рисунок 6.4 - Изменение PI в зависимости от изменения ставки налогов

При изменении ставки налогов в большую сторону наблюдается уменьшение индекса прибыльности PI. Это связано с тем, что сумма налогов (в зависимости от процентной ставки) будет занимать все большую и большую часть в отчислениях, что приводит к уменьшению прибыли и PI. Если налоговая ставка меньше, то уменьшаются налоговые отчисления, а это приводит к увеличению суммы прибыли, т.е. в этом случае большая часть средств остается на предприятии на какие – либо нужды. И, наоборот, в случае увеличения налоговой ставке, все меньше и меньше денежных средств остается в свободном распоряжении предприятия.

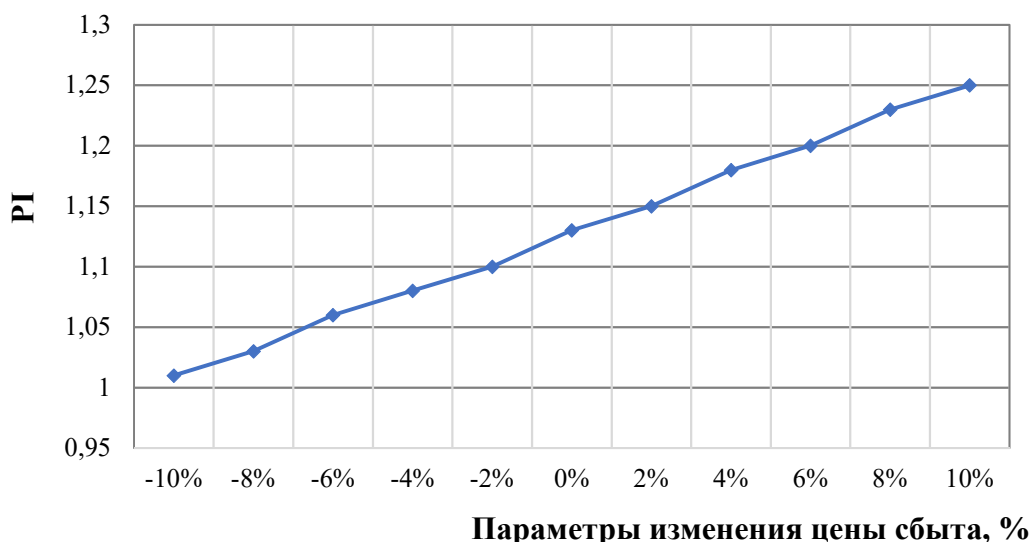


Рисунок 6.5 - Изменение PI в зависимости от изменения цены сбыта

Изменение цены сбыта в большую (меньшую) сторону приводит к увеличению (уменьшению) прибыли и, соответственно, индекса прибыльности PI. Если цена сбыта идет на увеличение, и при этом налоговая ставка не меняется, то можно ожидать большую доходность предприятия и увеличение свободных денежных средств на собственные нужды. При уменьшении цены сбыта предприятие будет работать в «минус» и ожидать убытки или нехватку денежных средств.

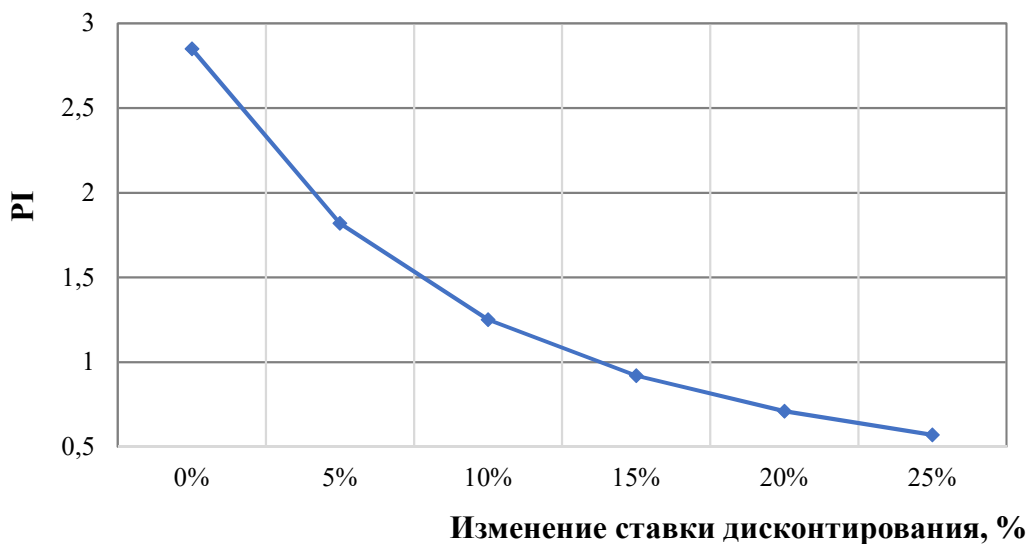


Рисунок 6.6 - Изменение PI в зависимости от изменения ставки дисконтирования

Увеличение ставки дисконтирования ведет к уменьшению индекса прибыльности. Это связано с тем, что ставка дисконтирования и NPV связаны между собою отношением:

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+i)^t} = -IC + \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+i)^t}, \quad (6.1)$$

где i - ставка дисконтирования;

IC - начальная инвестиция;

t - время;

CF - поток платежей.

Из формулы (6.1) видно, что чем больше ставка дисконтирования, тем больше знаменатель дроби. Следовательно, меньше текущая стоимость доходов и индекс прибыльности PI.

7 Архитектурно - строительные решения

7.1 Архитектурные решения

Проект здания ГЭС выполнен в соответствии с требованиями действующих строительных норм и ГОСТов.

По проекту запроектировано здание машинного зала Гизельдонской ГЭС и административно-производственного корпуса ГЭС.

Здание ГЭС размерами: 48,70 м x 18,00 м (по разбивочным осям).

В помещении расположены: машинный зал (540 м²), ЦПУ (29,37 м²), монтажная площадка (82,00 м²), мастерская гидроцефа (324,00 м²), мастерская электроцефа (39,68 м²), мастерская машинного цеха и лаборатория (108,03 м²), уборная (2,35 м²), гардероб (10,74 м²), душевая (16,08 м²), административные помещения (41,17 м²).

Расчет площади административно-производственных и бытовых помещений производится согласно СТО РусГидро 01.01.78-2012 «Гидроэлектростанции. Нормы технологического проектирования» и СП 44.13330.2011 «Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87» (с Поправкой, с Изменениями N 1, 2)».

В помещении предусмотрено несколько наружных входов.

Все основные помещения имеют естественное освещение. Уровни естественного и искусственного освещения соответствуют требованиям к искусственному, совмещенному и естественному освещению зданий и сооружений.

Проектом приняты для заполнения оконных проемов стеклопакеты из ПВХ профиля марки ОСП 4М1-12-4М1-12-Н4 с поворотной откидной функцией проветривания.

Проектные решения по защите административных помещений от шума разработаны в соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2203 (с Изменениями N 1)».

Защита от внешних шумов осуществляется конструктивно-планировочными решениями здания:

- в здании предусмотрено заполнение оконных проемов стеклопакетами ПВХ с тройным остеклением: двухкамерный стеклопакет с межстекольными расстояниями по 12 мм с изоляцией воздушного шума транспортного потока не менее 26 дБА, что должно являться достаточным для достижения звукового комфорта в помещениях здания.

Конструктивное решение здания решено в соответствии с требованиями действующих строительных норм и ГОСТов.

Фундаменты запроектированы по ГОСТ 13579-78 «Блоки бетонные для стен подвалов». Фундаменты под колонны отдельно стоящие, бетон М 200, армированные сеткой - арматура Ø16 А-III с шагом 150. По периметру здания ленточные фундаменты - фундаментная балка ФБб.

Стены - сэндвич панели по ГОСТ 31251-2008 «Стены наружные с внешней стороны». Колонны - металлические по ГОСТ 18979 - 2014 «Колонны железобетонные для многоэтажных зданий. Технические условия».

Перекрытие - железобетонные плиты по металлическому ригелю.

Для отделки помещений используются материалы в соответствии с их функциональным назначением, имеющие сертификат соответствия пожарным и гигиеническим нормам.

Внутренняя отделка выполняется трудностгораемыми материалами с пожарной опасностью не более чем Г2, В2, Д3, Т3.

Отделка помещений душевых, туалетов, гардеробов выполняется глазурованной керамической плиткой на всю высоту помещения.

Полы покрываются кафелем, а потолок - окраска вододispersионной краской.

Архитектура здания строится на системе вертикальных объемов. В наружной отделке приняты современные строительные материалы. Цветовая гамма представлена в теплых тонах.

В наружной отделке приняты фасадные сэндвич панели по ГОСТ 31251-2008 «Стены наружные с внешней стороны».

По периметру здания выполняется асфальтобетонная отмостка по щебеночному основанию шириной 1000 мм.

7.2 Благоустройство территории

Генплан благоустройства участка ГЭС решен в соответствии с нормами СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*» и СТО РусГидро 01.01.78-2012 «Гидроэлектростанции. Нормы технологического проектирования»

По проекту предусматривается открытая автостоянка, элементы благоустройства территории (малые архитектурные формы, газон, цветники).

Отмостка вокруг здания из асфальтобетона, шириной 1,00 м; покрытие проездов - асфальтобетон; пешеходные дорожки - асфальтобетонное покрытие и тротуарная плитка «Брусчатка», плитка проектируется с учетом возможного заезда пожарных машин.

Отвод атмосферных осадков осуществляется открытым способом по проездам с дальнейшим сбросом на рельеф.

По проекту предусматривается благоустройство и озеленение прилегающей к зданию территории в границах отвода: устройство цветников, установка металлических урн для мусора.

Ассортимент элементов озеленения подбирается с учетом местных климатических условий.

Для оформления газона запроектированы:

- для плотного зеленого газона: осока ржавопятнистая; по периметру газона высаживаются многолетние декоративные растения (Ирис гибридный (I-II); дикорастущий Марьин-корень (декоративные сорта «Элис», «Акрон»); папоротник декоративно лиственный - бронзоволистник.

На территории участка устанавливаются цветники двух видов, с посадкой однолетних цветов:

- Цветник №1 высадить декоративные растения: Фиалка гибридная (Анютины глазки одноцветные, сорта: «Кандидисеиама», «Блу», «Гелиос», «Бляуер Форботе»); Незабудка альпийская (сорта: «Виктория», «Индиго», «Бляуер Корб»); Алиссум (сорта: «Ройял Карпит», «Шнеедеке»); Эшшольция калифорнийская (сорта: «Микадо», «Розеа», «Кроцеа»).

- Цветник №2 высадить декоративные растения: Петуния гибридная; Фиалка гибридная (анютины глазки - двуцветные и пятнистые (сорта: «Аврора», «Лейхт Фойер», «Юнгфрау», «Марс»).

Элементы благоустройства территории приведены на рисунке 7.1 и 7.2.



Рисунок 7.1 - Элементы благоустройства (озеленения) территории здания ГЭС



Рисунок 7.2 - Элементы благоустройства территории здания ГЭС

8 Мероприятия по охране окружающей среды в зоне влияния Гизельдонской ГЭС. Противопожарная безопасность. Охрана труда

8.1 Общие сведения о районе строительства

Гизельдонский гидроузел расположен в республике Северная Осетия - Алания на реке Гизельдон в Даргавском ущелье, в 2 км выше по течению от с.Кобан.

Гизельдон берет свое начало в ледниках (Савитиси, Мидаграбин) Главного Кавказского хребта. Длина реки – 80 км. Рельеф района строительства - гористый, представляющий собой крупные возвышенности (горы, хребты, ущелья) и понижения (долины и котловины). Площадь водосборного бассейна составляет 604 км². Средняя скорость реки 2 м/с.

Питание ледниково-снеговое, половодье на реке наблюдается весной и летом. Вследствие подобного типа питания режим реки характеризуется продолжительным весенним и летним половодьем и малым стоком в остальное время года. Река в зимнее время не замерзает в связи с положительными температурами и бурным течением. После снежных зим в горах половодье сопровождается значительным подъемом уровня воды. Летне - осенняя межень прерывается дождевыми паводками.

Климат в районе строительства Гизельдонской ГЭС умеренно-континентальный, смягченный близостью гор. Зима мягкая, лето длительное, но не засушливое, и, в основном, дождливое. Средняя температура: января - -3,2 °С, июля - +20,4 °С. Летом возможность проникновения тропических циклонов, несущих сильные дождевые муссоны с грозами. Зимой осадки, в основном, с Каспийского моря. Количество осадков достигает до 900 мм.

Характерной особенностью реки является то, что она несет значительное количество взвешенных и донных частиц вследствие эрозии склонов, а поэтому вода для питья пригодна только после отстоя или специальной обработки. Основными загрязнителями водных ресурсов считаются промышленные жилищно-коммунальные объекты и сельское хозяйство. К тому же, практически все животноводческие комплексы и фермы, функционирующие в бассейне, не обвалованы, отсутствуют жижеборники, что способствует эвтрофикации вод и их загрязнению. Навоз и жижа смываются дождями и загрязняют водные объекты. Помимо поступления навоза в водоемы происходит также загрязнение почвы тяжелыми металлами - в основном медью и цинком, содержащихся в кормах для животных и в навозе. Особенно заметны загрязнения азотными и фосфорными соединениями, окисляющимися органическими соединениями, которые приводят к гибели рыбы и другому вредному воздействию на водные и околотоводные организмы.

Воды бассейна реки Гизельдон подвержены естественному влиянию выходов на поверхность минеральных источников; отрицательно влияют на воды реки базы отдыха предприятий и учреждений города Владикавказа.

Загрязняется река органическими и взвешенными веществами, смываемых дождями с сельхозугодий, стоками животноводческих ферм. Не исключается поступление загрязнений с действующих карьерных хозяйств и со свалки г. Владикавказа, расположенной в истоке р. Черная. К устью, воды реки приобретают класс «умеренно грязных вод». Превалируют: растворенный кислород, медь, цинк, азот аммония, нефтепродукты.

Растительность территории в районе строительства Гизельдонской ГЭС до 30% состоит из сосны, являющейся единственной хвойной породой. Кроме того, в лесах растет береза, ольха, дуб, клен, липа, ясень. Из диких фруктов и ягод в лесах растут яблоки, груши, кизил, алыча, в подлеске - крушина, боярышник, бузина, бересклет, шиповник, по берегам реки - ежевика. У верхней границы леса произрастают можжевельник, барбарис, сосна, высокогорная ива, рододендрон и азалия.

В районе площадки строительства Гизельдонского ГУ обитают:

- животные: улар, серна, лиса, барсук, заяц;
- птицы: жаворонок, дрозд, горная овсянка, стенолаз, орел, беркут, сокол.

К краснокнижным, редким и исчезающим животным относится беркут. Поэтому, начиная с первого года строительства, и на протяжении всего периода эксплуатации необходимо проводить мониторинг численности краснокнижных и редких видов для разработки мероприятий по минимизации воздействия объектов Гизельдонского ГУ на краснокнижные и редкие виды животных, а также определить мероприятия по компенсации ущерба этим видам от строительства гидроузла.

Водные биологические ресурсы реки Гизельдон на участке строительства Гизельдонской ГЭС представлены следующими видами: каспийский лосось, форель. В соответствии с Приказом Федерального агентства по рыболовству от 17.09.2009 № 818 «Об установлении категории водных объектов рыбохозяйственного значения и особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенных к объектам рыболовства» река Гизельдон на рассматриваемом участке относится к водному объекту I категории рыбохозяйственного значения, поэтому и в период строительства, и в период дальнейшей эксплуатации гидроузла сброс сточных вод в р. Гизельдон необходимо производить с содержанием загрязняющих веществ с концентрациями, не превышающими ПДК.

Воздействие Гизельдонской ГЭС на окружающую среду будет оказываться в период строительства и в период дальнейшей эксплуатации станции.

8.2 Мероприятия по обеспечению охраны окружающей среды в период строительства

При строительстве Гизельдонского ГУ выполняются следующие виды работ:

- Выемка грунта (18551 м³) и складирование его в полезную насыпь;
- Отсыпка перемычек (11944 м³);
- Подготовка площадки к строительству и ее обустройство;
- Расчистка и планировка территории;
- Возведение и последующий демонтаж временных зданий и сооружений;
- Строительство основных сооружений (17655 м³);

Воздействие на окружающую среду в период строительства:

- Создание водохранилища, трансформация ландшафтов, климатические изменения;
- Подготовка ложа водохранилища, в том числе свodka леса и санация территории;
- Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на этапе строительства;
- Образование и обращение с отходами;
- Опасности и риски для населения и персонала, связанные с состоянием гидротехнических сооружений и порядком строительства и эксплуатации ГЭС.

Создание водохранилища будет сопровождаться следующими процессами:

- Формирование новых процессов водного, ледового и термического режимов;
- Изменение процессов переноса и седиментации наносов;
- Формирование нового гидрохимического режима и изменение качества воды реки Гизельдон в нижнем бьефе Гизельдонского гидроузла;
- Формирование нового гидробиологического режима и изменения биологической продуктивности водоема в связи с тем, что речной тип экосистемы изменится на озерный.

В соответствии с требованиями СП от 01.07.1985 № 3907-85 «Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ» в рамках проведения работ по санитарной подготовке ложа водохранилища необходимо выполнить очистку ложа водохранилища от древесной и кустарниковой растительности.

Воздействие на окружающую среду в период строительства будет связано с работой автотранспорта, проведением различных видов строительных работ.

8.3 Мероприятия по подготовке ложа водохранилища

Основные требования к проектированию, строительству и эксплуатации водохранилищ регламентируются СП от 1.07.1985 № 3907-85 «Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ», в соответствии с которыми:

1. Разрабатываемые предпроектные материалы, проекты строительства и реконструкции водохранилищ подлежат обязательному согласованию с органами государственного санитарного надзора.

2. Мероприятия по подготовке ложа водохранилища и санитарные попуски составляются с учетом необходимых инженерных изысканий расчетов, вариантных проработок в ТЭО (ТЭР), в проектах строительства водохранилищ.

3. Работы по санитарной подготовке ложа водохранилища должны быть закончены не позднее, чем за один весенне-летний сезон до начала заполнения водохранилища.

Основные мероприятия по охране окружающей среды в данный период:

1. Организационные:

- Разработка и утверждение проектов нормативов предельно-допустимых выбросов в атмосферный воздух (ПДВ);

- Разработка и утверждение проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР);

- Разработка, согласование и утверждение нормативов допустимых сбросов (НДС) веществ и микроорганизмов в водные объекты;

- Получение разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

- Получение разрешений на сброс загрязняющих веществ в водные объекты;

- Оформление Решения о предоставлении водного объекта в пользование в целях сброса сточных или дренажных вод;

- Расчет и своевременное внесение платы за негативное воздействие на окружающую среду;

- Организация и проведение производственного экологического контроля.

2. Санитарно – технические:

- Раздельное накопление опасных отходов по видам отходов и классам опасности;

- Размещение отходов на специализированных и оборудованных в соответствии с требованиями законодательства полигонах;

- Передача на использование лома черных и цветных металлов, отходов кабельной продукции;

- Передача отработанных масел на обезвреживание специализированной организации;

- Учет образования, использования, передачи отходов с регистрацией в журналах;

- Организация контроля за соблюдением установленных нормативов ПДВ;

- Организация и осуществление контроля качества сточных, дренажных и природных поверхностных вод;

- Соблюдение режима хозяйствования в водоохранной зоне;

- Передача хозяйственно бытовых сточных вод специализированной организации на обезвреживание;
- Организация стоянок автотранспорта в специально- оборудованных местах, имеющих твердое покрытие.

8.4 Отходы, образующиеся при строительстве

В связи с тем, что в период строительства будет выполняться большой объем строительно - монтажных работ, при этом будет образовываться большое количество отходов, в том числе:

1. Лом бетонных изделий, отходы бетона в кусковой форме:
Код отходов по ФККО – 2014 8 22 201 01 21 5

$$M = \frac{N \cdot q}{100} \cdot \rho = \frac{17655 \cdot 1,8}{100} \cdot 2,5 = 794,48 \text{ т}, \quad (8.1)$$

где N - объем бетонных работ, м³;
 q - удельный норматив образования, $q = 1,8 \%$;
 ρ - плотность бетона, т/м³.

2. Лом и отходы, содержащие незагрязненные черные металлы в виде изделий, кусков:

Код отходов по ФККО – 2014 4 61 010 01 20 5

Удельный норматив образования отходов принимается в соответствии с Приложением к сборнику Типовых норм потерь материальных ресурсов в строительстве (дополнение к РДС 82-202-96) Москва, Госстрой России, 1988г., таблица 4, норма образования отходов арматуры составляет 1,0 %.

$$M = \frac{N \cdot q}{100} \cdot \rho = \frac{330,61 \cdot 1,0}{100} \cdot 2,0 = 6,61 \text{ т}, \quad (8.2)$$

где N - количество арматуры, т;
 q - удельный норматив образования, $q = 1,0 \%$;
 ρ - удельный вес арматуры, т/м³.

Таким образом, в результате строительства будет образовано 794,48 т лома бетонных изделий (отходы бетона в кусковой форме), 6,61 т отходов черных металлов в виде изделий, кусков. Отходы бетона должны быть вывезены на захоронение на специализированный полигон. Отходы черного металла должны быть переданы специализированной организации, имеющей лицензию на заготовку лома черных металлов в целях дальнейшей переплавки, так как черный металл является вторичным ресурсом.

8.5 Мероприятия по обеспечению охраны окружающей среды в период эксплуатации

В период эксплуатации Гизельдонского ГУ воздействие на окружающую среду будет оказываться:

- Сбросом сточных (дренажных, дождевых и талых) вод;
- Выбросами в атмосферу от: периодического опробования дизель-генераторов, сварочных и окрасочных работ, проводимых в период текущих и капитальных ремонтов;
- Образованием отходов при эксплуатации, техобслуживании и текущих капитальных ремонтах оборудования, производственных зданий и сооружений;
- На среду обитания населения близлежащих населенных пунктов, связанные с процессом строительства и эксплуатации ГЭС и состоянием гидротехнических сооружений.

В период эксплуатации ГЭС основными мероприятиями по охране окружающей среды являются:

- Регулирование водным режимом водотока;
- Очистка воды, сбрасываемой в водные объекты;
- Обеспечение условия непопадания масел и других загрязняющих веществ в водный объект;
- При проведении ремонтов должно обеспечиваться непопадание загрязняющих веществ в водные объекты.

В связи с тем, что на расстоянии 2 км от ГЭС находится населенный пункт с.Кобан, согласно СП от 2.2.1/2.1.11200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» требуется проведение исследований по необходимости установления санитарно-защитной зоны: исследования химических (выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от источников выбросов) и физических (шум, инфразвук, интенсивность электромагнитных полей) факторов.

Также, согласно СП от 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения питьевого назначения» требуется выполнение мероприятий по не ухудшению качества воды реки Гизельдон от сбросов Гизельдонской ГЭС ниже по течению реки.

8.6 Противопожарная безопасность

Требования к пожарной безопасности в Российской Федерации изложены в «Правила противопожарного режима в РФ», утвержденные Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 (с изменениями на 23.04.2020). В соответствии с действующим законодательством ответственность за противопожарное состояние ГЭС возлагается на руководителя станции или другое лицо, назначенное приказом.

ГЭС должны быть оборудованы установками пожарной сигнализации и системой оповещения и управления эвакуации людей.

Руководитель ГЭС обязан:

- организовать изучение и выполнение правил пожарной безопасности всеми работниками гидроэлектростанций;
- обеспечить разработку и выполнение мероприятий, направленных на повышение пожарной безопасности;
- установить противопожарный режим на территории, в производственных, административных и вспомогательных помещениях, соответствующий их пожарной опасности;
- установить порядок регулярной проверки состояния пожарной безопасности ГЭС;
- назначить ответственных лиц за пожарную безопасность по каждому производственному участку и помещению;
- о каждом пожаре сообщать в местные органы пожарной безопасности, назначать комиссию для установления причин пожара и разработки противопожарных мероприятий и т.д.

Ответственность за пожарную безопасность отдельных производственных и вспомогательных помещений (сооружений) и размещенных в них оборудования и устройств возлагается на руководителей структурных подразделений или на специально назначенных должностных лиц.

Руководители структурных подразделений ответственные за пожарную безопасность, обязаны:

- обеспечить на своих участках соблюдение установленного противопожарного режима и выполнение мероприятий, повышающих пожарную безопасность;
- обеспечить исправность технологического оборудования, немедленно принимать меры к устранению неисправностей, которые могут привести к пожару;
- организовать пожарно-техническую подготовку подчиненного персонала и требовать от него соблюдения противопожарного режима и выполнения установленных требований пожарной безопасности;
- обеспечить контроль за выполнением требований пожарной безопасности при проведении ремонтных работ персоналом подразделений и подрядными организациями;
- установить порядок и ответственность за содержание в исправном состоянии и постоянной готовности к действию имеющихся на участке средств обнаружения и тушения пожара.

В обязанности оперативного персонала входит: при возникновении пожара, аварии или других опасных факторов, угрожающих персоналу и нарушающих режим работы оборудования, принять меры к немедленному

вызову пожарных подразделений, известить руководство гидроэлектростанции, обесточить электрооборудование в зоне пожара, выдать письменный допуск для тушения пожара, организовать его тушение и эвакуацию персонала (при необходимости), а также восстановление нормального режима работы оборудования и т.д.

Каждый работающий на ГЭС обязан знать и соблюдать установленные требования пожарной безопасности на рабочем месте, в других помещениях и на территории, при возникновении пожара немедленно сообщить вышестоящему руководителю или оперативному персоналу о месте пожара, принять возможные меры к спасению людей, имущества и приступить к ликвидации пожара имеющимися средствами пожаротушения с соблюдением мер безопасности.

Все работники ГЭС должны проходить подготовку по пожарной безопасности. Подготовка работников включает в себя:

- вводный инструктаж по пожарной безопасности;
- регулярные инструктажи (первичный, периодические, внеплановые и целевые), в которые включают вопросы пожарной безопасности;
- специальная подготовка персонала;
- занятия по пожарно-техническому минимуму для соответствующих категорий персонала;
- проведение противопожарных тренировок;
- повышение знаний по противопожарной защите в учебных центрах;
- изучение и проверка знаний правил пожарной безопасности.

Персонал ГЭС несет ответственность за обеспечение пожарной безопасности. Лица, виновные в нарушении правил пожарной безопасности, несут дисциплинарную, административную или уголовную ответственность в соответствии с действующим законодательством.

Объектами водяного пожаротушения на ГЭС являются:

- гидрогенераторы;
- силовые трансформаторы;
- реакторы;
- кабельные сооружения;
- станционное маслохозяйство;
- подпультные помещения.

8.6.1 Первичные средства пожаротушения и правила их использования на Гизельдонской ГЭС

К первичным средствам пожаротушения Гизельдонской ГЭС относятся:

- огнетушители;
- внутренние пожарные краны;
- пожарные щиты;

- пожарный инвентарь (ящики с песком, бочки с водой, пожарные ведра, совковые ведра, совковые лопаты, асбестовые 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 определено лицо, ответственное 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 стволом 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 стволом, 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 Гизельдонской 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.

8.7 Охрана труда

Проектирование, строительство, реконструкция, ремонт и организация эксплуатации гидротехнических сооружений и гидромеханического оборудования ГЭС, территория и акватория размещения, а также основное и вспомогательное оборудование, средства механизации и автоматизации должны соответствовать следующим нормам:

- сводам правил;

- Нормам технологического проектирования гидроэлектрических и гидроаккумулирующих электростанций;
- Трудовому кодексу РФ;
- Санитарным правилам по организации технологических процессов и санитарно-гигиеническим требованиям к производственному оборудованию;
- Государственным стандартам безопасности труда;
- Правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации;
- Правилам пожарного режима в Российской Федерации.

Отступления от требований вышеперечисленных правил как при обслуживании действующего, так и вновь вводимого или реконструируемого оборудования не допускаются, за исключением введения новых нормативных актов по охране труда.

Основными задачами в области охраны труда и производственного контроля за соблюдением санитарных правил при эксплуатации оборудования и сооружений ГЭС является создание безопасных условий труда, обучение персонала безопасным приемам работ, приемам оказания первой помощи при несчастных случаях, выявление и устранение причин производственного травматизма, повышение культуры производства, разработка и осуществление организационно-технических и санитарно-гигиенических мероприятий по предупреждению и снижению производственного травматизма и заболеваемости.

На ГЭС организацию работы по охране труда и производственному контролю за соблюдением санитарных правил должен осуществлять руководитель организации, руководители подразделений и производственных участков. Названные лица, в соответствии со своими должностными инструкциями, обязаны обеспечить проведение организационных и технических мероприятий по созданию безопасных условий труда, инструктаж и обучение персонала безопасным методам работы и контроль выполнения требований охраны труда.

Приказом руководителя ГЭС должны быть назначены лица, ответственные за организацию работы по охране труда.

Надзор за соблюдением правил по охране труда и производственного контроля за соблюдением санитарных правил персоналом гидроэлектростанций осуществляют органы государственной власти, уполномоченные в соответствующих областях деятельности.

Расследование несчастных случаев на гидроэлектростанциях производится в соответствии с действующим положением о расследовании и учете несчастных случаев на производстве.

На ГЭС должен быть организован кабинет по охране труда, являющийся организационным и учебно-методическим центром по работе с персоналом.

При эксплуатации электроустановок ГЭС персонал и другие лица, занятые техническим обслуживанием электроустановок, проводящие в них оперативные переключения, организующие и выполняющие строительные, монтажные, наладочные, ремонтные работы, испытания и измерения, обязаны выполнять требования норм законодательства, введенных уполномоченными органами государственной власти, правил по охране труда (правил безопасности), стандартов организации (инструкций) ГЭС.

Каждый работник станции должен быть обучен безопасным методам труда при эксплуатации гидротехнических сооружений, в том числе по взрывобезопасности при выполнении технических работ, пройти проверку знаний и иметь документ о праве проведения этих работ.

Электроустановки гидроэлектростанций должны находиться в технически исправном состоянии, обеспечивающем безопасные условия труда, и быть укомплектованы испытанными, готовыми к использованию защитными средствами, а также средствами оказания первой медицинской помощи в соответствии с действующими правилами и нормами.

При выполнении работ по эксплуатационному обслуживанию, ремонту, наладке и испытаниям гидротурбинного оборудования, электрического оборудования, механического оборудования ГТС и ГЭС должны выполняться требования действующих общих правил безопасности для этой области деятельности, стандартов организации (инструкций) гидроэлектростанций.

В инструкции ГЭС должны быть включены требования к мерам безопасности, безопасной организации работ и охране труда при работах:

- по эксплуатации и техническому обслуживанию основного гидротурбинного оборудования и механической части гидрогенераторов, включая вспомогательное оборудование;
- по эксплуатации ГТС;
- по техническому обслуживанию напорных металлических и железобетонных трубопроводов;
- по обслуживанию механизмов затворов гидротехнических сооружений;
- по расчистке водных объектов и сооружений от сора;
- по пропуску паводковых и паводковых расходов воды через сооружения;
- по опорожнению и наполнению водохранилища и бьефа;
- по расчистке водохранилищ от наносов;
- на всех объектах ГЭС, выполняемых в зимний период;
- на объектах ГЭС, выполняемых под водой (водолазные работы);
- по обслуживанию иных объектов ГЭС.

На ГЭС должны быть разработаны и доведены до сведения всего персонала безопасные маршруты следования по территории к месту работы, оперативные планы пожаротушения и эвакуации людей на случай пожара или аварийной ситуации.

8.7.1 Действие персонала Гизельдонской ГЭС при наличии угроз совершения террористических актов

Информация о готовящихся террористических актах на Гизельдонскую ГЭС может поступить по телефону, электронным видам связи, письменно, на иных носителях, а также устно.

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 непосредственному начальнику или начальнику смены станции;

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 (минидиск) 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 (минидиск);

м) быть спокойным, вежливым во время разговора, не перебивать говорящего;

н) не класть по окончании разговора телефонную трубку на рычаги отбоя в телефоне.

При поступлении угрозы в письменной форме 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 Гизельдонской ГЭС 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 начинается и какими заканчивается текст, наличие подписи и т.п.), а также обстоятельства, связанные с их получением, обнаружением или распространением.

При поступлении устной информации о готовящемся террористическом акте, постараться запомнить внешность сообщившего и его особые приметы для информирования правоохранительных органов.

9 Системы спутникового позиционирования в натуральных наблюдениях за ГТС

9.1 Понятие, достоинство и сферы применения спутникового позиционирования

Позиционирование – определение с помощью спутниковых систем местонахождения наблюдателя или объекта в трехмерном земном пространстве.

Достоинства спутниковых систем позиционирования:

- глобальность;
- оперативность;
- всепогодность;
- оптимальная точность;
- эффективность.

Сферы применения спутникового позиционирования:

- развитие опорных геодезических сетей;
- кадастровые работы;
- землеустроительные работы;
- тематические исследования (исследования сейсмической активности, вулканизма, движений полюсов, земной поверхности и ледников);
- мониторинг природных и техногенных объектов;
- мониторинг сложных инженерных сооружений;
- навигация всех типов;
- диспетчерские службы.

9.2 GPS и ГЛОНАСС. Преимущества и недостатки

На сегодняшний день большое распространение получили две системы спутников: GPS и ГЛОНАСС.

GPS - спутниковая система навигации, обеспечивающая измерение расстояния, времени и определяющая местоположение во всемирной системе координат WGS 84. Позволяет почти при любой погоде определять местоположение в любом месте Земли (исключая приполярные области) и околоземного космического пространства.

Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) — российская спутниковая система навигации, одна из двух полностью функционирующих на сегодня систем глобальной спутниковой навигации.

Сравнительная характеристика систем приведена на рисунке 9.1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполнения бакалаврской работы, были определены и рассчитаны основные параметры и элементы Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон, являющейся сооружением II класса.

На этапе гидрологических расчетов были определены расходы основного и поверочного случаев:

- $Q_{1,0\%} = 55,40 \text{ м}^3/\text{с}$ - максимальный расход основного случая ($P=1\%$);
- $Q_{0,1\%} = 67,90 \text{ м}^3/\text{с}$ - максимальных расход поверочного случая ($P=0,1\%$);

На этапе «Водно - энергетические расчеты», основываясь на исходных данных по гидрологии и данных энергосистемы, была определена установленная мощность Гизельдонской ГЭС $N_{уст}^{ГЭС} = 23 \text{ МВт}$, а так же определена зона ее работы в суточных графиках нагрузки энергосистемы зимой и летом. Так же были определены уровень $\nabla УМО = 1164,66 \text{ м}$ и $\nabla НПУ = 1176,00 \text{ м}$. Среднеголетняя выработка электроэнергии проектируемой ГЭС составляет $\bar{Э} = 58 \text{ млн.кВт} \cdot \text{ч}$.

На этапе «Выбор основного и вспомогательного оборудования» были выполнены расчеты для подбора оптимального числа и типа турбин. На этом этапе первым делом была построена область допустимых режимов работы (режимное поле), по которой определялись следующие напоры:

- $H_{\max} = 73,80 \text{ м}$;
- $H_{\text{расч}} = 68,20 \text{ м}$;
- $H_{\min} = 61,20 \text{ м}$.

Далее, исходя из полученных напоров, было подобрано основное и вспомогательное оборудование:

- тип турбины ПЛД90 - В45° - 160;
- тип генератора ВГС - 325/89 - 14
- количество агрегатов 2;
- маслонапорная установка МНУ 1,6/1 - 40 - 2,5 - 2;
- электрогидравлический регулятор ЭГРК - 100 - 4.

На этапе «Компоновка и сооружения гидроузла» была выбраны следующие параметры:

- компоновка гидроузла (деривационная);
- компоновка и тип плотины (бетонная);
- тип берегового водоприемника;
- гребень бетонной плотины $\nabla ГБП = 1178,40 \text{ м}$;
- гребень водослива $\nabla ГВ = 1172,00 \text{ м}$.

На этапе «Организация и производство гидротехнических работ» были определены и рассчитаны:

- этапы возведения сооружений (IV этапа) и соответствующие им работы;
- объемы земляных – скальных, бетонных, арматурных и опалубочных работ;
- механизмы и техника;
- интенсивности работ жди каждого этапа строительства.

Исходя из этапа «Технико – экономическая эффективность" можно сделать вывод, что проект экономически оправдан. Вывод сделан на основе расчетных показателей эффективности проекта:

- индекс прибыльности 1,11;
- удельные капиталовложения 78250 руб./кВт;
- себестоимость электроэнергии 0,31 руб./кВт·ч;
- срок окупаемости 97 месяцев.

На этапе «Архитектурно – строительные решения» был запроектирован внешний вид здания ГЭС (фасад), план первого и второго этажа административно - производственного здания, а также план и параметры фундамента.

На этапе «Мероприятия по охране окружающей среды в зоне влияния Гизельдонской ГЭС» была дана оценка влияния на природу в время строительства гидроузла, а также во время эксплуатации. Взяты на заметку животные и растительность, находящиеся в данном районе, и мероприятия по их защите и сохранению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия социально-экономического развития республики Северная Осетия - Алания от 28.12.2012 № N 54
2. Затева, Е.Ю. Выбор параметров ГЭС : учебно - методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию гидротехнических объектов / А.Ю. Александровский, Е.Ю. Затева, Б.И. Силаев. – Саяногорск: СШФ КГТУ, 2008. – 114 с.
3. Онлайн Электрик: Интерактивные расчеты систем электроснабжения [Электронный ресурс] / А.Н. Алюнов. - Режим доступа: <https://online-electric.ru>.
4. ОСТ 108.023.105-84 Турбины гидравлические вертикальные поворотные – лопастные осевые. Конструктивные схемы. – Введ. 08.05.84. – Москва: Министерство энергетического машиностроения, 1984. – 91 с.
5. Щавелев, Д.С. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций: справочное пособие / Д.С Щавелев, Ю.С Васильев. - М.: Энергоатомиздат, 1988. – 400 с.
6. СП 38.13330.2010 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82. – М.: ФГУП ЦПП, 2014. – 112 стр.
7. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П. Г. Киселева. - М.: Энергия, 1974. - 312 с.
8. СП 40.13330.2012 Плотины бетонные и железобетонные. Актуализированная редакция СНиП 2.06.06-85. - М.: ФГУП ЦПП, 2013. – 66 стр.
9. Гидротехнические сооружения (речные): Учебное пособие/ Л.Н. Рассказов, В.Г. Орехов, Н.А. Анискин, В.В. Малаханов и др. – М: АСВ, 2011. – Ч.1. – 584 с.
10. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения. - Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. - М.: ФГУП ЦПП, 2013. – 39 стр.
11. СП 41.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87. - М.: ФГУП ЦПП, 2013. – 68 стр.
12. Сайт о механических экскаваторах, строительной, авто - и железнодорожной технике [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.techstory.ru/techinfo/eo5114_tech.htm.
13. Автомобили и спецтехника ГАЗ [Электронный ресурс] : Спецтехника ГАЗ. – Режим доступа: https://gazavtomir.ru/info/teh/exploitation/gaz_3309/4

14. Кто есть кто на рынке спецтехники [Электронный ресурс] : Спецтехника // Автосамосвалы. – Режим доступа: <http://www.cdminfo.ru/spetstehnika/transportnaya-tehnika/1.1.-avtosamosvalyi.html>
15. СП 102.13330.2012 Туннели гидротехнические. – Актуализированная редакция СНиП 2.06.09-84. - М.: ФГУП ЦПП, 2013. – 47 стр.
16. Златоустовский завод бетоносмесительного оборудования [Электронный ресурс] : Бетонные завод Стандарт-15. - Режим доступа: <https://zzbo.ru/product/betonnyj-zavod-skip-15-econom/>
17. Строительные машины и оборудование – устройство, классификация, эксплуатация, обслуживание [Электронный ресурс] : Бетононасос СБ-161. – Режим доступа: <http://www.sups.ru/crane.php?chr=313>
18. ГЭСН 81-02-37-2001 Государственные элементные сметные нормы на строительные работы [Электронный ресурс] : Сборник 37. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. - М.: ОАО «Гипроречтранс», «СоюзморНИИпроект»., 2009. – 180 стр.
19. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. – Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. - М.: ФГУП ЦПП, 2013. – 120 стр.
20. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М.: ФГУП ЦПП, 2012. – 147 стр.
21. Спецтехника [Электронный ресурс] : Строительная техника // Гусеничный кран ДЭК – 251. – Режим доступа: <https://spectekhnika.info/gusenichnyj-kran-dehk-251/>
22. СП 357.1325800.2017 Конструкции бетонные гидротехнических сооружений. Правила производства и приёмки работ. - М.: ФГУП ЦПП, 2018. – 70 стр.
23. Приложение к приказу ОАО «РусГидро» от 16.01.2017 №9 - «Единые сценарные условия ОАО «РусГидро» на 2017-2042 гг.»
24. Налоговый кодекс Российской Федерации. Ч.2 [Электронный ресурс] : федер. закон от 05.08.2000 № 117-ФЗ ред. от 26.03.2020. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?from=28165-0&rnd=F211847F1B84592FCC2CF1270353055D&req=doc&base=LAW&n=348666&REFDOC=28165&REFBASE=LAW#otl1mcpb1d>
25. 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;

26. Студопедия [Электронный ресурс] : Лекция 9. Основы спутникового позиционирования. – Режим доступа: http://www.studopedia.ru/2_39226_lektsiya-osnovi-sputnikovogo-pozitsionirovaniya.html
27. ResearchGate [Электронный ресурс] : Технология спутникового геодезического мониторинга деформаций гидротехнических сооружений. /А.В. Устинов. – Москва : Институт Гидропроект. – Режим доступа: http://www.researchgate.net/publication/259188156_Technology_of_satellite_geodetic_deformation_monitoring_of_hydropower_structures
28. Википедия [Электронный ресурс] : Спутниковая система навигации. –Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Спутниковая_система_навигации
29. Википедия [Электронный ресурс] : GPS. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/GPS>
30. Википедия [Электронный ресурс] : ГЛОНАСС. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ГЛОНАСС>
31. Евстафьев О.В. - Постоянный мониторинг состояния и природных объектов с применением спутниковых технологии – 2010 г. – г. Москва
32. Технический отчет о состоянии гидротехнических сооружений Красноярской ГЭС в 2017 – 2018 гг. – г. Дивногорск 2018 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Анализ исходных данных

Таблица А.1 - Гидрологический ряд наблюдений за р. Гизельдон в период с 1965 – 2014 гг.

| Позиция | Год | Расходы в кубических метрах в секунду | | | | | | | | | | | | Q _{ср.год} |
|---------|------|---------------------------------------|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|---------------------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
| 1 | 1965 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 21 | 15 | 13 | 9 | 8 | 8 | 4 | 12 |
| 2 | 1966 | 5 | 6 | 13 | 19 | 22 | 33 | 26 | 18 | 12 | 11 | 5 | 3 | 14 |
| 3 | 1967 | 8 | 10 | 13 | 14 | 21 | 26 | 24 | 20 | 13 | 8 | 7 | 4 | 14 |
| 4 | 1968 | 6 | 11 | 14 | 18 | 25 | 27 | 23 | 17 | 13 | 10 | 7 | 5 | 15 |
| 5 | 1969 | 7 | 9 | 12 | 14 | 16 | 28 | 21 | 15 | 8 | 6 | 3 | 1 | 12 |
| 6 | 1970 | 6 | 8 | 9 | 11 | 15 | 25 | 19 | 15 | 7 | 5 | 3 | 2 | 10 |
| 7 | 1971 | 8 | 9 | 11 | 13 | 16 | 26 | 23 | 17 | 15 | 12 | 8 | 3 | 13 |
| 8 | 1972 | 9 | 11 | 15 | 16 | 18 | 26 | 23 | 18 | 15 | 7 | 4 | 1 | 14 |
| 9 | 1973 | 7 | 10 | 13 | 15 | 20 | 29 | 24 | 17 | 14 | 9 | 7 | 3 | 14 |
| 10 | 1974 | 6 | 9 | 14 | 17 | 21 | 27 | 19 | 16 | 13 | 7 | 5 | 2 | 13 |
| 11 | 1975 | 6 | 10 | 13 | 16 | 21 | 22 | 20 | 18 | 15 | 8 | 5 | 3 | 13 |
| 12 | 1976 | 8 | 11 | 12 | 14 | 16 | 27 | 22 | 17 | 11 | 8 | 5 | 4 | 13 |
| 13 | 1977 | 9 | 13 | 17 | 25 | 47 | 51 | 31 | 25 | 19 | 10 | 7 | 5 | 22 |
| 14 | 1978 | 8 | 13 | 12 | 13 | 17 | 25 | 21 | 17 | 13 | 8 | 6 | 3 | 13 |
| 15 | 1979 | 9 | 12 | 15 | 17 | 22 | 24 | 24 | 18 | 11 | 8 | 6 | 3 | 14 |
| 16 | 1980 | 7 | 9 | 13 | 18 | 38 | 35 | 20 | 17 | 9 | 6 | 5 | 3 | 15 |
| 17 | 1981 | 8 | 9 | 14 | 21 | 30 | 26 | 22 | 18 | 11 | 8 | 4 | 1 | 14 |
| 18 | 1982 | 9 | 12 | 14 | 16 | 19 | 27 | 22 | 17 | 12 | 11 | 8 | 5 | 14 |
| 19 | 1983 | 8 | 11 | 14 | 17 | 19 | 29 | 22 | 19 | 16 | 12 | 11 | 6 | 15 |
| 20 | 1984 | 8 | 10 | 13 | 14 | 18 | 25 | 19 | 17 | 14 | 12 | 9 | 6 | 14 |
| 21 | 1985 | 10 | 12 | 17 | 24 | 43 | 36 | 29 | 24 | 17 | 11 | 7 | 5 | 19 |
| 22 | 1986 | 8 | 11 | 15 | 18 | 22 | 27 | 25 | 19 | 14 | 9 | 7 | 4 | 15 |
| 23 | 1987 | 9 | 12 | 14 | 16 | 20 | 23 | 20 | 16 | 13 | 8 | 5 | 3 | 13 |
| 24 | 1988 | 6 | 10 | 13 | 17 | 27 | 46 | 22 | 18 | 10 | 9 | 6 | 3 | 16 |
| 25 | 1989 | 7 | 11 | 15 | 21 | 44 | 43 | 21 | 18 | 12 | 9 | 7 | 4 | 18 |
| 26 | 1990 | 6 | 9 | 10 | 12 | 14 | 19 | 23 | 18 | 13 | 8 | 6 | 3 | 12 |
| 27 | 1991 | 8 | 9 | 12 | 17 | 34 | 41 | 21 | 17 | 15 | 12 | 9 | 7 | 17 |
| 28 | 1992 | 8 | 9 | 14 | 17 | 21 | 30 | 24 | 21 | 15 | 13 | 10 | 6 | 16 |
| 29 | 1993 | 8 | 10 | 15 | 23 | 35 | 32 | 22 | 18 | 11 | 9 | 5 | 2 | 16 |
| 30 | 1994 | 8 | 12 | 15 | 21 | 31 | 38 | 27 | 20 | 12 | 9 | 6 | 2 | 17 |
| 31 | 1995 | 11 | 17 | 19 | 25 | 48 | 40 | 32 | 26 | 17 | 14 | 10 | 5 | 22 |
| 32 | 1996 | 10 | 11 | 16 | 24 | 39 | 38 | 33 | 26 | 19 | 15 | 11 | 7 | 21 |
| 33 | 1997 | 10 | 13 | 13 | 18 | 32 | 27 | 25 | 22 | 17 | 13 | 11 | 8 | 17 |
| 34 | 1998 | 8 | 12 | 15 | 18 | 36 | 31 | 25 | 20 | 15 | 11 | 9 | 6 | 17 |
| 35 | 1999 | 9 | 11 | 14 | 19 | 25 | 30 | 23 | 18 | 15 | 11 | 7 | 5 | 16 |
| 36 | 2000 | 8 | 12 | 14 | 16 | 24 | 28 | 25 | 18 | 14 | 11 | 9 | 4 | 15 |
| 37 | 2001 | 7 | 10 | 13 | 15 | 17 | 22 | 26 | 19 | 14 | 10 | 9 | 7 | 14 |
| 38 | 2002 | 9 | 10 | 13 | 18 | 33 | 49 | 24 | 18 | 15 | 8 | 7 | 5 | 17 |
| 39 | 2003 | 7 | 10 | 11 | 14 | 23 | 26 | 20 | 15 | 11 | 7 | 5 | 4 | 13 |

Продолжение приложения А
Окончание таблицы А.1

Расходы в кубических метрах в секунду

| Позиция | Год | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | $Q_{\text{ср.год}}$ |
|-----------------|------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|---------------------|
| 40 | 2004 | 9 | 11 | 13 | 16 | 28 | 26 | 25 | 19 | 15 | 11 | 9 | 5 | 16 |
| 41 | 2005 | 9 | 11 | 13 | 14 | 16 | 23 | 18 | 15 | 13 | 11 | 7 | 6 | 13 |
| 42 | 2006 | 9 | 11 | 13 | 15 | 23 | 26 | 21 | 17 | 15 | 13 | 8 | 7 | 15 |
| 43 | 2007 | 8 | 9 | 12 | 14 | 23 | 30 | 21 | 18 | 13 | 10 | 9 | 5 | 14 |
| 44 | 2008 | 9 | 10 | 12 | 15 | 26 | 25 | 23 | 16 | 12 | 10 | 8 | 5 | 14 |
| 45 | 2009 | 8 | 10 | 12 | 13 | 16 | 20 | 22 | 17 | 11 | 9 | 4 | 9 | 13 |
| 46 | 2010 | 8 | 9 | 10 | 14 | 31 | 33 | 21 | 14 | 11 | 8 | 6 | 4 | 14 |
| 47 | 2011 | 8 | 9 | 13 | 17 | 27 | 29 | 21 | 17 | 12 | 10 | 8 | 5 | 15 |
| 48 | 2012 | 9 | 12 | 14 | 18 | 32 | 37 | 27 | 18 | 16 | 14 | 11 | 6 | 18 |
| 49 | 2013 | 10 | 11 | 15 | 17 | 24 | 27 | 25 | 22 | 17 | 13 | 11 | 7 | 17 |
| 50 | 2014 | 9 | 12 | 13 | 15 | 19 | 23 | 25 | 20 | 15 | 12 | 9 | 4 | 15 |
| $Q_{\text{ср}}$ | | 8 | 11 | 13 | 17 | 25 | 30 | 23 | 18 | 13 | 10 | 7 | 4 | 15 |

Таблица А.2 – Расчет прироста суточной выработки электроэнергии и мощности за зимние сутки (25.12.17)

| Время | Мощность потребления, МВт | Мощность потребления ранжированная, МВт | ΔP | $\Delta \mathcal{E}$ | ΣP | $\Sigma \mathcal{E}$ |
|-------|---------------------------|---|------------|----------------------|------------|----------------------|
| 1 | 229 | 320 | 8 | 8 | 8 | 0,008 |
| 2 | 221 | 312 | 0 | 0 | 8 | 0,008 |
| 3 | 211 | 312 | 5 | 15 | 13 | 0,023 |
| 4 | 211 | 307 | 13 | 52 | 26 | 0,075 |
| 5 | 211 | 294 | 1 | 5 | 27 | 0,08 |
| 6 | 218 | 293 | 1 | 6 | 28 | 0,086 |
| 7 | 206 | 292 | 4 | 28 | 32 | 0,114 |
| 8 | 256 | 288 | 1 | 8 | 33 | 0,122 |
| 9 | 285 | 287 | 2 | 18 | 35 | 0,14 |
| 10 | 294 | 285 | 1 | 10 | 36 | 0,15 |
| 11 | 292 | 284 | 0 | 0 | 36 | 0,15 |
| 12 | 284 | 284 | 5 | 60 | 41 | 0,21 |
| 13 | 272 | 279 | 2 | 26 | 43 | 0,236 |
| 14 | 277 | 277 | 5 | 70 | 48 | 0,306 |
| 15 | 284 | 272 | 11 | 165 | 59 | 0,471 |
| 16 | 288 | 261 | 5 | 80 | 64 | 0,551 |
| 17 | 279 | 256 | 27 | 459 | 91 | 1,01 |
| 18 | 293 | 229 | 8 | 144 | 99 | 1,154 |
| 19 | 312 | 221 | 3 | 57 | 102 | 1,211 |
| 20 | 320 | 218 | 7 | 140 | 109 | 1,351 |
| 21 | 312 | 211 | 0 | 0 | 109 | 1,351 |
| 22 | 307 | 211 | 0 | 0 | 109 | 1,351 |
| 23 | 287 | 211 | 5 | 115 | 114 | 1,466 |
| 24 | 261 | 206 | 206 | 4944 | 320 | 6,41 |

Окончание приложения А

Таблица А.3 – Расчет прироста суточной выработки электроэнергии и мощности за летние сутки (20.07.17)

| Время | Мощность потребления, МВт | Мощность потребления ранжированная, МВт | ΔP | $\Delta \mathcal{E}$ | ΣP | $\Sigma \mathcal{E}$ |
|-------|---------------------------|---|------------|----------------------|------------|----------------------|
| 1 | 155 | 210 | 15 | 15 | 15 | 0,015 |
| 2 | 149 | 195 | 2 | 4 | 17 | 0,019 |
| 3 | 144 | 193 | 4 | 12 | 21 | 0,031 |
| 4 | 144 | 189 | 3 | 12 | 24 | 0,043 |
| 5 | 144 | 186 | 1 | 5 | 25 | 0,048 |
| 6 | 146 | 185 | 1 | 6 | 26 | 0,054 |
| 7 | 145 | 184 | 0 | 0 | 26 | 0,054 |
| 8 | 156 | 184 | 1 | 8 | 27 | 0,062 |
| 9 | 171 | 183 | 2 | 18 | 29 | 0,08 |
| 10 | 186 | 181 | 2 | 20 | 31 | 0,1 |
| 11 | 189 | 179 | 0 | 0 | 31 | 0,1 |
| 12 | 184 | 179 | 1 | 12 | 32 | 0,112 |
| 13 | 185 | 178 | 2 | 26 | 34 | 0,138 |
| 14 | 179 | 176 | 1 | 14 | 35 | 0,152 |
| 15 | 178 | 175 | 4 | 60 | 39 | 0,212 |
| 16 | 181 | 171 | 15 | 240 | 54 | 0,452 |
| 17 | 176 | 156 | 1 | 17 | 55 | 0,469 |
| 18 | 183 | 155 | 6 | 108 | 61 | 0,577 |
| 19 | 210 | 149 | 3 | 57 | 64 | 0,634 |
| 20 | 179 | 146 | 1 | 20 | 65 | 0,654 |
| 21 | 184 | 145 | 1 | 21 | 66 | 0,675 |
| 22 | 195 | 144 | 0 | 0 | 66 | 0,675 |
| 23 | 193 | 144 | 0 | 0 | 66 | 0,675 |
| 24 | 175 | 144 | 144 | 3456 | 210 | 4,131 |

Таблица А.4 – Результаты расчетов для построения годовых графиков

| Месяц | Мощность в мегаваттах | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| P_{cp} | 265 | 253 | 232 | 207 | 186 | 174 | 174 | 186 | 207 | 232 | 253 | 265 |
| P_{max} | 318 | 304 | 279 | 251 | 226 | 212 | 212 | 226 | 251 | 279 | 304 | 318 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Водно-энергетические расчеты

Таблица Б.1 – Данные, необходимые для расчёта максимальных расходов заданной обеспеченности

| Позиция | Год | $Q_{\text{ср.год}}$, м ³ /с | K | K-1 | $(K - 1)^2$ | $(K - 1)^3$ |
|---------|------|---|-------|--------|-------------|-------------|
| 1 | 1965 | 18,1 | 1,686 | 0,686 | 0,470 | 0,323 |
| 2 | 1966 | 32,6 | 1,660 | 0,660 | 0,436 | 0,287 |
| 3 | 1967 | 26,2 | 1,618 | 0,618 | 0,382 | 0,236 |
| 4 | 1968 | 28,9 | 1,498 | 0,498 | 0,248 | 0,123 |
| 5 | 1969 | 28,0 | 1,440 | 0,440 | 0,193 | 0,085 |
| 6 | 1970 | 25,8 | 1,384 | 0,384 | 0,148 | 0,057 |
| 7 | 1971 | 25,7 | 1,320 | 0,320 | 0,102 | 0,033 |
| 8 | 1972 | 26,2 | 1,310 | 0,310 | 0,096 | 0,030 |
| 9 | 1973 | 29,0 | 1,261 | 0,261 | 0,068 | 0,018 |
| 10 | 1974 | 27,0 | 1,216 | 0,216 | 0,047 | 0,010 |
| 11 | 1975 | 21,7 | 1,206 | 0,206 | 0,042 | 0,009 |
| 12 | 1976 | 26,8 | 1,164 | 0,164 | 0,027 | 0,004 |
| 13 | 1977 | 51,2 | 1,135 | 0,135 | 0,018 | 0,002 |
| 14 | 1978 | 23,0 | 1,076 | 0,076 | 0,006 | 0,000 |
| 15 | 1979 | 24,3 | 1,057 | 0,057 | 0,003 | 0,000 |
| 16 | 1980 | 40,4 | 1,037 | 0,037 | 0,001 | 0,000 |
| 17 | 1981 | 30,0 | 1,018 | 0,018 | 0,000 | 0,000 |
| 18 | 1982 | 28,1 | 0,982 | -0,018 | 0,000 | 0,000 |
| 19 | 1983 | 28,9 | 0,982 | -0,018 | 0,000 | 0,000 |
| 20 | 1984 | 25,4 | 0,973 | -0,027 | 0,001 | 0,000 |
| 21 | 1985 | 42,7 | 0,943 | -0,057 | 0,003 | 0,000 |
| 22 | 1986 | 26,7 | 0,940 | -0,060 | 0,004 | 0,000 |
| 23 | 1987 | 23,0 | 0,937 | -0,063 | 0,004 | 0,000 |
| 24 | 1988 | 46,2 | 0,937 | -0,063 | 0,004 | 0,000 |
| 25 | 1989 | 44,4 | 0,914 | -0,086 | 0,007 | -0,001 |
| 26 | 1990 | 22,8 | 0,914 | -0,086 | 0,007 | -0,001 |
| 27 | 1991 | 40,7 | 0,911 | -0,089 | 0,008 | -0,001 |
| 28 | 1992 | 30,3 | 0,908 | -0,092 | 0,009 | -0,001 |
| 29 | 1993 | 35,0 | 0,885 | -0,115 | 0,013 | -0,002 |
| 30 | 1994 | 37,5 | 0,875 | -0,125 | 0,016 | -0,002 |
| 31 | 1995 | 49,9 | 0,869 | -0,131 | 0,017 | -0,002 |
| 32 | 1996 | 38,9 | 0,866 | -0,134 | 0,018 | -0,002 |
| 33 | 1997 | 32,0 | 0,849 | -0,151 | 0,023 | -0,003 |
| 34 | 1998 | 35,9 | 0,849 | -0,151 | 0,023 | -0,003 |
| 35 | 1999 | 30,3 | 0,840 | -0,160 | 0,026 | -0,004 |
| 36 | 2000 | 28,2 | 0,840 | -0,160 | 0,026 | -0,004 |
| 37 | 2001 | 25,9 | 0,836 | -0,164 | 0,027 | -0,004 |
| 38 | 2002 | 52,0 | 0,833 | -0,167 | 0,028 | -0,005 |
| 39 | 2003 | 25,5 | 0,833 | -0,167 | 0,028 | -0,005 |
| 40 | 2004 | 28,2 | 0,827 | -0,173 | 0,030 | -0,005 |

Продолжение приложения Б
Окончание таблицы Б.1

| Позиция | Год | $Q_{\text{ср.год}}, \text{ м}^3/\text{с}$ | К | К-1 | $(\text{К} - 1)^2$ | $(\text{К} - 1)^3$ |
|---------|------|---|--------|--------|--------------------|--------------------|
| 41 | 2005 | 21,4 | 0,823 | -0,177 | 0,031 | -0,005 |
| 42 | 2006 | 25,9 | 0,817 | -0,183 | 0,033 | -0,006 |
| 43 | 2007 | 31,4 | 0,788 | -0,212 | 0,045 | -0,010 |
| 44 | 2008 | 25,7 | 0,746 | -0,254 | 0,065 | -0,016 |
| 45 | 2009 | 22,4 | 0,746 | -0,254 | 0,065 | -0,016 |
| 46 | 2010 | 33,2 | 0,739 | -0,261 | 0,068 | -0,018 |
| 47 | 2011 | 29,1 | 0,726 | -0,274 | 0,075 | -0,021 |
| 48 | 2012 | 37,2 | 0,704 | -0,296 | 0,088 | -0,026 |
| 49 | 2013 | 27,3 | 0,694 | -0,306 | 0,094 | -0,029 |
| 50 | 2014 | 25,2 | 0,587 | -0,413 | 0,171 | -0,071 |
| Сумма | - | 1542,2 | 50,000 | 0,000 | 3,342 | 0,954 |

Таблица Б.2 – Результаты расчёта эмпирических кривых обеспеченности

| m | P, % | $Q_{\text{ср.год}}, \text{ м}^3/\text{с}$ | Годы | $Q_{\text{ср.пол}}, \text{ м}^3/\text{с}$ | Годы | $Q_{\text{ср.меж}}, \text{ м}^3/\text{с}$ | Годы |
|----|------|---|------|---|------|---|------|
| 1 | 2 | 22 | 1977 | 36 | 1977 | 13 | 1995 |
| 2 | 4 | 22 | 1995 | 34 | 1995 | 13 | 1996 |
| 3 | 6 | 21 | 1996 | 32 | 1996 | 12 | 1997 |
| 4 | 8 | 19 | 1985 | 31 | 1985 | 12 | 2012 |
| 5 | 10 | 18 | 1989 | 29 | 1989 | 12 | 2013 |
| 6 | 12 | 18 | 2012 | 28 | 2002 | 11 | 1977 |
| 7 | 14 | 17 | 1991 | 27 | 1994 | 11 | 1983 |
| 8 | 16 | 17 | 1994 | 26 | 1980 | 11 | 1985 |
| 9 | 18 | 17 | 1997 | 26 | 1988 | 11 | 1992 |
| 10 | 20 | 17 | 1998 | 26 | 1991 | 11 | 1998 |
| 11 | 22 | 17 | 2002 | 26 | 1993 | 11 | 2006 |
| 12 | 24 | 17 | 2013 | 26 | 1998 | 11 | 2014 |
| 13 | 25 | 16 | 1988 | 26 | 2012 | 10 | 1982 |
| 14 | 27 | 16 | 1992 | 25 | 1997 | 10 | 1984 |
| 15 | 29 | 16 | 1993 | 23 | 1966 | 10 | 1986 |
| 16 | 31 | 16 | 1999 | 23 | 1981 | 10 | 1991 |
| 17 | 33 | 16 | 2004 | 23 | 1992 | 10 | 1999 |
| 18 | 35 | 15 | 1968 | 23 | 1999 | 10 | 2000 |
| 19 | 37 | 15 | 1980 | 23 | 2004 | 10 | 2001 |
| 20 | 39 | 15 | 1983 | 23 | 2010 | 10 | 2002 |
| 21 | 41 | 15 | 1986 | 23 | 2013 | 10 | 2004 |
| 22 | 43 | 15 | 2000 | 22 | 1968 | 10 | 2005 |
| 23 | 45 | 15 | 2006 | 22 | 1986 | 9 | 1967 |
| 24 | 47 | 15 | 2011 | 22 | 2000 | 9 | 1968 |
| 25 | 49 | 15 | 2014 | 22 | 2011 | 9 | 1971 |
| 26 | 51 | 14 | 1966 | 21 | 1967 | 9 | 1972 |
| 27 | 53 | 14 | 1967 | 21 | 1973 | 9 | 1973 |
| 28 | 55 | 14 | 1972 | 21 | 1979 | 9 | 1975 |

Продолжение приложения Б
Окончание таблицы Б.2

| m | P, % | $Q_{\text{ср.год}}, \text{M}^3/\text{с}$ | Годы | $Q_{\text{половод}}, \text{M}^3/\text{с}$ | Годы | $Q_{\text{межень}}, \text{M}^3/\text{с}$ | Годы |
|----|------|--|------|---|------|--|------|
| 29 | 57 | 14 | 1973 | 21 | 1983 | 9 | 1978 |
| 30 | 59 | 14 | 1979 | 21 | 2007 | 9 | 1979 |
| 31 | 61 | 14 | 1981 | 21 | 2008 | 9 | 1987 |
| 32 | 63 | 14 | 1982 | 20 | 1972 | 9 | 1989 |
| 33 | 65 | 14 | 1984 | 20 | 1974 | 9 | 1993 |
| 34 | 67 | 14 | 2001 | 20 | 1982 | 9 | 1994 |
| 35 | 69 | 14 | 2007 | 20 | 2001 | 9 | 2007 |
| 36 | 71 | 14 | 2008 | 20 | 2006 | 9 | 2008 |
| 37 | 73 | 14 | 2010 | 20 | 2014 | 9 | 2009 |
| 38 | 75 | 13 | 1971 | 19 | 1969 | 9 | 2011 |
| 39 | 76 | 13 | 1974 | 19 | 1971 | 8 | 1965 |
| 40 | 78 | 13 | 1975 | 19 | 1975 | 8 | 1966 |
| 41 | 80 | 13 | 1976 | 19 | 1976 | 8 | 1974 |
| 42 | 82 | 13 | 1978 | 19 | 1978 | 8 | 1976 |
| 43 | 84 | 13 | 1987 | 19 | 1984 | 8 | 1981 |
| 44 | 86 | 13 | 2003 | 19 | 1987 | 8 | 1988 |
| 45 | 88 | 13 | 2005 | 19 | 2003 | 8 | 1990 |
| 46 | 90 | 12 | 1965 | 18 | 2009 | 8 | 2003 |
| 47 | 92 | 12 | 1969 | 17 | 1970 | 8 | 2010 |
| 48 | 94 | 12 | 1990 | 17 | 1990 | 7 | 1969 |
| 49 | 96 | 12 | 2009 | 17 | 2005 | 7 | 1980 |
| 50 | 98 | 10 | 1970 | 16 | 1965 | 6 | 1970 |

Продолжение приложения Б

Таблица Б.3 – Суточная сработка-наполнение водохранилища в условиях маловодного года в зимние сутки

Расходы в кубических метрах в секунду

| Часы | $Q_{\text{лед.}}$ | $Q_{\text{исп.}}$ | $Q_{\text{фильт.}}$ | $Q_{\text{быт.}}$ | $Q_{\text{полез.}}$ | $Q_{\text{вдхр.}}$ | $Q_{\text{хол.сбр}}$ | $Q_{\text{гэс}}$ | $Q_{\text{нб}}$ | $V_{\text{нач.}}$ | dV | $V_{\text{конеч.}}$ | $Z_{\text{вб.нач.}}$ | $Z_{\text{вб.конеч.}}$ | $Z_{\text{ср.вб}}$ | $Z_{\text{нб}}$ | H | $N_{\text{гэс}}$ | $N_{\text{раб.}}$ |
|------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|----------------------|------------------|-----------------|-------------------|---------|---------------------|----------------------|------------------------|--------------------|-----------------|-------|------------------|-------------------|
| 20 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | 31 | 0 | 37 | 38 | 0,0150 | 0,0035 | 0,0115 | 1176,00 | 1173,50 | 1174,75 | 1102,53 | 71,22 | 23 | 23 |
| 21 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | 19 | 0 | 25 | 26 | 0,0115 | 0,0021 | 0,0094 | 1173,50 | 1171,62 | 1172,56 | 1102,09 | 69,47 | 15 | 15 |
| 22 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | 8 | 0 | 14 | 15 | 0,0094 | 0,0009 | 0,0085 | 1171,62 | 1170,78 | 1171,20 | 1101,60 | 68,59 | 8 | 8 |
| 23 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | 1 | 0 | 7 | 8 | 0,0085 | 0,0001 | 0,0084 | 1170,78 | 1170,67 | 1170,72 | 1101,11 | 68,61 | 4 | 4 |
| 24 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0084 | -0,0003 | 0,0087 | 1170,67 | 1170,98 | 1170,82 | 1100,68 | 69,14 | 2 | 2 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0087 | -0,0003 | 0,0090 | 1170,98 | 1171,29 | 1171,13 | 1100,68 | 69,45 | 2 | 2 |
| 2 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0090 | -0,0003 | 0,0093 | 1171,29 | 1171,59 | 1171,44 | 1100,68 | 69,76 | 2 | 2 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0093 | -0,0003 | 0,0097 | 1171,59 | 1171,89 | 1171,74 | 1100,68 | 70,06 | 2 | 2 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0097 | -0,0003 | 0,0100 | 1171,89 | 1172,19 | 1172,04 | 1100,67 | 70,37 | 2 | 2 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0100 | -0,0003 | 0,0103 | 1172,19 | 1172,49 | 1172,34 | 1100,67 | 70,67 | 2 | 2 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0103 | -0,0003 | 0,0107 | 1172,49 | 1172,78 | 1172,64 | 1100,67 | 70,97 | 2 | 2 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0107 | -0,0003 | 0,0110 | 1172,78 | 1173,07 | 1172,93 | 1100,67 | 71,26 | 2 | 2 |
| 8 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0110 | -0,0003 | 0,0113 | 1173,07 | 1173,35 | 1173,21 | 1100,67 | 71,54 | 2 | 2 |
| 9 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0113 | -0,0003 | 0,0117 | 1173,35 | 1173,63 | 1173,49 | 1100,67 | 71,82 | 2 | 2 |
| 10 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0117 | -0,0003 | 0,0120 | 1173,63 | 1173,90 | 1173,77 | 1100,67 | 72,10 | 2 | 2 |
| 11 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0120 | -0,0003 | 0,0123 | 1173,90 | 1174,17 | 1174,04 | 1100,67 | 72,37 | 2 | 2 |
| 12 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0123 | -0,0003 | 0,0127 | 1174,17 | 1174,43 | 1174,30 | 1100,67 | 72,63 | 2 | 2 |
| 13 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0127 | -0,0003 | 0,0130 | 1174,43 | 1174,68 | 1174,56 | 1100,67 | 72,89 | 2 | 2 |
| 14 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0130 | -0,0003 | 0,0133 | 1174,68 | 1174,93 | 1174,80 | 1100,67 | 73,14 | 2 | 2 |
| 15 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0133 | -0,0003 | 0,0137 | 1174,93 | 1175,16 | 1175,04 | 1100,67 | 73,38 | 2 | 2 |
| 16 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0137 | -0,0003 | 0,0140 | 1175,16 | 1175,39 | 1175,28 | 1100,67 | 73,61 | 2 | 2 |
| 17 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0140 | -0,0003 | 0,0143 | 1175,39 | 1175,60 | 1175,50 | 1100,67 | 73,83 | 2 | 2 |
| 18 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0143 | -0,0003 | 0,0147 | 1175,60 | 1175,81 | 1175,71 | 1100,67 | 74,04 | 2 | 2 |
| 19 | 0 | 1 | 1 | 8 | 6 | -3 | 0 | 3 | 4 | 0,0147 | -0,0003 | 0,0150 | 1175,81 | 1176,00 | 1175,90 | 1100,67 | 74,23 | 2 | 2 |

Продолжение приложения Б

Таблица Б.4 – Суточная сработка-наполнение водохранилища в условиях маловодного года в летние сутки

Расходы в кубических метрах в секунду

| Часы | $Q_{\text{лед.}}$ | $Q_{\text{исп.}}$ | $Q_{\text{фильт.}}$ | $Q_{\text{быт.}}$ | $Q_{\text{полез.}}$ | $Q_{\text{вдхр.}}$ | $Q_{\text{хол.сбр}}$ | $Q_{\text{гэс}}$ | $Q_{\text{нб}}$ | $V_{\text{нач.}}$ | dV | $V_{\text{конеч.}}$ | $Z_{\text{вб.нач.}}$ | $Z_{\text{вб.конеч.}}$ | $Z_{\text{ср.вб}}$ | $Z_{\text{нб}}$ | H | $N_{\text{гэс}}$ | $N_{\text{раб.}}$ |
|------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|----------------------|------------------|-----------------|-------------------|---------|---------------------|----------------------|------------------------|--------------------|-----------------|-------|------------------|-------------------|
| 9 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 4 | 1 | 21 | 24 | 0,0150 | 0,0004 | 0,0146 | 1176,00 | 1175,74 | 1175,87 | 1086,40 | 88,48 | 16 | 16 |
| 10 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0146 | 0,0008 | 0,0138 | 1175,74 | 1175,24 | 1175,49 | 1089,99 | 84,51 | 17 | 17 |
| 11 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0138 | 0,0008 | 0,0130 | 1175,24 | 1174,69 | 1174,97 | 1089,99 | 83,98 | 17 | 17 |
| 12 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0130 | 0,0008 | 0,0122 | 1174,69 | 1174,09 | 1174,39 | 1089,99 | 83,40 | 17 | 17 |
| 13 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0122 | 0,0008 | 0,0115 | 1174,09 | 1173,46 | 1173,78 | 1089,99 | 82,79 | 17 | 17 |
| 14 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0115 | 0,0008 | 0,0107 | 1173,46 | 1172,78 | 1173,12 | 1090,42 | 81,70 | 17 | 17 |
| 15 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0107 | 0,0008 | 0,0099 | 1172,78 | 1172,07 | 1172,43 | 1090,42 | 81,01 | 17 | 17 |
| 16 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0099 | 0,0008 | 0,0091 | 1172,07 | 1171,36 | 1171,72 | 1089,99 | 80,73 | 17 | 17 |
| 17 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0091 | 0,0008 | 0,0083 | 1171,36 | 1170,61 | 1170,99 | 1089,99 | 80,00 | 17 | 17 |
| 18 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0083 | 0,0008 | 0,0075 | 1170,61 | 1169,84 | 1170,23 | 1089,99 | 79,24 | 17 | 17 |
| 19 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0075 | 0,0008 | 0,0067 | 1169,84 | 1169,05 | 1169,45 | 1089,99 | 78,46 | 17 | 17 |
| 20 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0067 | 0,0008 | 0,0060 | 1169,05 | 1168,23 | 1168,64 | 1089,99 | 77,65 | 17 | 17 |
| 21 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0060 | 0,0008 | 0,0052 | 1168,23 | 1167,37 | 1167,80 | 1089,99 | 76,81 | 17 | 17 |
| 22 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0052 | 0,0008 | 0,0044 | 1167,37 | 1166,51 | 1166,94 | 1089,59 | 76,35 | 17 | 17 |
| 23 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0044 | 0,0008 | 0,0037 | 1166,51 | 1165,61 | 1166,06 | 1089,59 | 75,47 | 17 | 17 |
| 24 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | 7 | 1 | 24 | 27 | 0,0037 | 0,0008 | 0,0029 | 1165,61 | 1164,66 | 1165,13 | 1089,59 | 74,54 | 17 | 17 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | -14 | 1 | 3 | 6 | 0,0029 | -0,0015 | 0,0044 | 1164,66 | 1166,51 | 1165,59 | 1082,72 | 81,87 | 2 | 2 |
| 2 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | -14 | 1 | 3 | 6 | 0,0044 | -0,0015 | 0,0059 | 1166,51 | 1168,20 | 1167,36 | 1082,72 | 83,64 | 2 | 2 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | -14 | 1 | 3 | 6 | 0,0059 | -0,0015 | 0,0075 | 1168,20 | 1169,78 | 1168,99 | 1082,72 | 85,27 | 2 | 2 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | -14 | 1 | 3 | 6 | 0,0075 | -0,0015 | 0,0090 | 1169,78 | 1171,26 | 1170,52 | 1082,72 | 86,80 | 2 | 2 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | -14 | 1 | 3 | 6 | 0,0090 | -0,0015 | 0,0105 | 1171,26 | 1172,63 | 1171,94 | 1082,72 | 88,23 | 2 | 2 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | -14 | 1 | 3 | 6 | 0,0105 | -0,0015 | 0,0120 | 1172,63 | 1173,90 | 1173,27 | 1082,72 | 89,55 | 2 | 2 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | -14 | 1 | 3 | 6 | 0,0120 | -0,0015 | 0,0135 | 1173,90 | 1175,05 | 1174,48 | 1082,72 | 90,76 | 2 | 2 |
| 8 | 0 | 1 | 1 | 21 | 17 | -14 | 1 | 3 | 6 | 0,0135 | -0,0015 | 0,0150 | 1175,05 | 1176,00 | 1175,53 | 1082,72 | 91,81 | 2 | 2 |

Продолжение приложения Б

Таблица Б.5 – Баланс мощности энергосистемы в маловодном году

Мощность в мегаваттах

| Месяц | Нагрузка системы | | | Существующие ГЭС | | | | Проектируемая ГЭС | | | | ГЭС | | | |
|-------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|------------------|
| | P | P _{авар} | P _{нагруз} | P _{раб} | P _{авар} | P _{нагруз} | P _{рем} | P _{раб} | P _{авар} | P _{нагруз} | P _{рем} | P _{раб} | P _{авар} | P _{нагруз} | P _{рем} |
| I | 318 | 25 | 6 | 206 | 17 | 4 | - | 23 | - | 0,12 | - | 89 | 8 | 2 | - |
| II | 304 | 24 | 6 | 189 | 15 | 4 | - | 20 | - | 0,22 | - | 86 | 8 | 2 | - |
| III | 279 | 22 | 6 | 172 | 14 | 3 | - | 19 | - | 0,18 | - | 82 | 8 | 2 | - |
| IV | 251 | 20 | 5 | 163 | 13 | 3 | - | 14 | - | 0,08 | - | 78 | 6 | 2 | - |
| V | 226 | 18 | 5 | 155 | 12 | 3 | - | 16 | - | 0,1 | - | 69 | 5 | 1 | - |
| VI | 212 | 17 | 4 | 138 | 11 | 3 | - | 18 | - | 0,08 | - | 64 | 6 | 1 | 7,5 |
| VII | 212 | 17 | 4 | 138 | 11 | 3 | - | 15 | - | 0,1 | - | 64 | 5 | 1 | 7,5 |
| VIII | 226 | 18 | 5 | 155 | 12 | 3 | - | 17 | - | 0,06 | - | 69 | 5 | 1 | - |
| IX | 251 | 20 | 5 | 163 | 13 | 3 | 29 | 16 | - | 0,14 | - | 78 | 6 | 2 | - |
| X | 279 | 22 | 6 | 172 | 14 | 3 | - | 23 | - | 0,16 | - | 82 | 8 | 2 | - |
| XI | 304 | 24 | 6 | 189 | 15 | 4 | - | 20 | - | 0,16 | - | 86 | 8 | 2 | - |
| XII | 318 | 25 | 6 | 206 | 16 | 4 | - | 23 | - | 0,08 | - | 89 | 8 | 2 | - |

Продолжение приложения Б

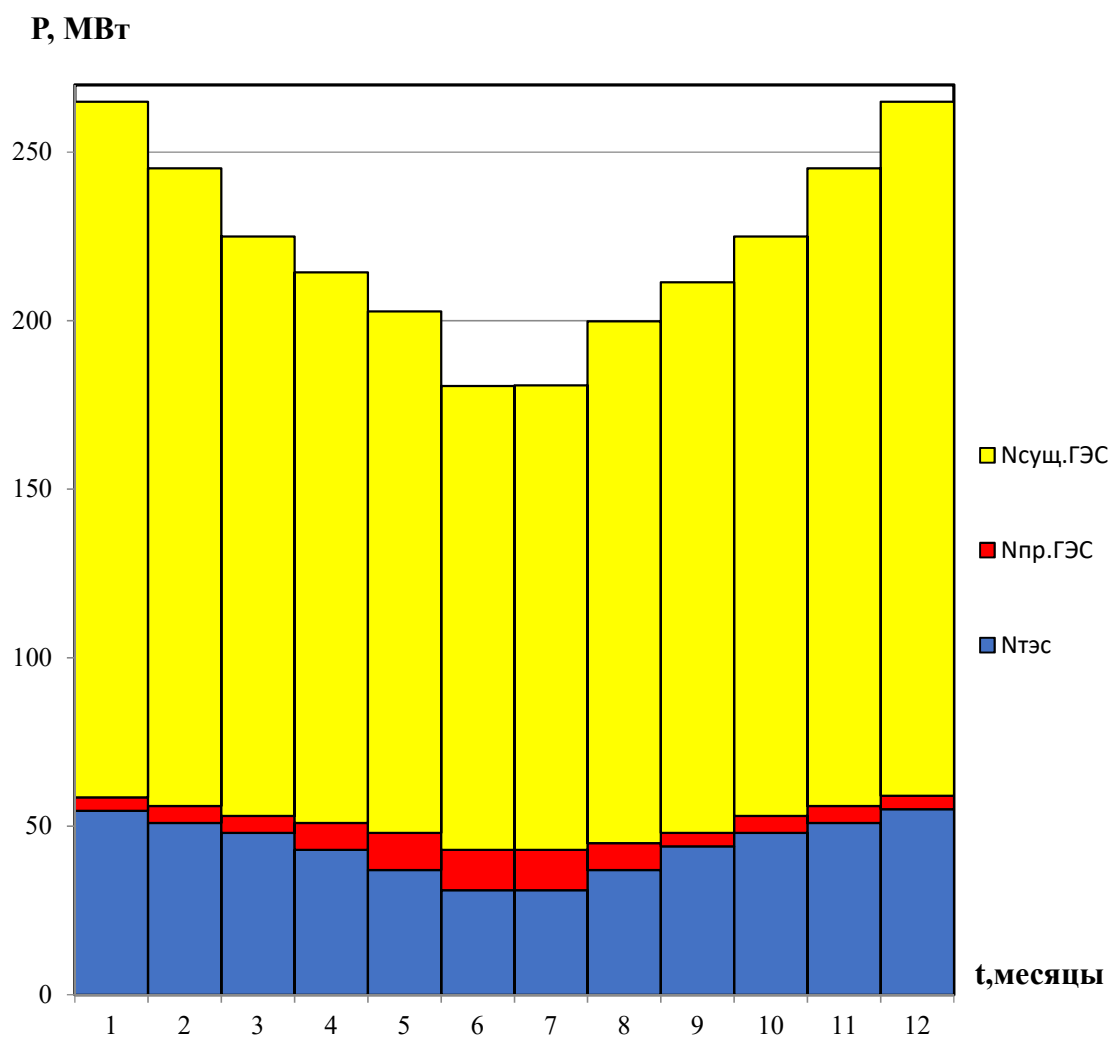


Рисунок Б.1 – Баланс энергии энергосистемы

Окончание приложения Б

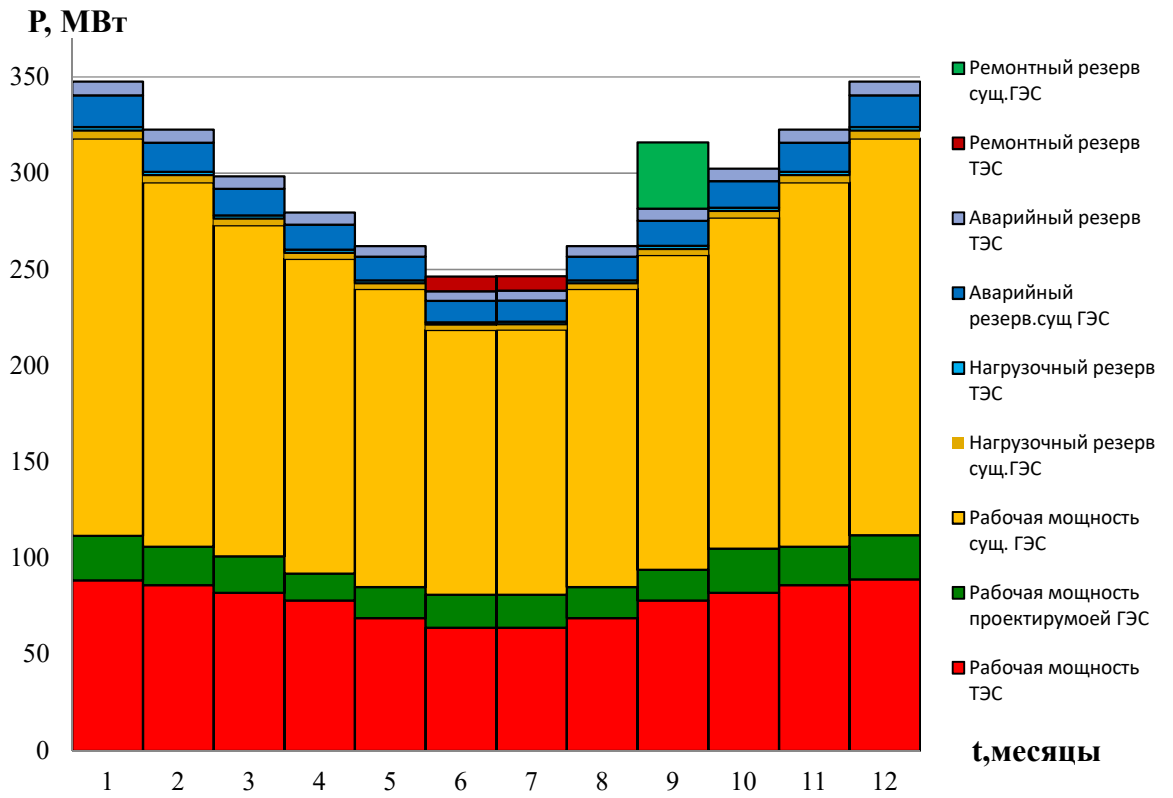


Рисунок Б.2 – Баланс мощности энергосистемы

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Основное и вспомогательное оборудование

Таблица 1

Основные параметры модельных реактивных гидротурбин

| Марка | Горизонтальные | | | | | | Вертикальные | | | | | |
|-------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|---------|--------|--------|--------|-------|
| | ПЛ10-ГК | ПЛ15-ГК | ПЛ20-ГК | ПЛ25-ГК | ПЛ30а-В | ПЛ30б-В | ПЛ40а-В | ПЛ40б-В | ПЛ50-В | ПЛ60-В | ПЛ70-В | |
| № УХ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| $H_{пред}, м$ | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 30 | 30 | 40 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| $H_{мин}/H_{max}$ | 0.33 | 0.33 | 0.35 | 0.35 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| $l_{л. опт. об/м}$ | 150 | 145 | 155 | 150 | 146 | 126 | 130 | 125 | 123 | 116 | 116 | 106 |
| $Q_{л. опт. л/с}$ | 1800 | 1700 | 1580 | 1680 | 1160 | 890 | 1270 | 1020 | 1150 | 1000 | 1080 | 860 |
| $l_{л. опт.}$ | 0.924 | 0.916 | 0.918 | 0.912 | 0.920 | 0.912 | 0.911 | 0.913 | 0.904 | 0.916 | 0.913 | 0.902 |
| $Q_{l. макс. л/с}$ | 3250 | 3000 | 2750 | 2750 | 2000 | 1950 | 1900 | 1800 | 1700 | 1500 | 1500 | 1400 |
| $\sigma (Q_{l. макс.})$ | 2.4 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.65 | 0.65 | 0.55 | 0.55 | 0.55 |
| $D_{l. ин. м}$ | 0.460 | 0.460 | 0.460 | 0.460 | 0.500 | 0.460 | 0.460 | 0.460 | 0.460 | 0.460 | 0.460 | 0.460 |
| $H_{мод. м}$ | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| $t_{мод. °C}$ | 16 | 6 | 18 | 18 | 20 | 5 | 21 | 10 | 20 | 21 | 20 | 4 |

| Марка | Диагональные | | | | | |
|-------------------------|--------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| | ПЛД50-В60° | ПЛД60-В60° | ПЛД70-В60° | ПЛД90-В45° | ПЛД115-В45° | ПЛД140-В45° |
| № УХ | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| $H_{пред}, м$ | 50 | 60 | 70 | 90 | 115 | 140 |
| $H_{мин}/H_{max}$ | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| $l_{л. опт. об/м}$ | 113 | 111 | 107 | 85 | 83 | 85 |
| $Q_{л. опт. л/с}$ | 1100 | 1130 | 1020 | 820 | 830 | 800 |
| $l_{л. опт.}$ | 0.910 | 0.906 | 0.907 | 0.921 | 0.916 | 0.921 |
| $Q_{l. макс. л/с}$ | 1650 | 1600 | 1600 | 1300 | 1200 | 1100 |
| $\sigma (Q_{l. макс.})$ | 0.60 | 0.65 | 0.60 | 0.45 | 0.40 | 0.35 |
| $D_{l. ин. м}$ | 0.350 | 0.460 | 0.345 | 0.460 | 0.460 | 0.460 |
| $H_{мод. м}$ | 5 | 12 | 6 | 4 | 4 | 4 |
| $t_{мод. °C}$ | 16 | 20 | 7 | 16 | 9 | 7 |

| Марка | Радиально - осевые | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------|--------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|--|
| | РО45-В | РО75-В | РО115-В | РО140-В | РО170а-В | РО170б-В | РО230а-В | РО230б-В | РО310-В | РО400-В | РО500-В | |
| № УХ | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | |
| $H_{пред}, м$ | 45 | 75 | 115 | 140 | 170 | 170 | 230 | 230 | 310 | 400 | 500 | |
| $H_{мин}/H_{max}$ | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.70 | 0.80 | |
| $l_{л. опт. об/м}$ | 82 | 83 | 75 | 73 | 68 | 69 | 66 | 69 | 64 | 65 | 66 | |
| $Q_{л. опт. л/с}$ | 1200 | 1020 | 900 | 840 | 625 | 585 | 500 | 500 | 400 | 237 | 227 | |
| $l_{л. опт.}$ | 0.921 | 0.920 | 0.927 | 0.927 | 0.923 | 0.928 | 0.926 | 0.926 | 0.928 | 0.908 | 0.907 | |
| $Q_{l. макс. л/с}$ | 1430 | 1200 | 1080 | 980 | 780 | 670 | 640 | 580 | 500 | 310 | 280 | |
| $\sigma (Q_{l. макс.})$ | 0.23 | 0.13 | 0.15 | 0.15 | 0.07 | 0.12 | 0.085 | 0.065 | 0.075 | 0.04 | 0.04 | |
| $D_{l. ин. м}$ | 0.460 | 0.460 | 0.5156 | 0.515 | 0.4355 | 0.5587 | 0.625 | 0.630 | 0.388 | 0.800 | 0.800 | |
| $H_{мод. м}$ | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 30 | 5 | 5 | |
| $t_{мод. °C}$ | 8 | 20 | 2 | 16 | 7 | 4 | 8 | 7 | 20 | 19 | 19 | |

Рисунок В.1 – Основные параметры модельных реактивных гидротурбин

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Основное и вспомогательное оборудование

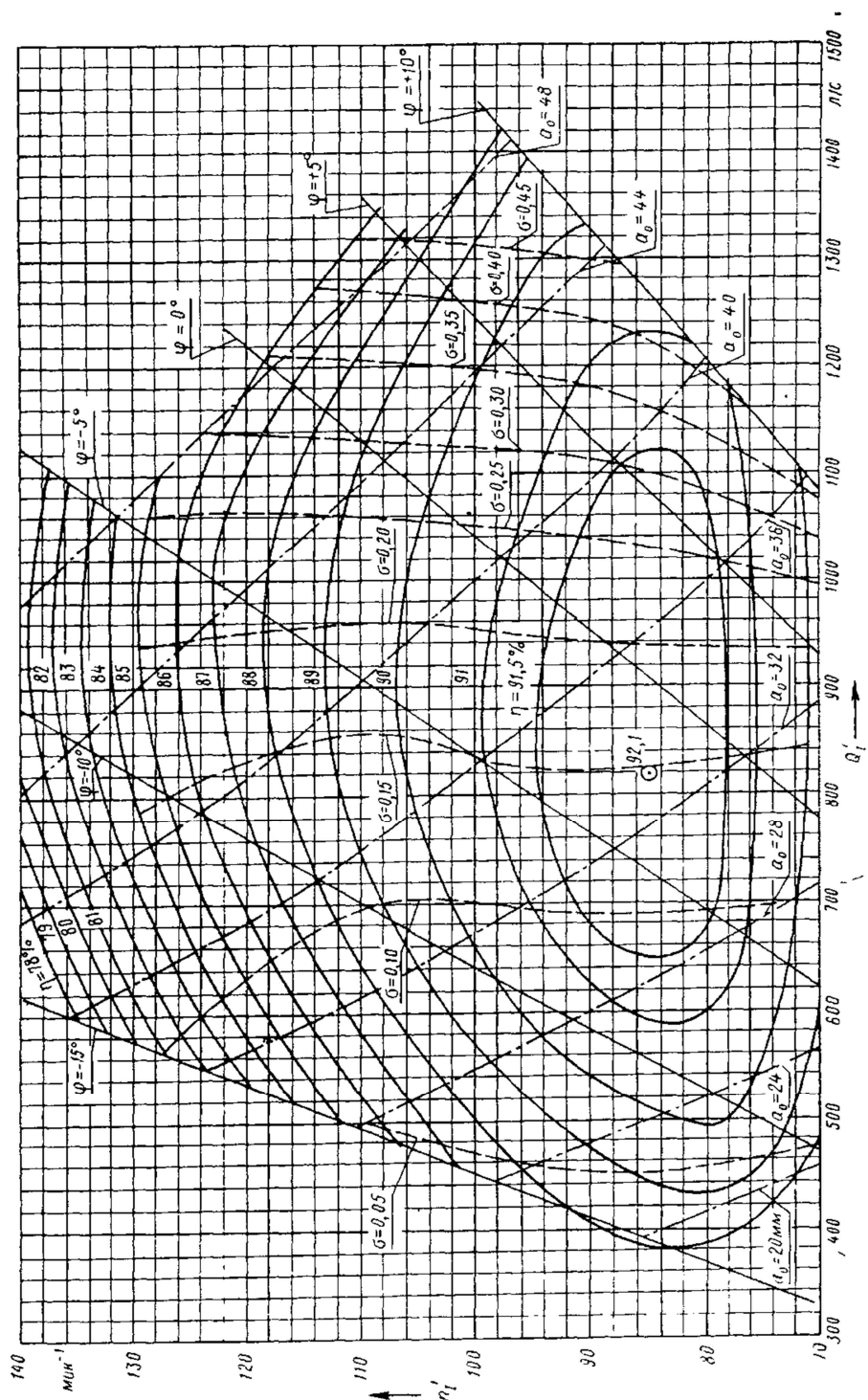


Рисунок Г.1 – Главная универсальная характеристика турбины ПЛД90 - В45°

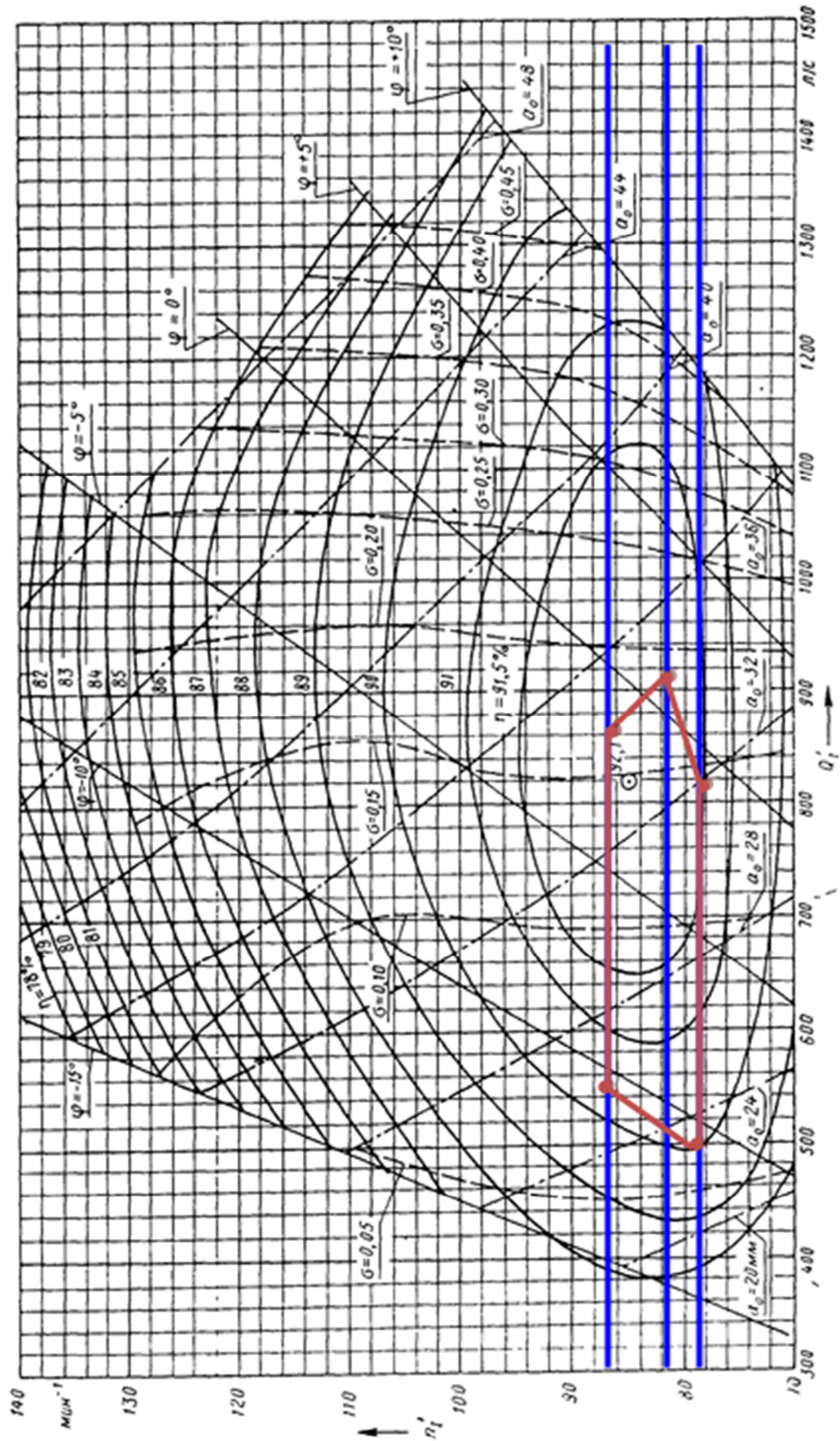


Рисунок Г.2 – Зона работы турбины ПЛД90 - В45° - 160

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Основное и вспомогательное оборудование

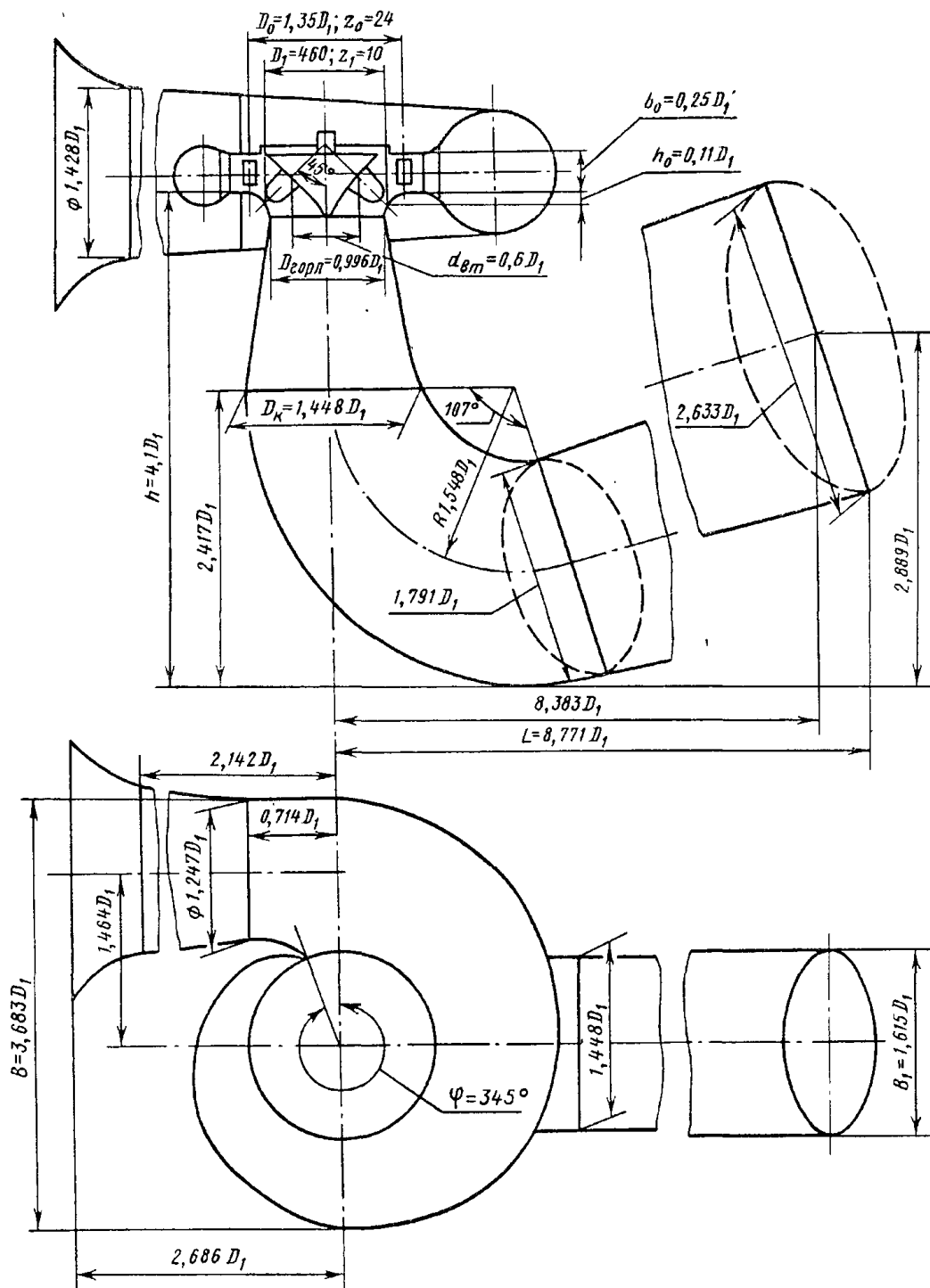


Рисунок Д.1 – Проточная часть модели гидротурбины

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Основное и вспомогательное оборудование

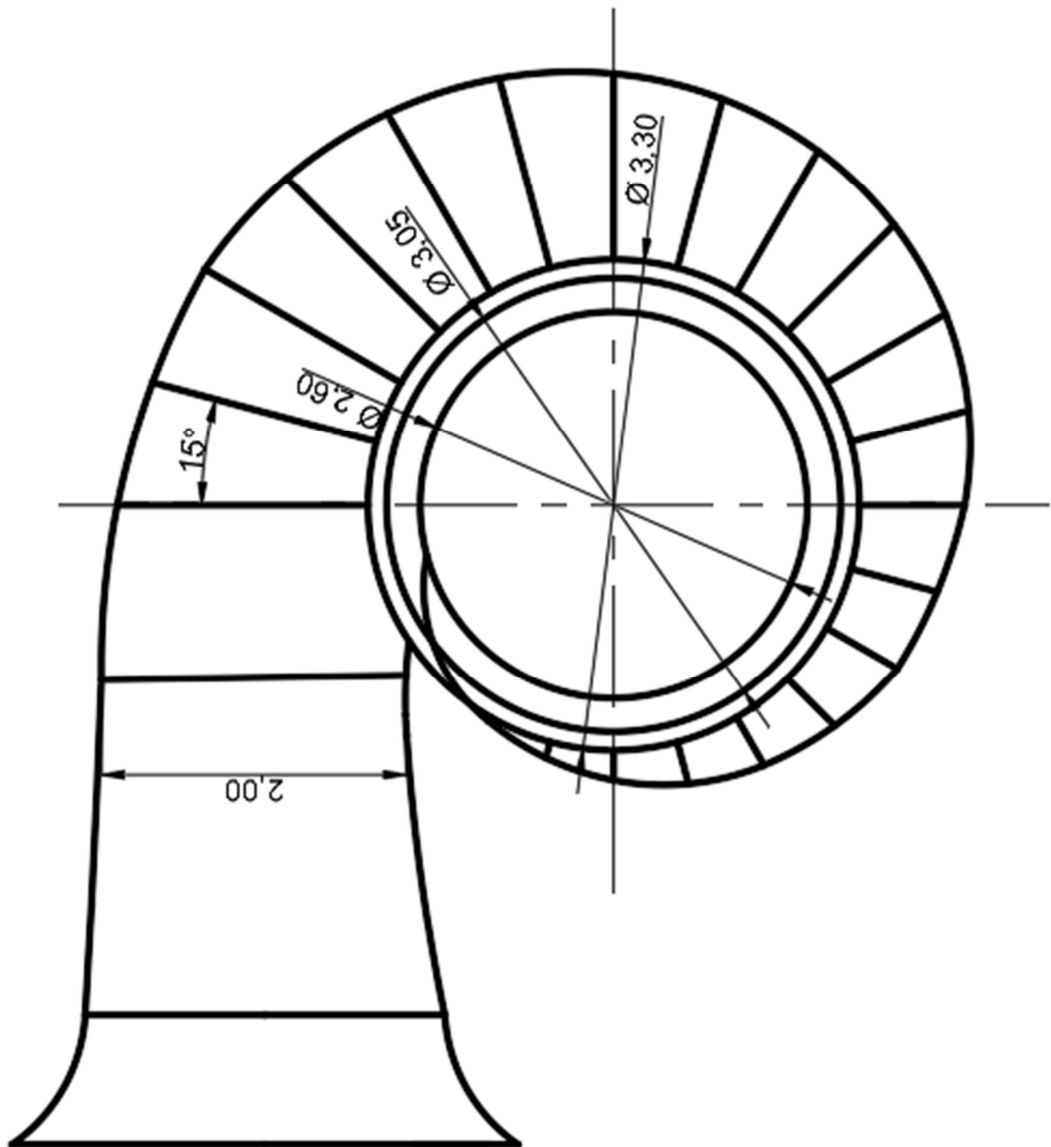
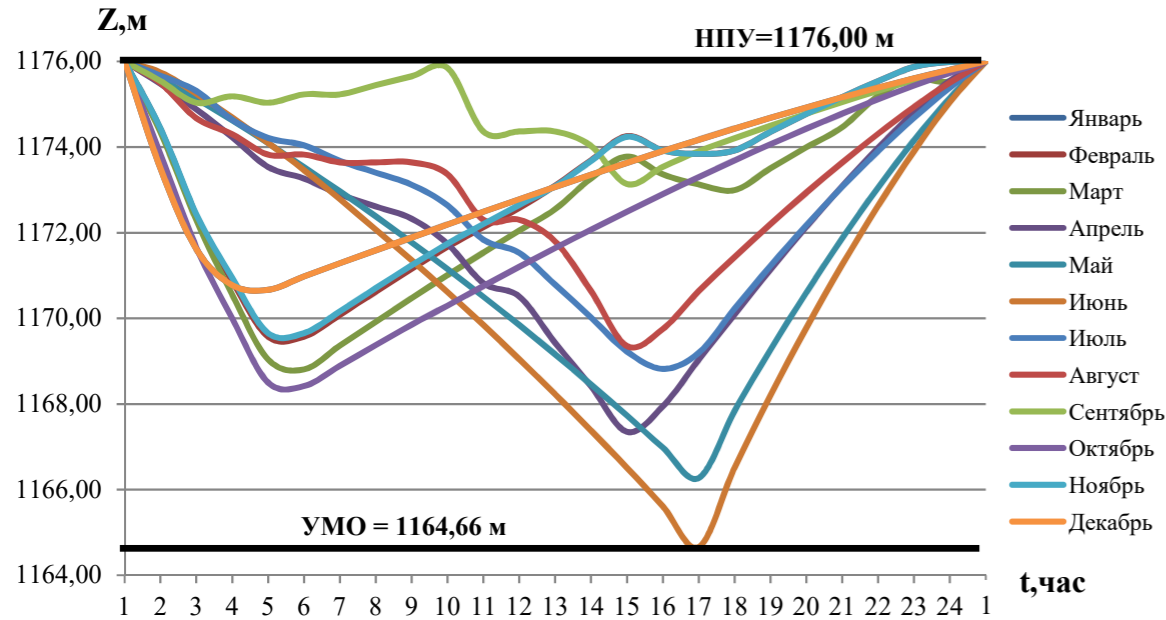


Рисунок Е.1 – План спиральной камеры

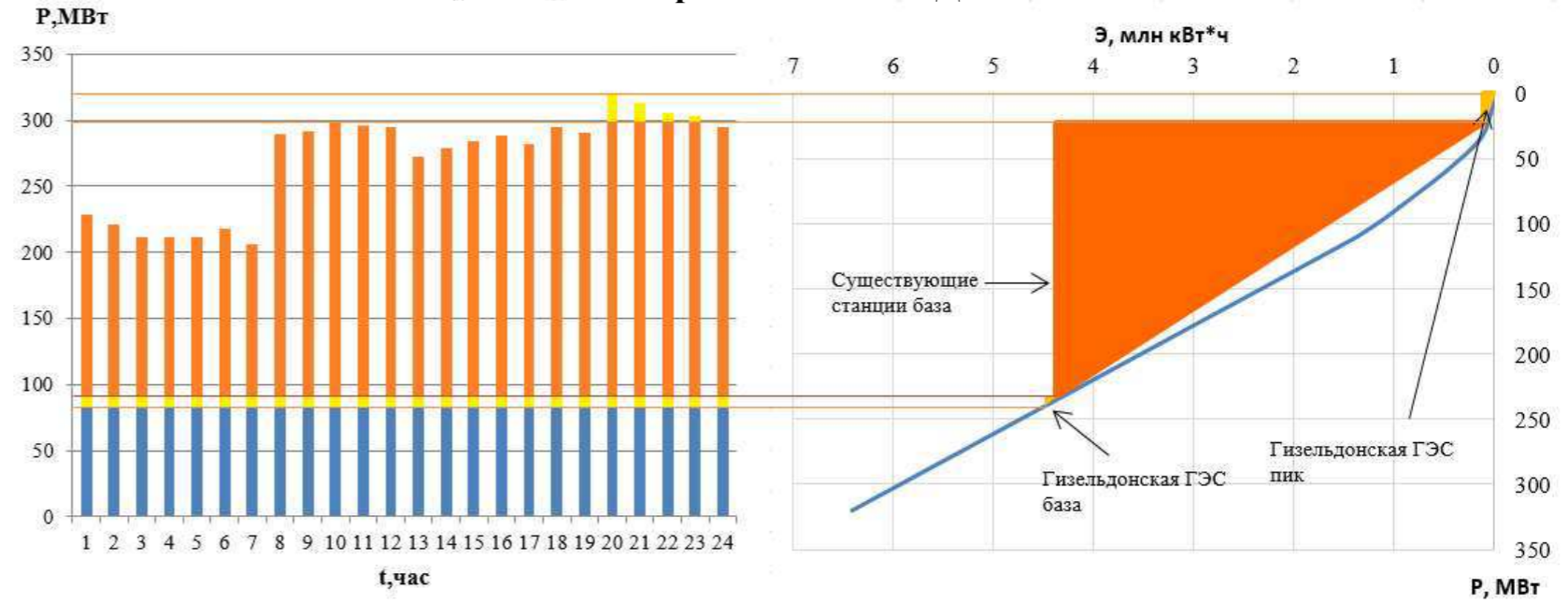
Выбор установленной мощности Гизельдонской ГЭС

$N_{уст} = 23 \text{ МВт}$
 $\mathcal{E} = 58 \text{ млн.кВт} \cdot \text{ч}$

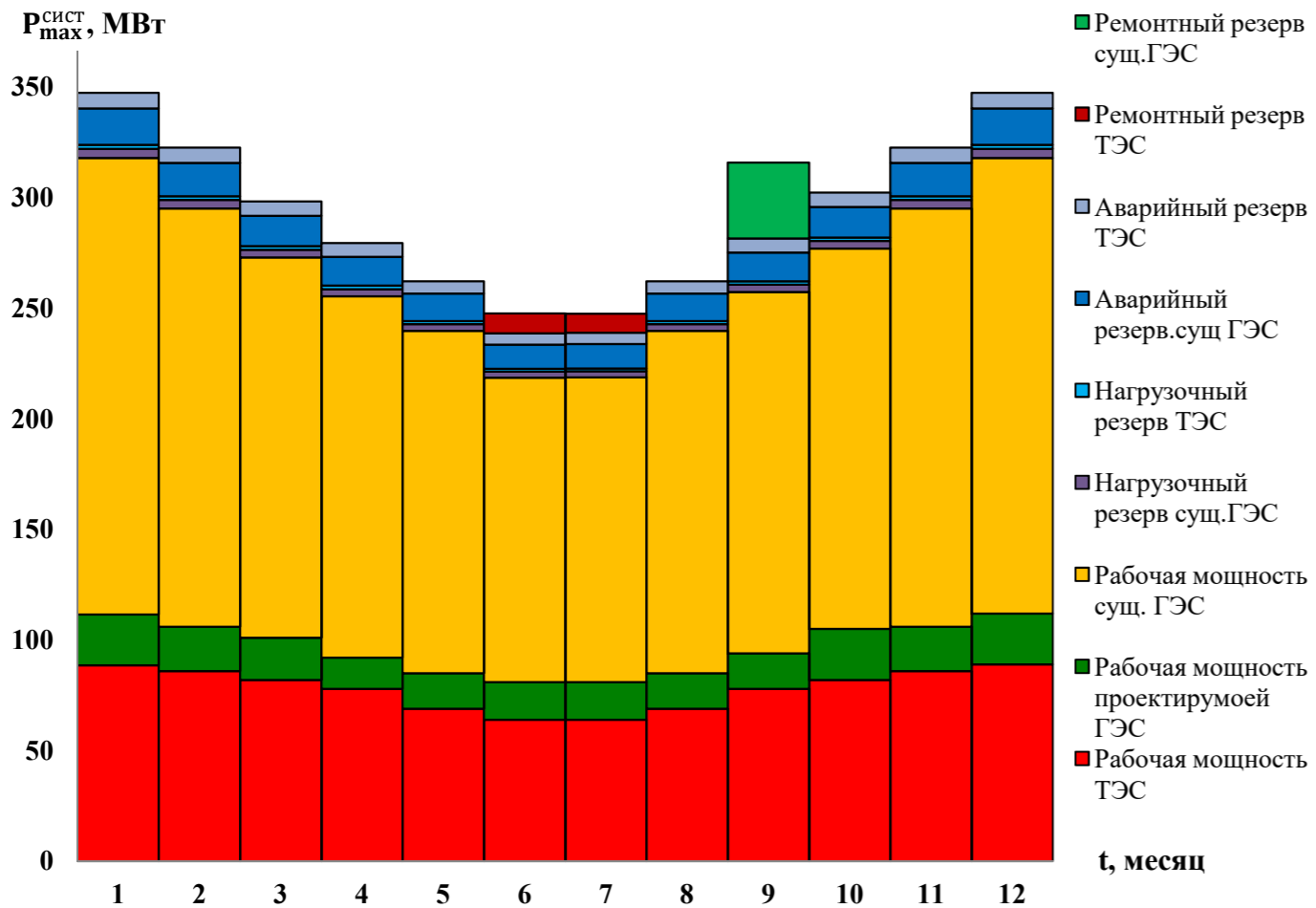
График сработки - наполнения водохранилища суточного регулирования



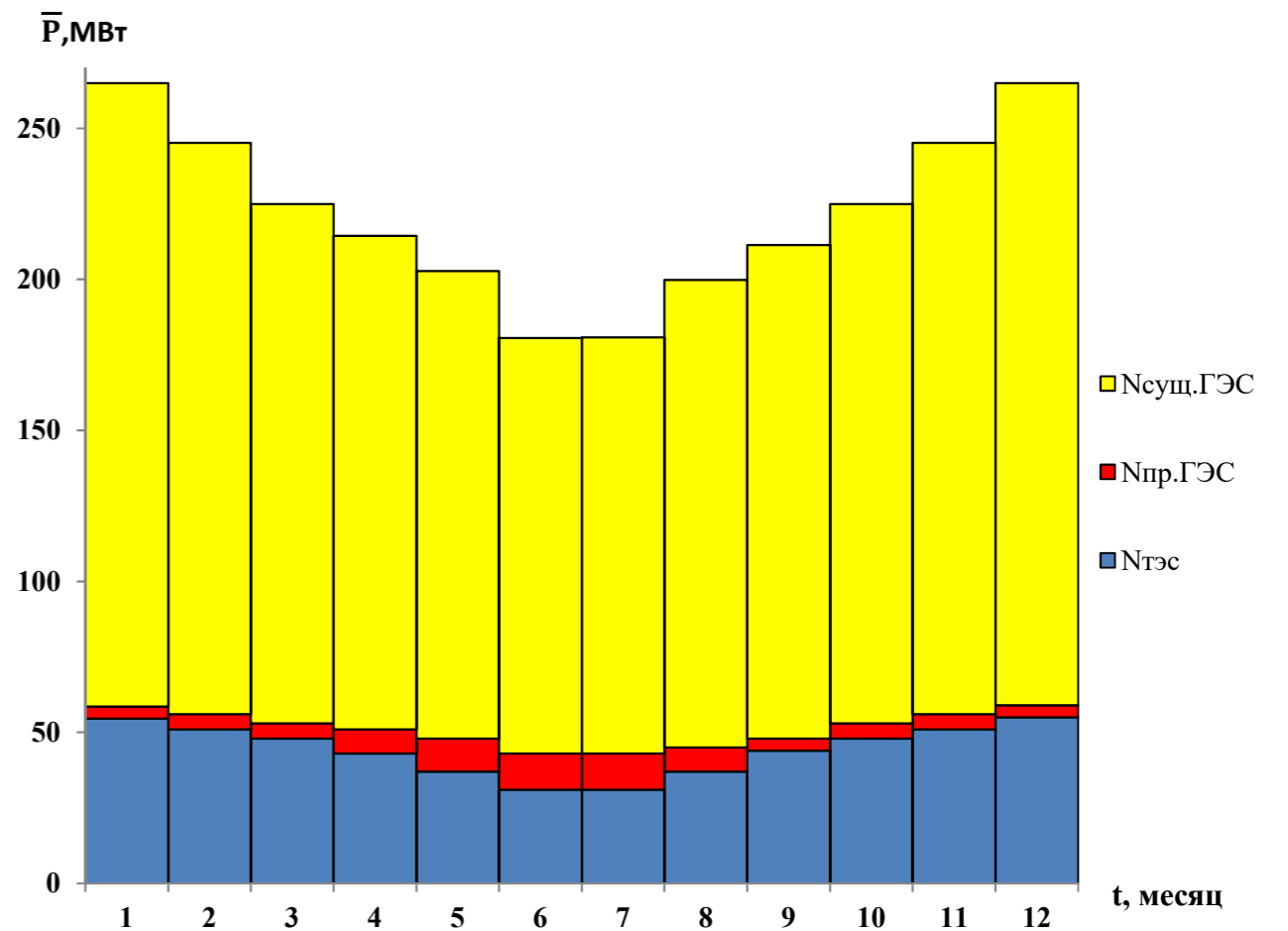
Зимний суточный график нагрузок и интегральная кривая нагрузок Северокавказского РДУ



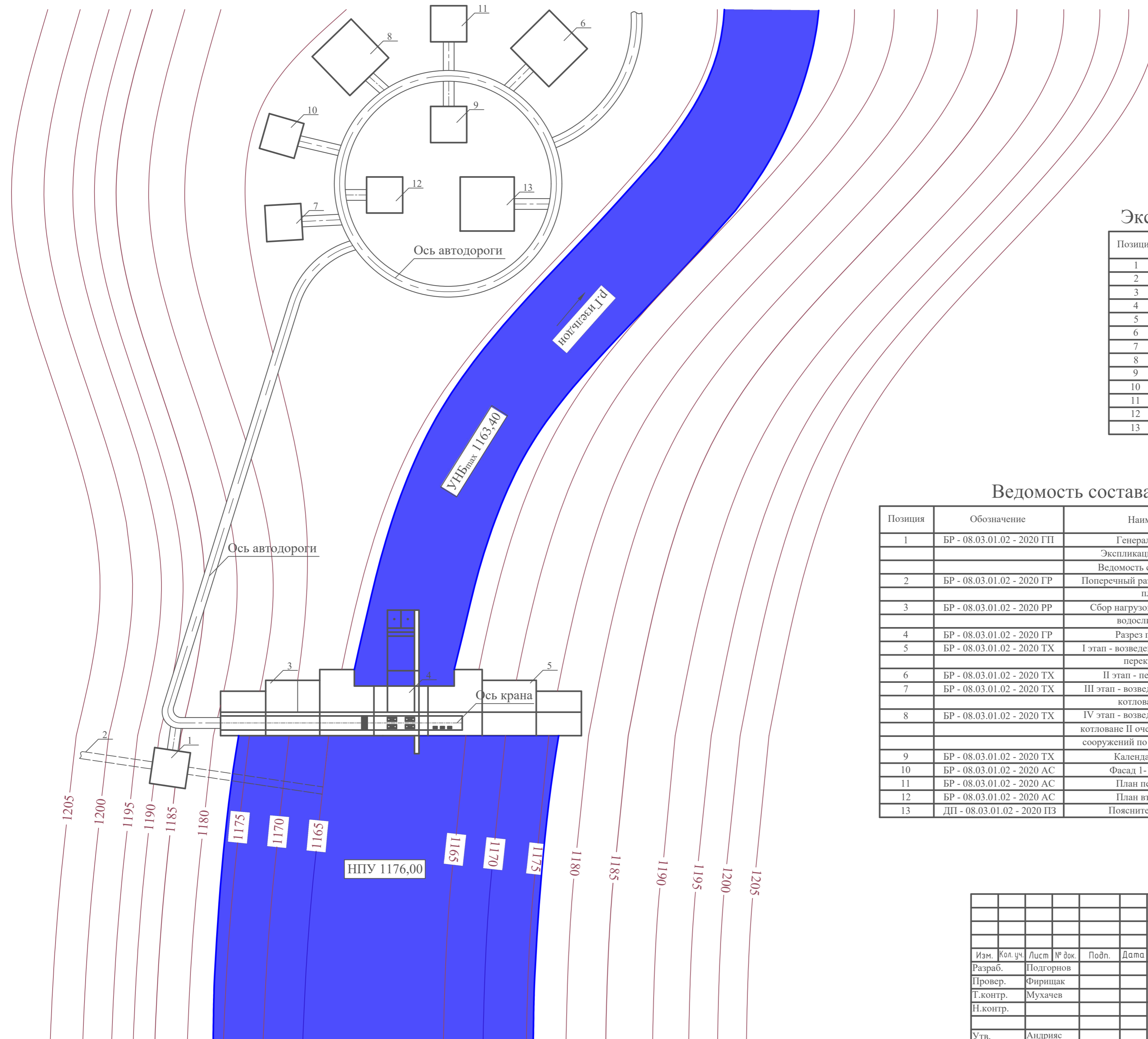
Баланс мощности



Баланс энергии



Генеральный план (1:750)



Экспликация сооружений

| Позиция | Наименование |
|---------|---------------------------------------|
| 1 | Береговой водоприемник |
| 2 | Напорный туннель |
| 3 | Бетонная глухая левобережная плотина |
| 4 | Бетонная водосливная плотина |
| 5 | Бетонная глухая правобережная плотина |
| 6 | Временный поселок |
| 7 | Бетонный завод |
| 8 | Автобаза |
| 9 | Ремонтные мастерские |
| 10 | База БВР |
| 11 | Управление механизацией |
| 12 | Склад ГСМ |
| 13 | Склад ГЭМ и СГЭМ |

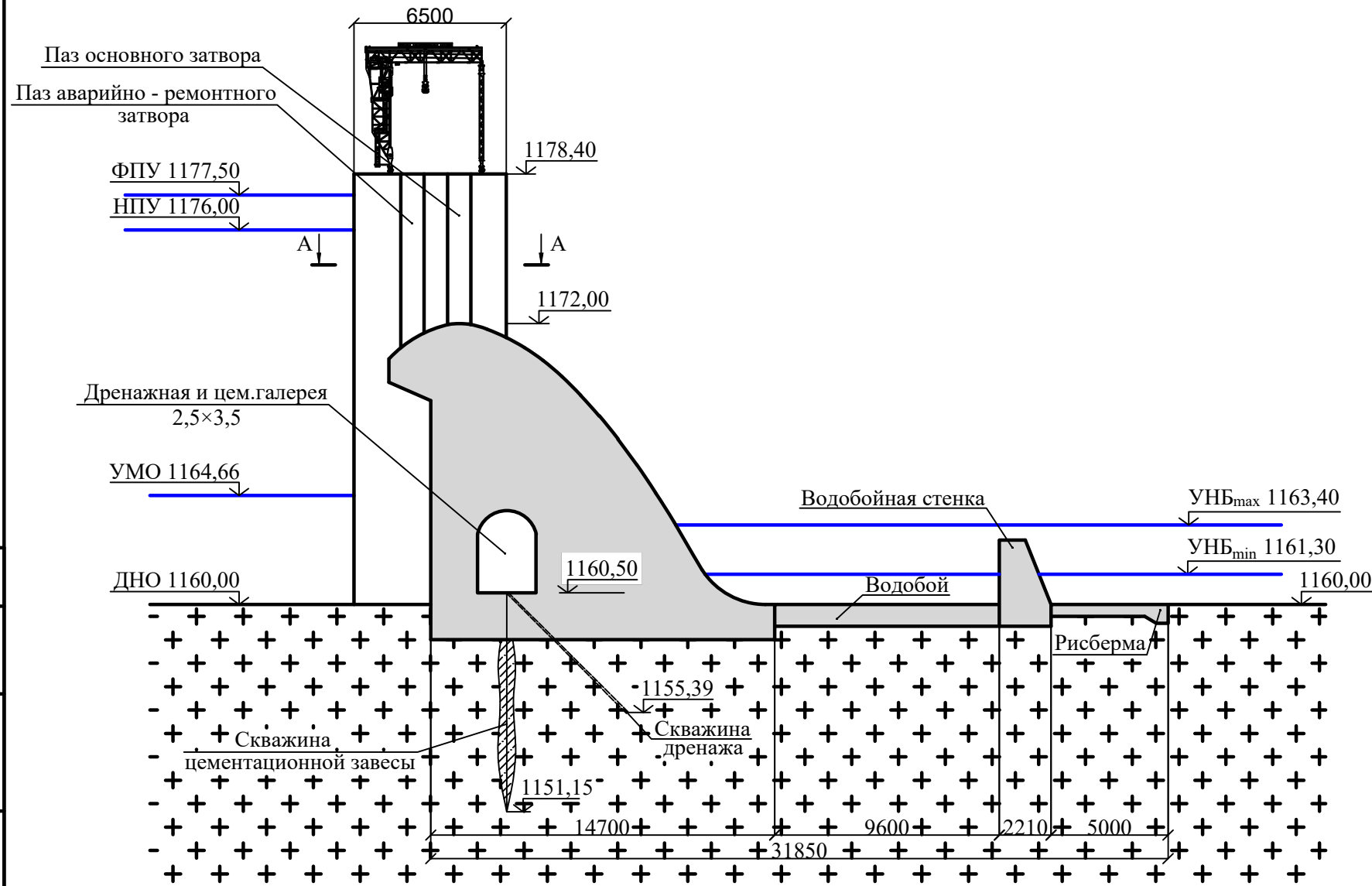
Ведомость состава проекта

| Позиция | Обозначение | Наименование | Примечание |
|---------|----------------------------|---|------------|
| 1 | БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП | Генеральный план | Лист 1 |
| | | Экспликация сооружений | |
| | | Ведомость состава проекта | |
| 2 | БР - 08.03.01.02 - 2020 ГР | Поперечный разрез по водосливной плотине | Лист 2 |
| 3 | БР - 08.03.01.02 - 2020 РР | Сбор нагрузок, действующих на водосливную плотину | Лист 3 |
| 4 | БР - 08.03.01.02 - 2020 ГР | Разрез по оси агрегата | Лист 4 |
| 5 | БР - 08.03.01.02 - 2020 ТХ | I этап - возведение сооружений для перекрытия русла | Лист 5 |
| 6 | БР - 08.03.01.02 - 2020 ТХ | II этап - перекрытие русла | Лист 6 |
| 7 | БР - 08.03.01.02 - 2020 ТХ | III этап - возведение сооружений в котловане I очереди | Лист 7 |
| 8 | БР - 08.03.01.02 - 2020 ТХ | IV этап - возведение сооружений в котловане II очереди и наращивание сооружений по всему фронту работ | Лист 8 |
| 9 | БР - 08.03.01.02 - 2020 ТХ | Календарный график | Лист 9 |
| 10 | БР - 08.03.01.02 - 2020 АС | Фасад 1-10. Фасад Г-А | Лист 10 |
| 11 | БР - 08.03.01.02 - 2020 АС | План первого этажа | Лист 11 |
| 12 | БР - 08.03.01.02 - 2020 АС | План второго этажа | Лист 12 |
| 13 | ДП - 08.03.01.02 - 2020 ПЗ | Пояснительная записка | |

| | |
|----------------|--|
| Создано | |
| Васм. инв. № | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | |
|---|----------|-----------|--------|------------------|------|
| БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП | | | | | |
| Саяно-Шушенский филиал СФУ | | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| Разраб. | | Подгорнов | | | |
| Провер. | | Фирищак | | | |
| Г.контр. | | Мухачев | | | |
| Н.контр. | | | | | |
| Утв. | | Андряс | | | |
| Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон | | | | Стадия | Лист |
| Генеральный план. Экспликация сооружений. Ведомость состава проекта | | | | 1 | 12 |
| | | | | Кафедра ГТС и ГМ | |

Поперечный разрез по водосливной плотине (1:250)

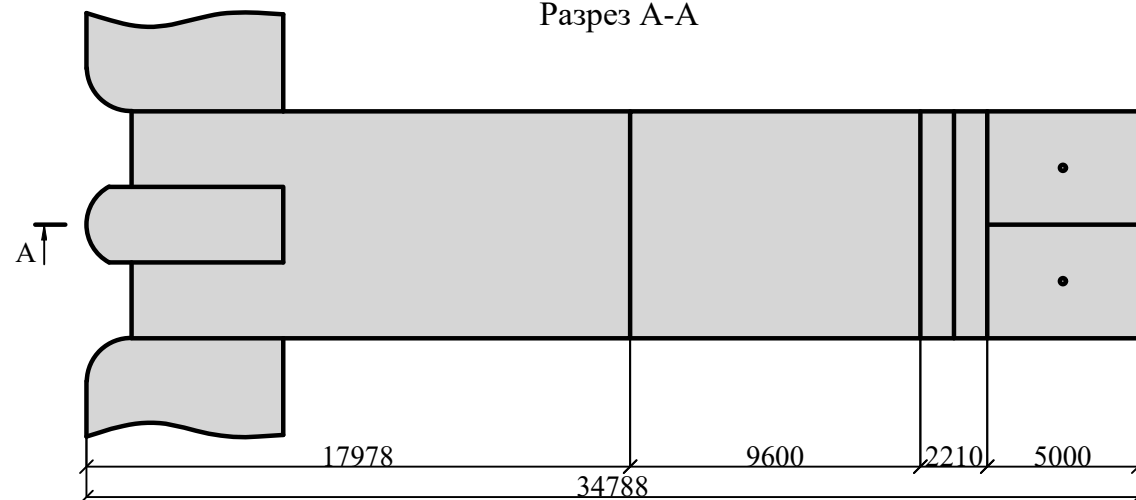


- Плотина (водосливная)**
- Тип - гравитационная;
 - Материал - железобетон;
 - Порода основания - гранит;
 - Параметры:
 - Длина по гребню: 100 м;
 - Ширина по гребню: 6,50 м;
 - Наибольшая высота: 18,40 м.

- Поверхностный водослив**
- Количество отверстий - 2;
 - Размер отверстия - 2,50 × 4,00 м;
 - Ширина водосливных отверстий в свету - 5,00 м;
 - Пропускная способность одного отверстия - 18,22 м³/с.

- Водовыпуск (донное отверстие)**
- Количество отверстий - 2;
 - Размер отверстия - 1,00 × 1,30 м;
 - Пропускная способность одного отверстия - 13,97 м³/с.

Разрез А-А



1. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП.

| | | | | | |
|--|-----------|------|--------|--------|--------|
| БР - 08.03.01.02 - 2020 ГР | | | | | |
| Саяно-Шушенский филиал СФУ | | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| Разраб. | Подгорнов | | | | |
| Провер. | Фирищак | | | | |
| Т.контр. | Мухачев | | | | |
| Н.контр. | | | | | |
| Утв. | Андряс | | | | |
| Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон | | | | Стадия | Лист |
| Поперечный разрез по водосливной плотине | | | | 2 | Листов |
| Кафедра ГТС и ГМ | | | | | |

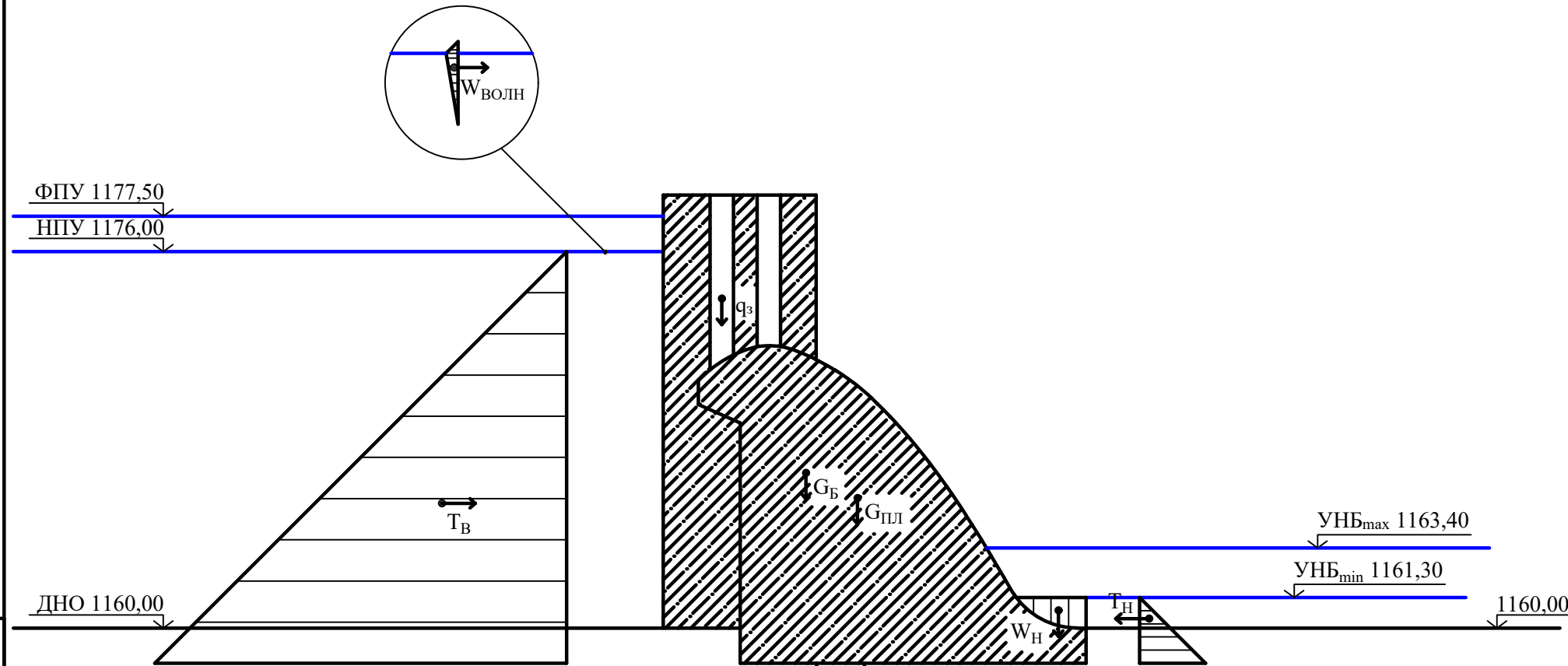
Согласовано

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Сбор нагрузок, действующих на водосливную плотину (1:250)

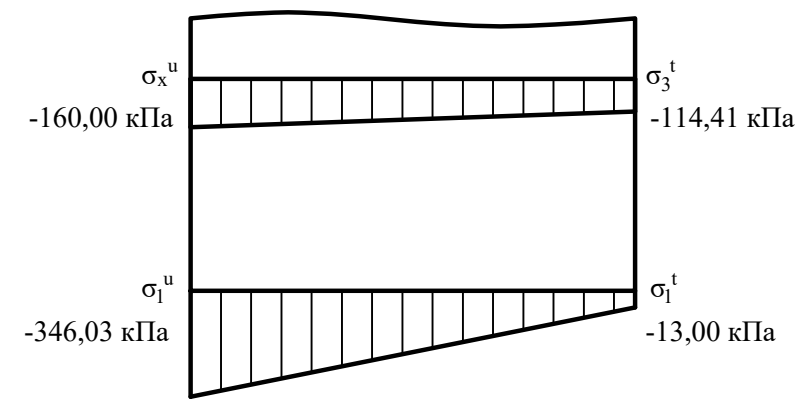
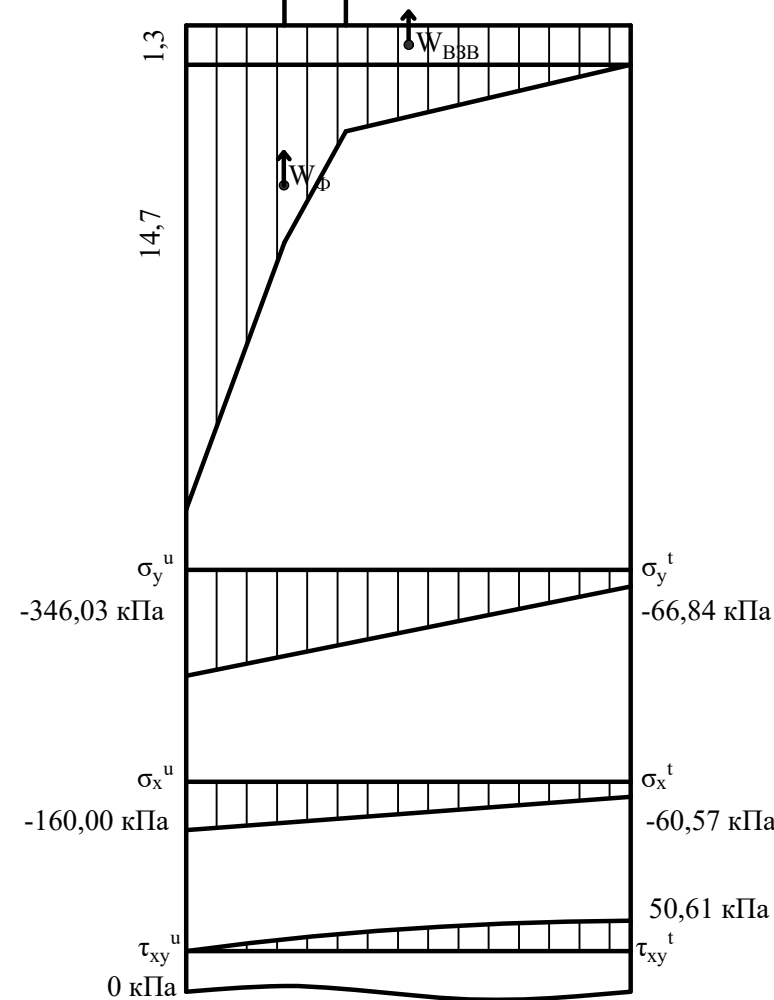


$G_{пл}$ - вес водосливной плотины;
 $G_б$ - вес быка;
 $q_з$ - вес затвора;
 $T_в$ - гидростатическое давление воды со стороны верхнего бьефа;
 $T_н$ - гидростатическое давление воды со стороны нижнего бьефа;
 $W_н$ - вертикальна составляющая гидростатического давления со стороны нижнего бьефа;
 $W_{взв}$ - взвешивающее давление воды;
 $W_ф$ - фильтрационное давление воды;
 $W_{волн}$ - волновое давление воды.

Нагрузки:
 у - нормальные напряжения, действующие по горизонтальным площадкам, кПа;
 х - нормальные напряжения, действующие по вертикальным площадкам, кПа;
 1,2 - главные напряжения.

Напряжение в активном сечении "основание - бетон" (кПа)

| | Напорная грань | Низовая грань |
|---|----------------|---------------|
| 1 | -346,03 | -13,00 |
| 2 | -160,00 | -114,41 |



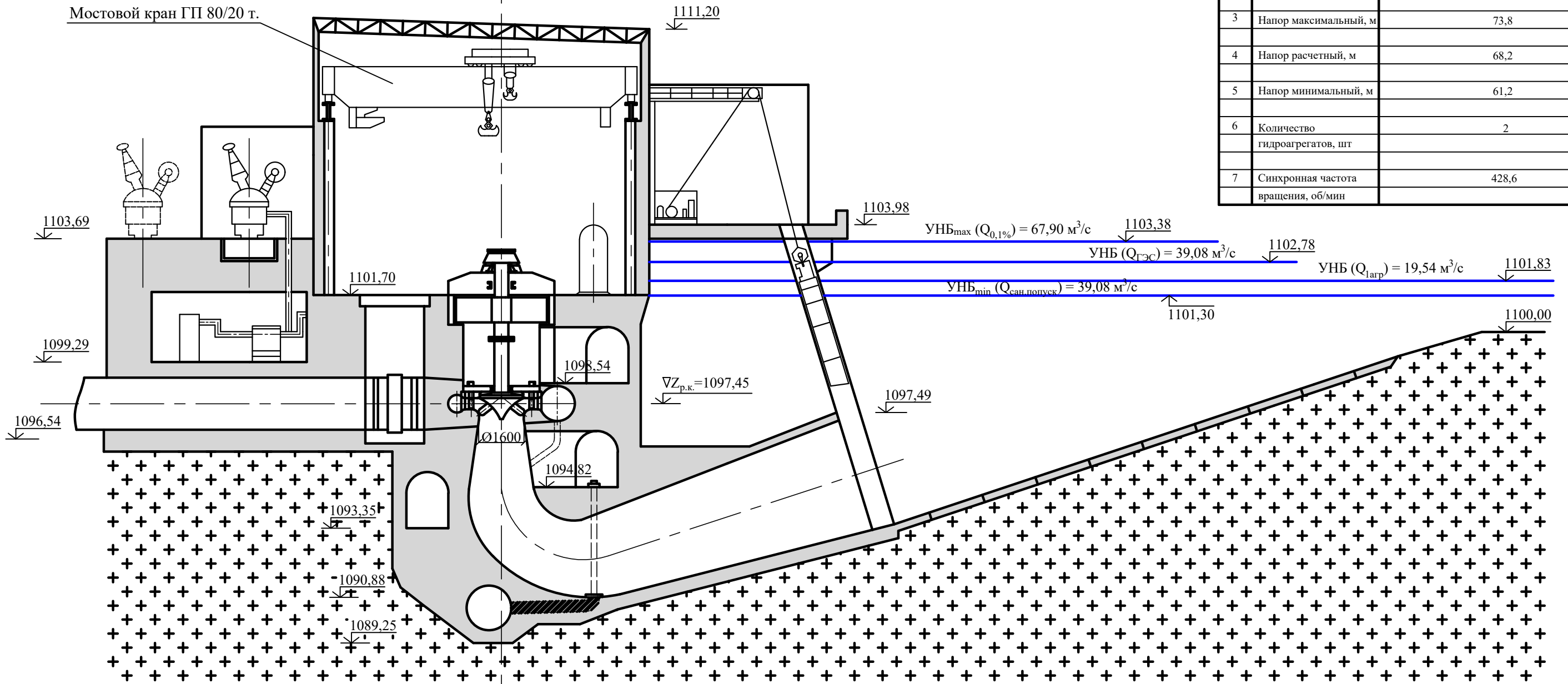
1. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП;
2. Значения ординат фильтрационного давления даны в м вод.ст.

| БР - 08.03.01.02 - 2020 РР | | | | | |
|--|----------|-----------|--------|------------------|--------|
| Саяно-Шушенский филиал СФУ | | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| Разраб. | | Подгорнов | | | |
| Провер. | | Фирищак | | | |
| Т.контр. | | Мухачев | | | |
| Н.контр. | | | | | |
| Утв. | | Андряс | | | |
| Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон | | | | Стадия | Лист |
| Сбор нагрузок, действующих на водосливную плотину | | | | 3 | Листов |
| | | | | Кафедра ГТС и ГМ | |

Разрез по оси агрегата (1:150)

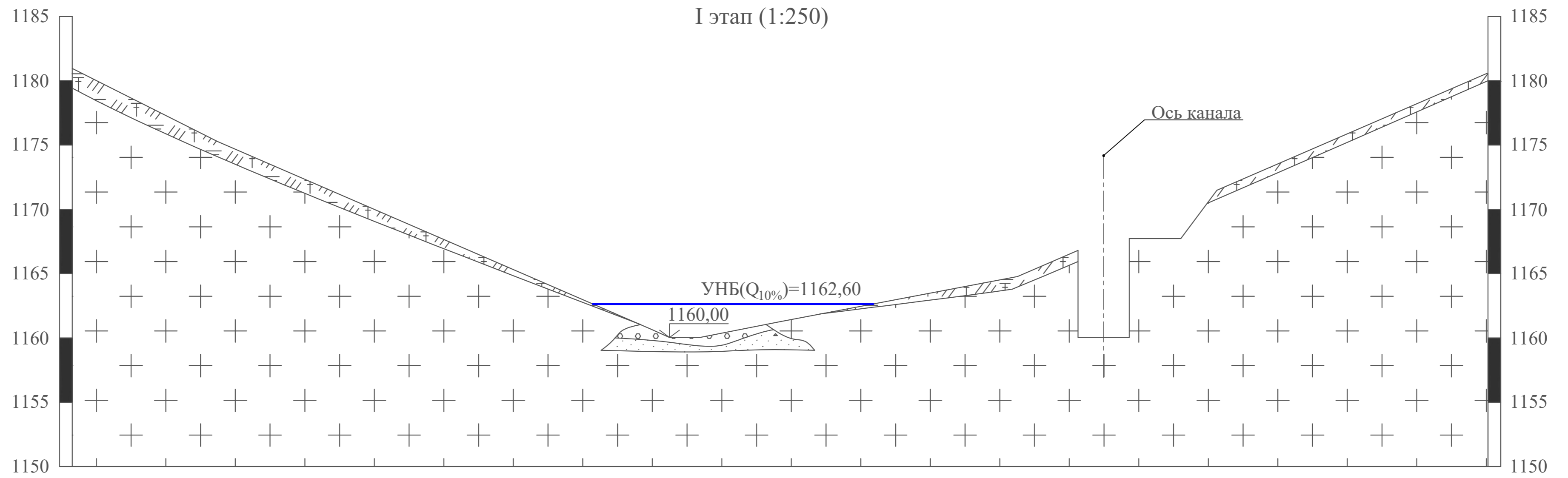
Основные характеристики гидросилового оборудования

| № | Наименование | Тип, параметры |
|---|-------------------------------------|-------------------|
| 1 | Турбина | ПЛД190 - В45°-160 |
| | поворотно-лопастная | |
| | диагональная | |
| 2 | Генератор | ВГС - 325/89 - 14 |
| 3 | Напор максимальный, м | 73,8 |
| 4 | Напор расчетный, м | 68,2 |
| 5 | Напор минимальный, м | 61,2 |
| 6 | Количество гидроагрегатов, шт | 2 |
| 7 | Синхронная частота вращения, об/мин | 428,6 |

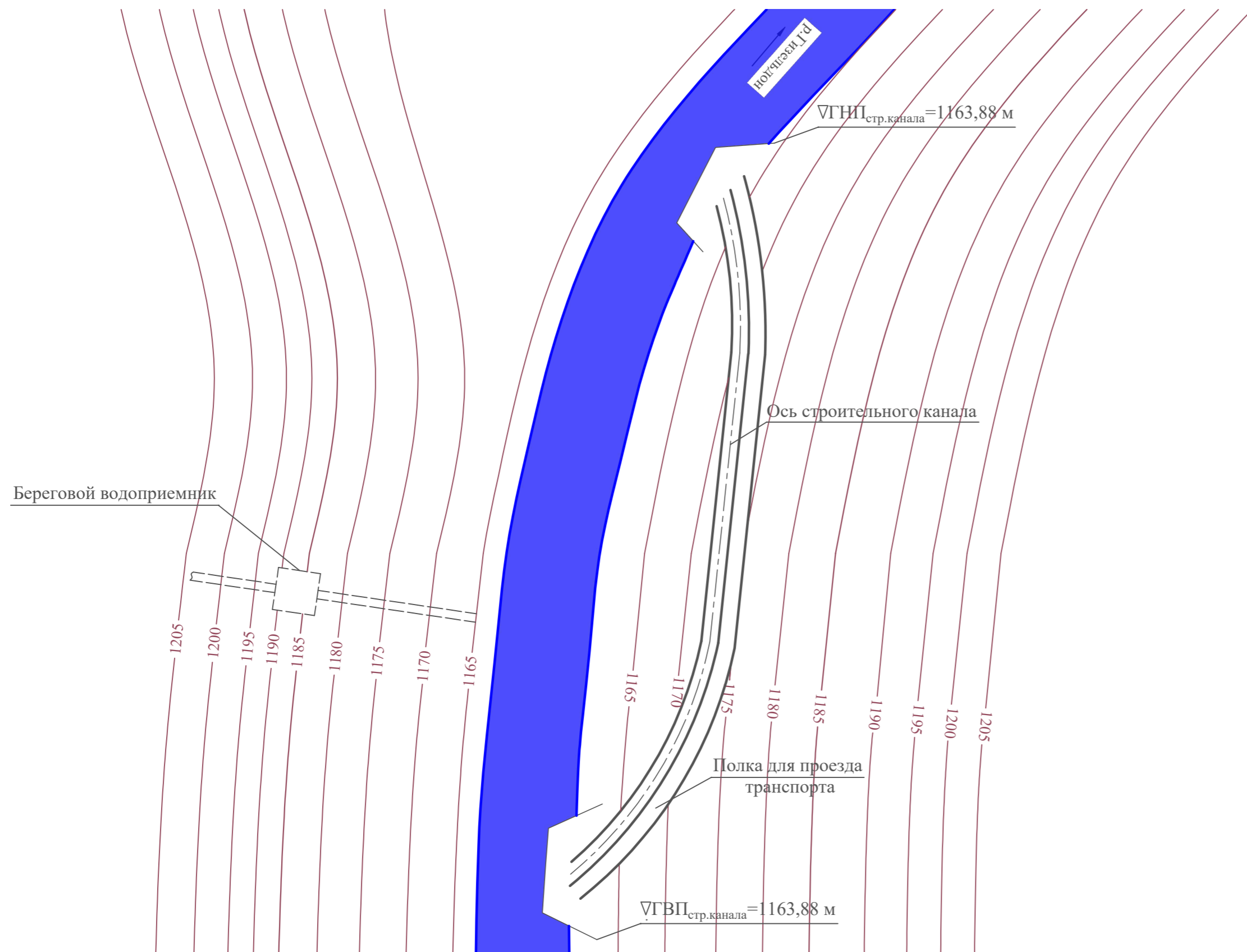


1. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП.

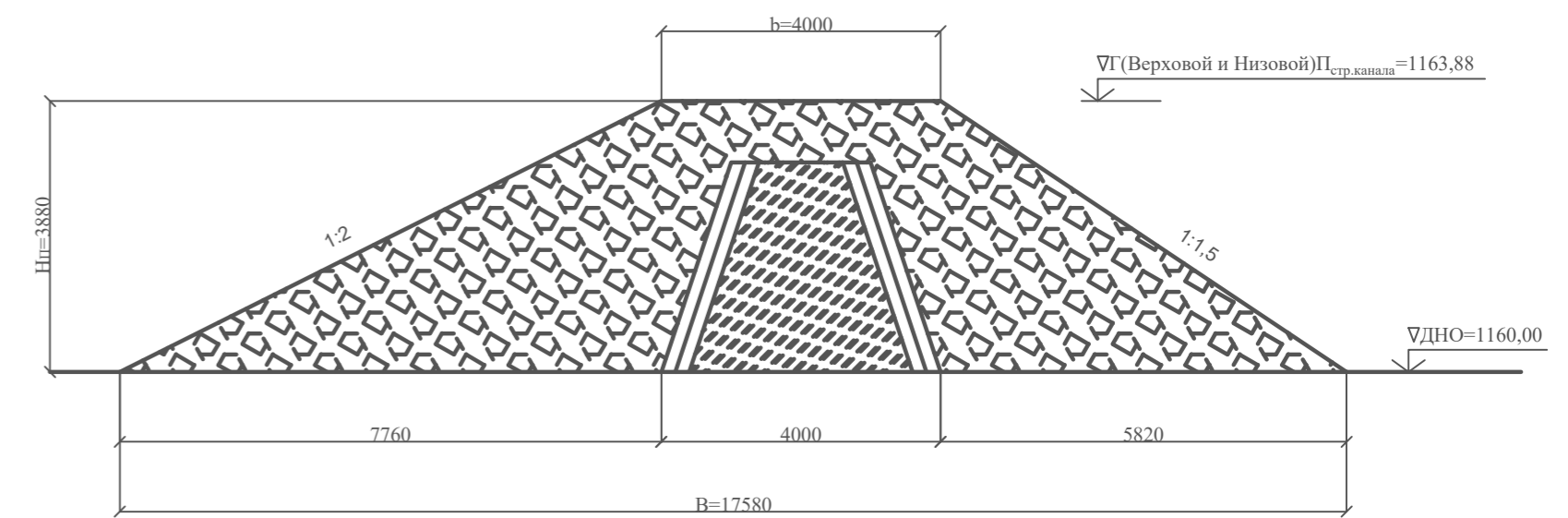
| БР - 08.03.01.02 - 2020 ГР | | | | | |
|--|----------|--------------|--------|------------------|--------|
| Саяно-Шушенский филиал СФУ | | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| Разраб. | | Подгорнов | | | |
| Провер. | | Масленникова | | | |
| Т.контр. | | Мухачев | | | |
| Н.контр. | | | | | |
| Утв. | | Андрьяс | | | |
| Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон | | | | Стадия | Лист |
| Разрез по оси агрегата | | | | 4 | Листов |
| | | | | Кафедра ГТС и ГМ | |



I этап (1:1000)



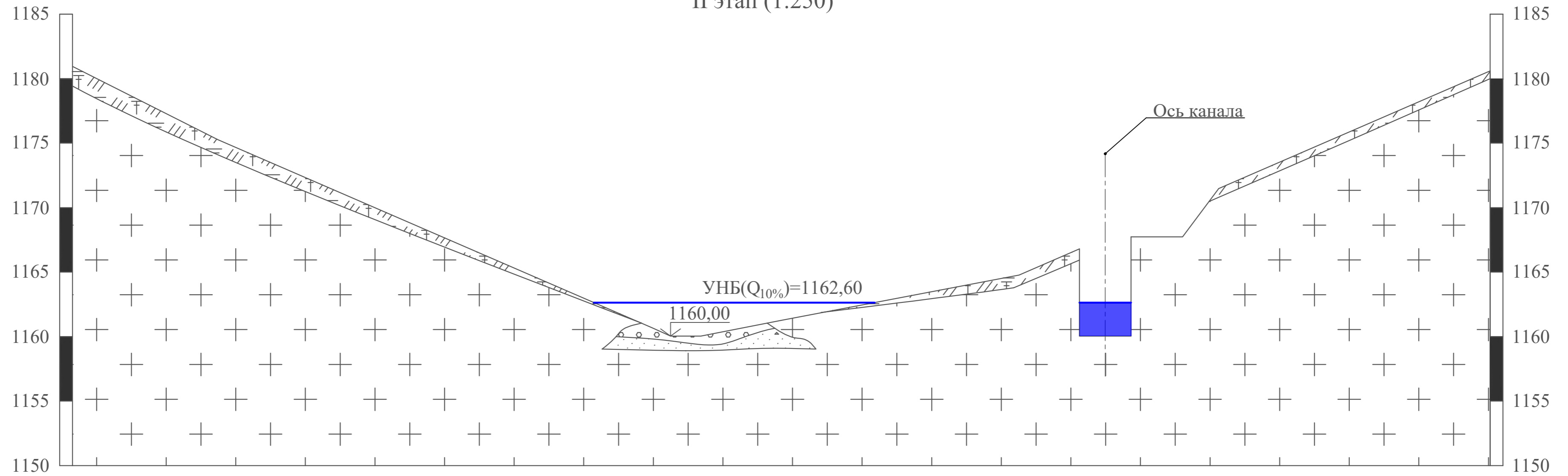
Верховая и низовая перемычка строительного канала (1:100)



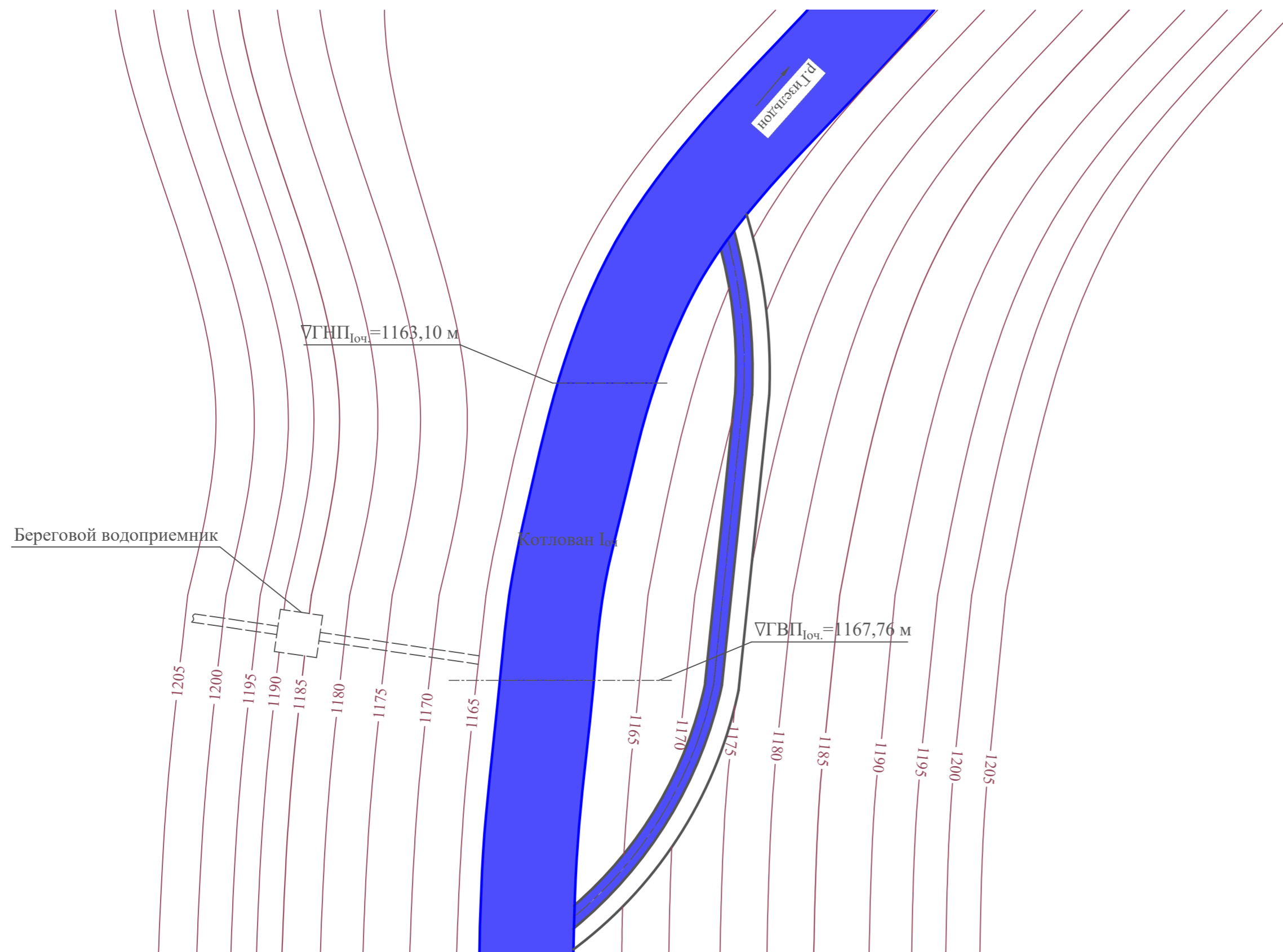
1. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП.

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|------|--------|-------|------|--|------------------|------|--------|
| | | | | | | БР - 08.03.01.02 - 2020 ТХ | | | |
| | | | | | | Саяно-Шушенский филиал СФУ | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон | Стадия | Лист | Листов |
| Разраб. | | | | | | | | 5 | |
| Провер. | | | | | | | | | |
| Г.контр. | | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | | | | |
| Утв. | Андрияс | | | | | I этап - возведение сооружений для перекрытия русла | Кафедра ГТС и ГМ | | |

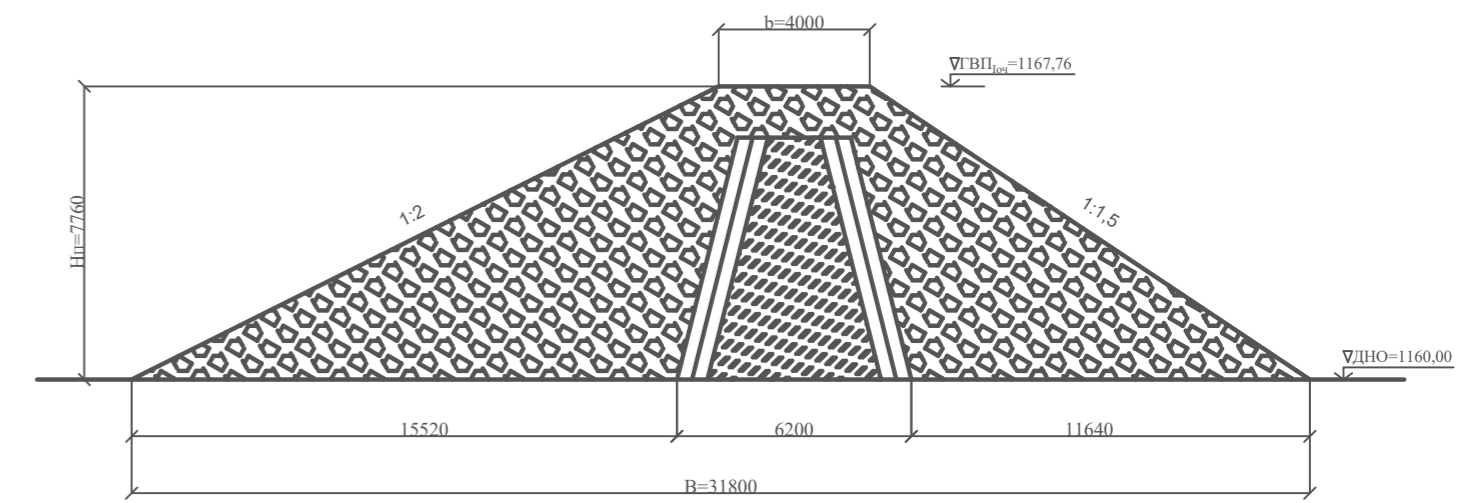
II этап (1:250)



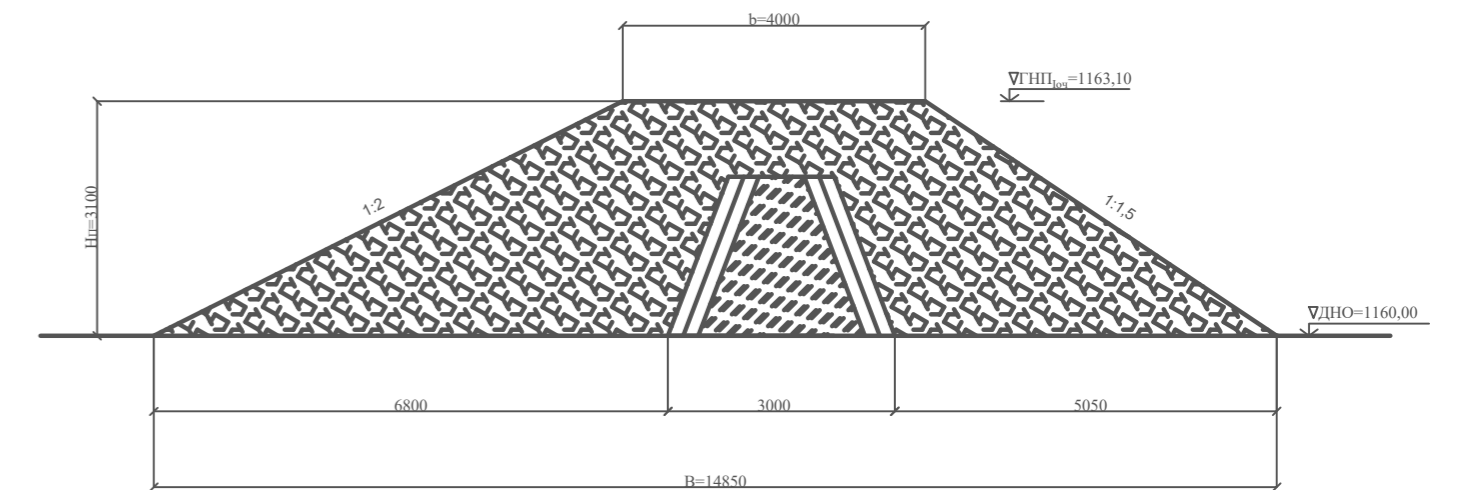
II этап (1:1000)



Верховая перемычка Iоч (1:200)



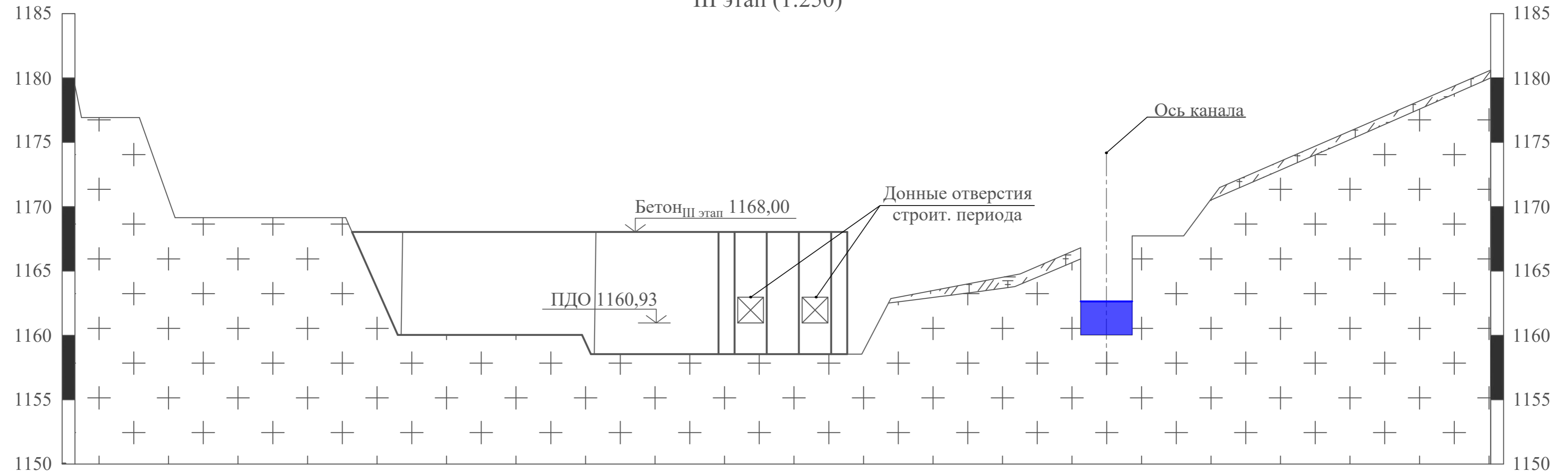
Низовая перемычка Iоч (1:100)



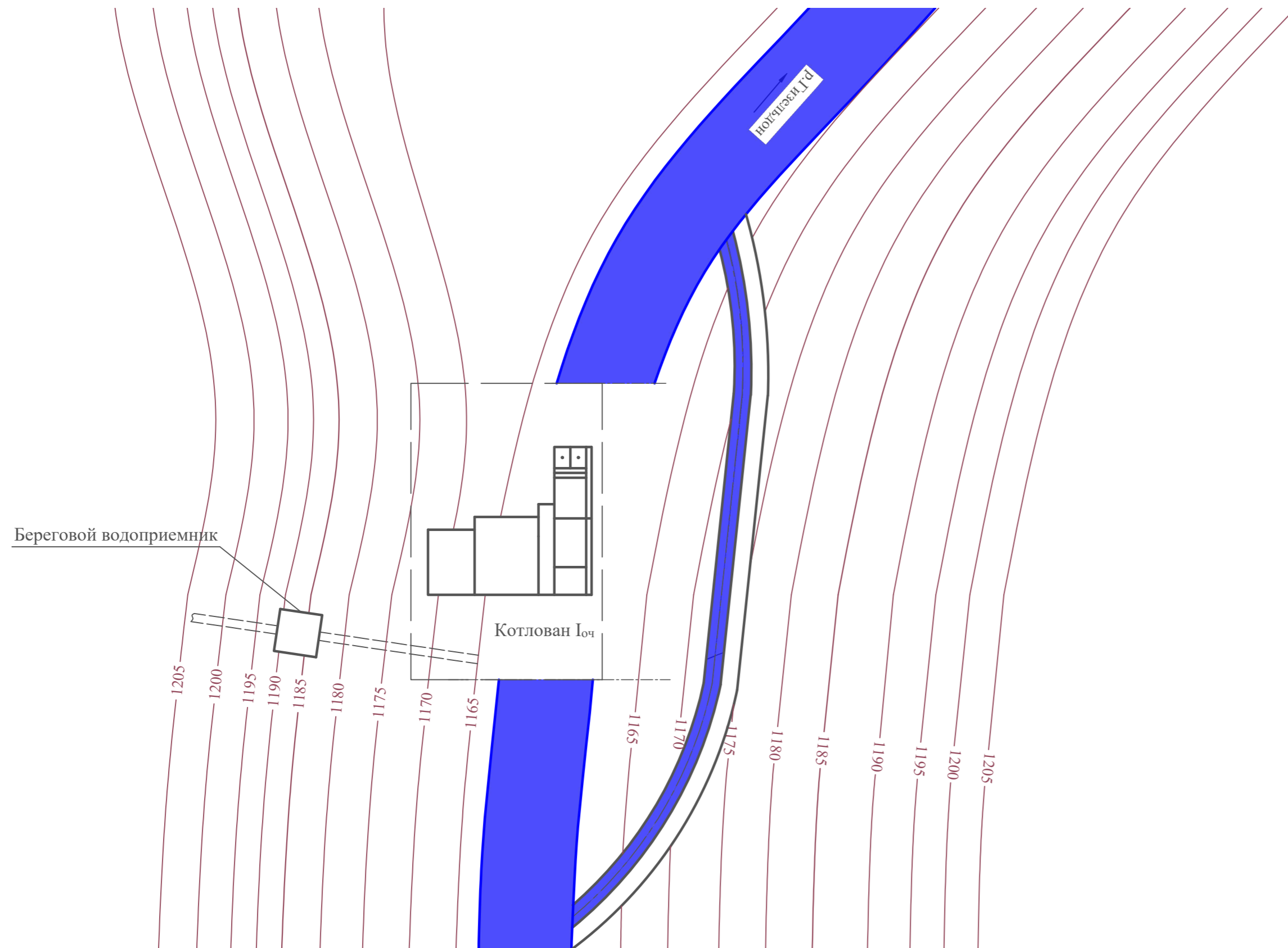
1. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП.

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|------|--------|-------|------|--|------------------|------|--------|
| | | | | | | БР - 08.03.01.02 - 2020 ГХ | | | |
| | | | | | | Саяно-Шушенский филиал СФУ | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон | Стадия | Лист | Листов |
| Разраб. | | | | | | | | 6 | |
| Провер. | | | | | | | | | |
| Г.контр. | | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | | | | |
| Утв. | Андрияс | | | | | II этап - перекрытие русла | Кафедра ГТС и ГМ | | |

III этап (1:250)



III этап (1:1000)

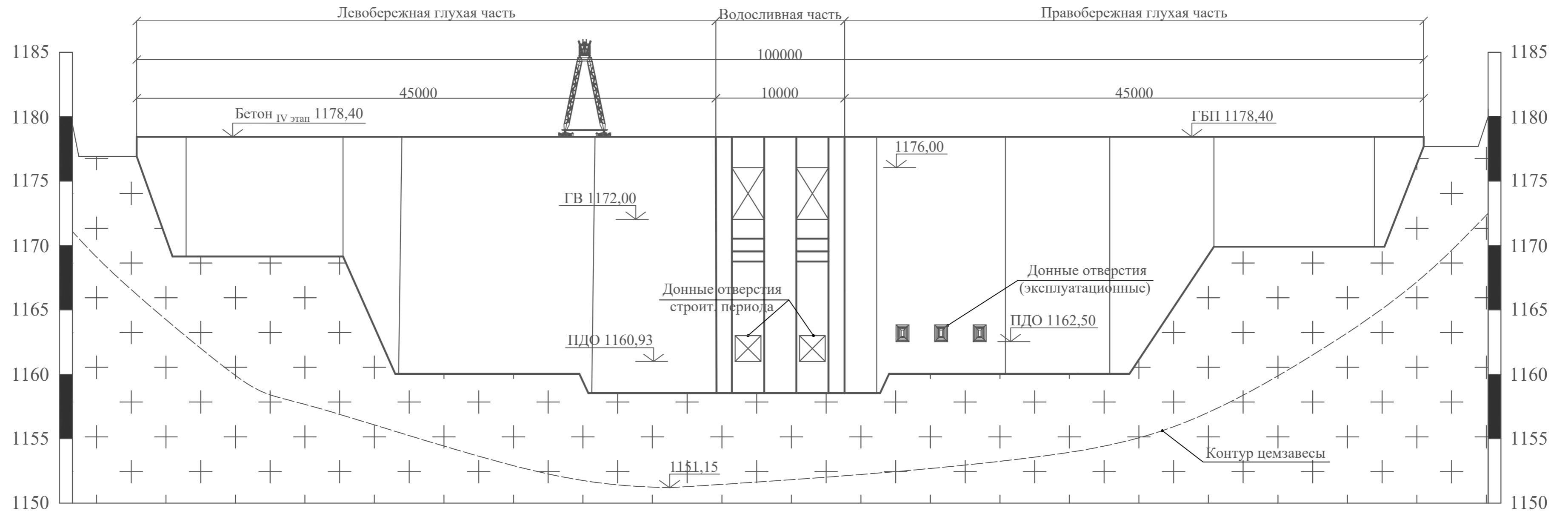


1. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП.

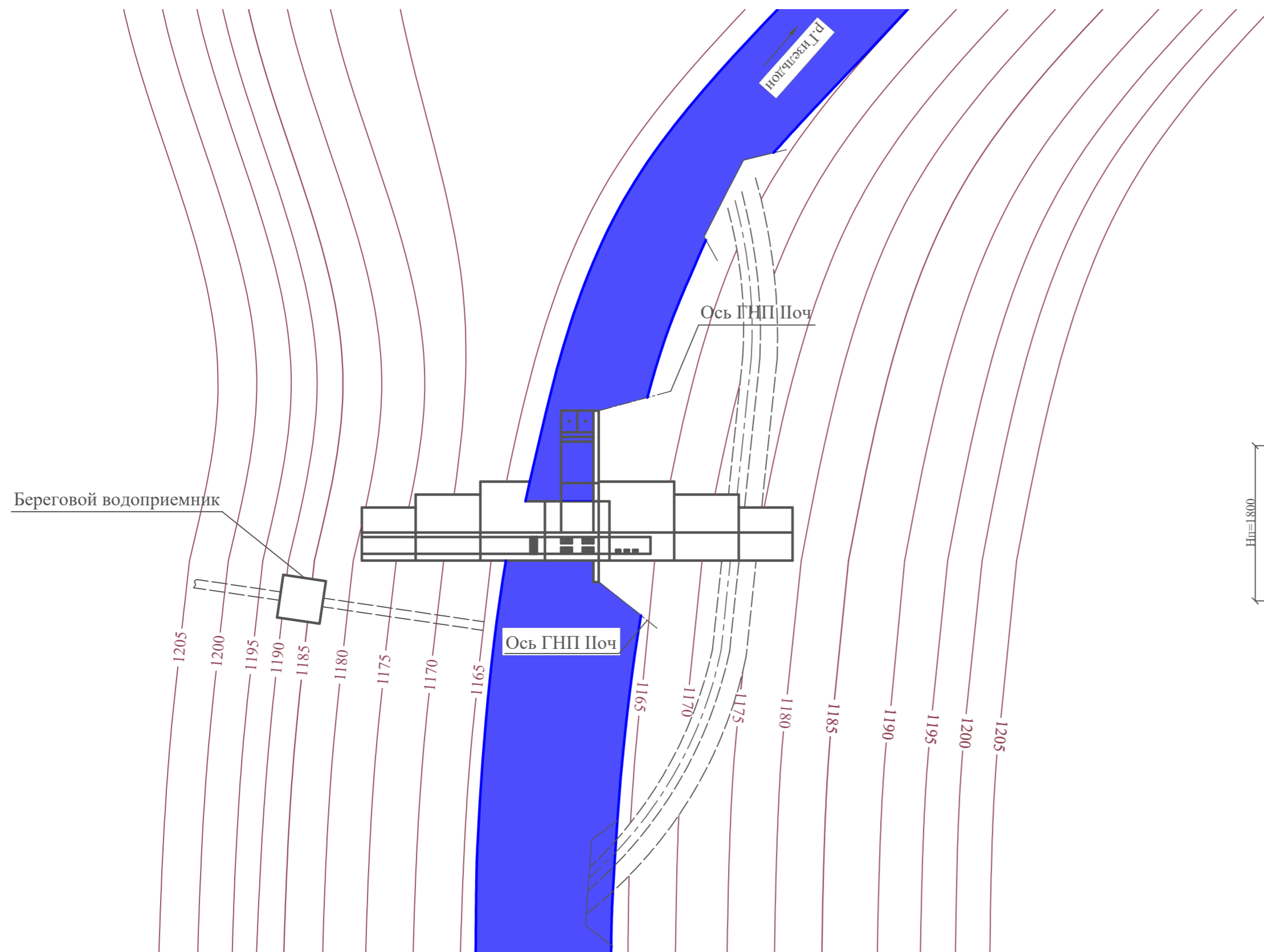
| | | | | | | | | | | |
|----------|----------|------------|--------|-------|------|--|--|--------|------|------------------|
| | | | | | | БР - 08.03.01.02 - 2020 ТХ | | | | |
| | | | | | | Саяно-Шушенский филиал СФУ | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон | | Стадия | Лист | Листов |
| Разраб. | | Подгорнов | | | | | | | 7 | |
| Провер. | | Голошинова | | | | | | | | |
| Г.контр. | | Мухачев | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | III этап - возведение сооружений в котловане I очереди | | | | |
| Утв. | | Андряс | | | | | | | | Кафедра ГТС и ГМ |

| | |
|----------------|--|
| Согласовано | |
| Васм. инв. № | |
| Подпись и дата | |
| Инв. № подл. | |

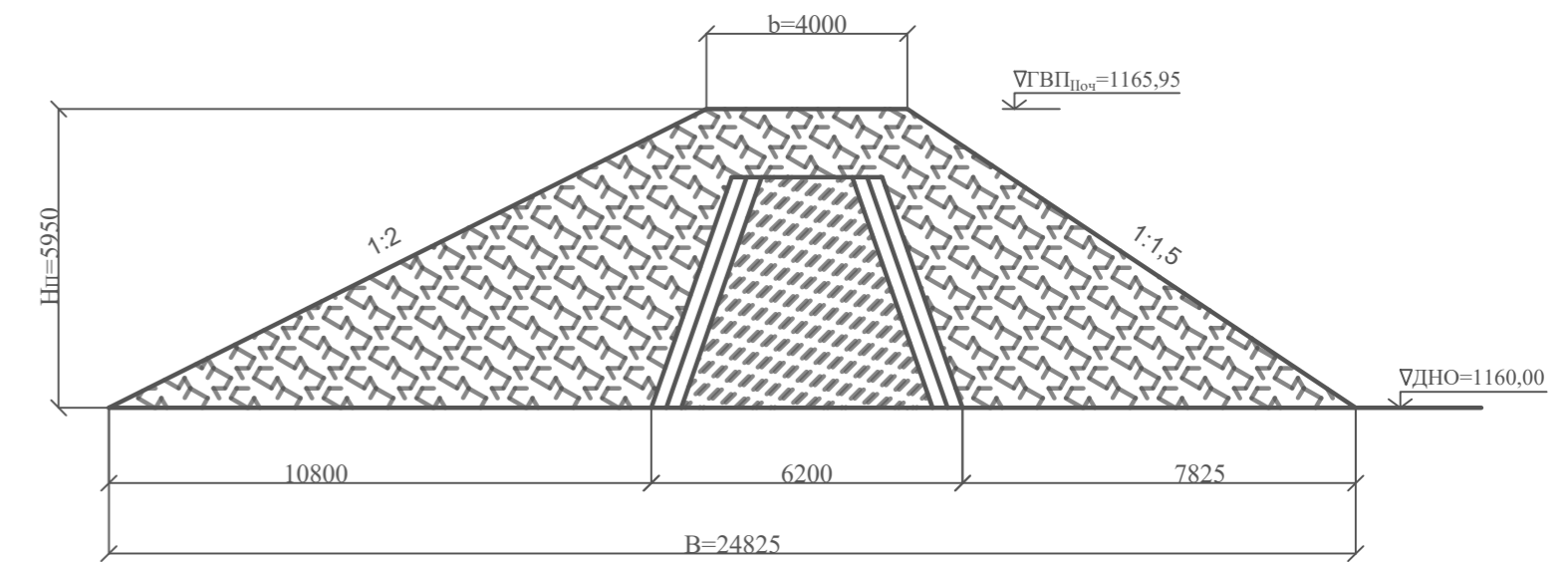
IV этап (1:250)



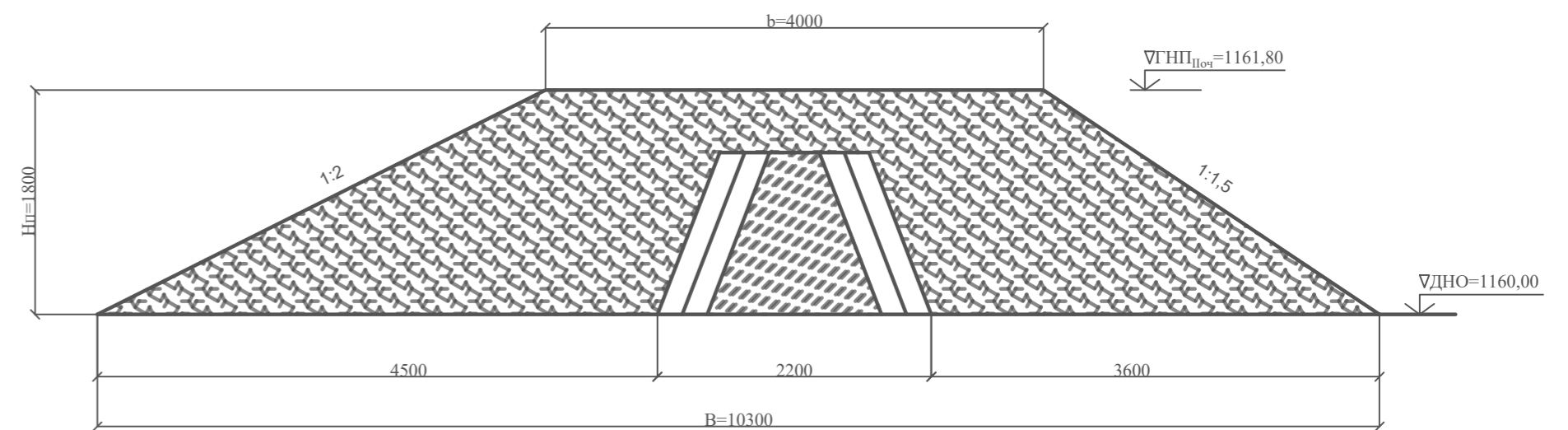
IV этап (1:1000)



Верхняя перемычка П_{оч} (1:150)



Низовая перемычка П_{оч} (1:50)



1. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП.

| | | | | | | | | | | |
|----------|----------|------|--------|-------|------|---|--|------------------|------|--------|
| | | | | | | БР - 08.03.01.02 - 2020 ГХ | | | | |
| | | | | | | Саяно-Шушенский филиал СФУ | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон | | Стадия | Лист | Листов |
| Разраб. | | | | | | | | | 8 | |
| Провер. | | | | | | | | | | |
| Г.контр. | | | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | IV этап - возведение сооружений в котловане II очереди и наращивание сооружений по всему фронту работ | | | | |
| Утв. | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Кафедра ГТС и ГМ | | |

Календарный график

| № вида работ | Наименование сооружений | Этап | Виды работ | Ед.изм | Объем | Время выполнения критических работ | Годы строительства | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|--|----------------|-------|---|--------------------|---------------------------|-----|----|---|----|-----|----|---|----|-----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | I | II | III | IV | I | II | III | IV | I | II | III | IV | | | | | | | | | |
| Подготовительный период | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Подъездная автодорога | | Комплекс работ | км | 2 | | км/мес. | 2 мес. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | ЛЭП | | Комплекс работ | км | 2 | | км/мес. | 2 мес. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Бетонное хозяйство | | Комплекс работ | компл | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Производственные базы | | Комплекс работ | компл | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Поселок | | Комплекс работ | компл | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Основной период | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Прокладка дорог | I | | м ³ | 7420 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Перемычки строительного канала | I | Насыпь | м ³ | 1681 | Бульдозер в одну смену по 8 ч. | | 280,2 м ³ /сут | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Строительный канал | I | ЗСР (выемка) | м ³ | 3021 | 5СБШ-200-36 и ЭО-5114 в одну смену по 8 ч. | | 188,8 м ³ /сут | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Котлован под здание ГЭС | I | ЗСР (выемка) | м ³ | 6750 | 5СБШ-200-36 и ЭО-5114 в одну смену по 8 ч. | | 107,1 м ³ /сут | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Перемычки I очереди русловые | III | Насыпь | м ³ | 8012 | Бульдозер в одну смену по 8 ч. | | 381,5 м ³ /сут | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Перекрытие русла | III | Насыпь | | | Бульдозер | | ★ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Котлован I очереди | III | Осушение | м ³ | 8680 | 4 насоса НЦВСМ-10/40 | | 0,22 м ³ /сут | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Котлован I очереди | III | ЗСР (выемка) | м ³ | 8532 | 5СБШ-200-36 и ЭО-5114 в одну смену по 8 ч. | | 101,6 м ³ /сут | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Левобережная глухая плотина, водосливная плотина | III | Бетон в котловане I очереди | м ³ | 5551 | Стандарт 15, ГА3 3309, ДЭК 251 СБ-161 в 3 смены по 8 ч. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Береговой водоприемник | III | Бетон в котловане I очереди | м ³ | 1248 | Стандарт 15, ГА3 3309, ДЭК 251 СБ-161 в 2 смены по 8 ч. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Перемычки II очереди | IV | Насыпь | м ³ | 3932 | Бульдозер в одну смену по 8 ч. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | Перекрытие русла | IV | Насыпь | | | Бульдозер | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Котлован II очереди | IV | ЗСР (врезка) | м ³ | 6998 | 5СБШ-200-36 и ЭО-5114 в одну смену по 8 ч. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | Правобережная глухая плотина, и по всему фронту работ | IV | Бетон в котловане II очереди | м ³ | 9844 | Стандарт 15, ГА3 3309, ДЭК 251 СБ-161 в 3 смены по 8 ч. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Здание ГЭС с двумя агрегатами | IV | Монолитный бетон фундамент, плита | м ³ | 1012 | Стандарт 15, ГА3 3309, ДЭК 251 СБ-161 в 2 смены по 8 ч. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | IV | Монтаж основного оборудования | компл | 2 | или т.т | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | IV | Наполнение вдхр. для пуска первых гидроагрегатов | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | IV | Монтаж и пуск ГА1 | | | Пуск после наполнения вдхр. до | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | IV | Монтаж и пуск ГА2 | | | отметки пуска ГА | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Заключительный период | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

График интенсивности земельно- скальных работ

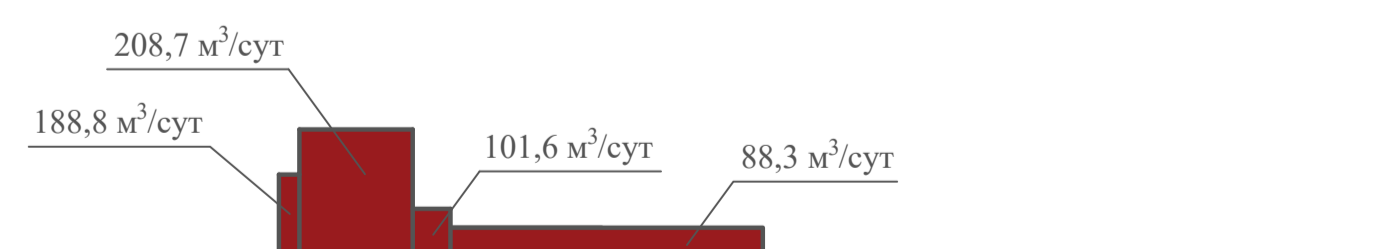
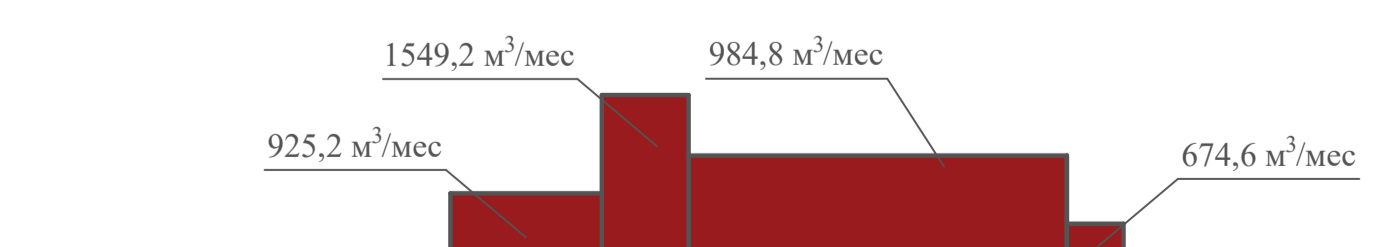


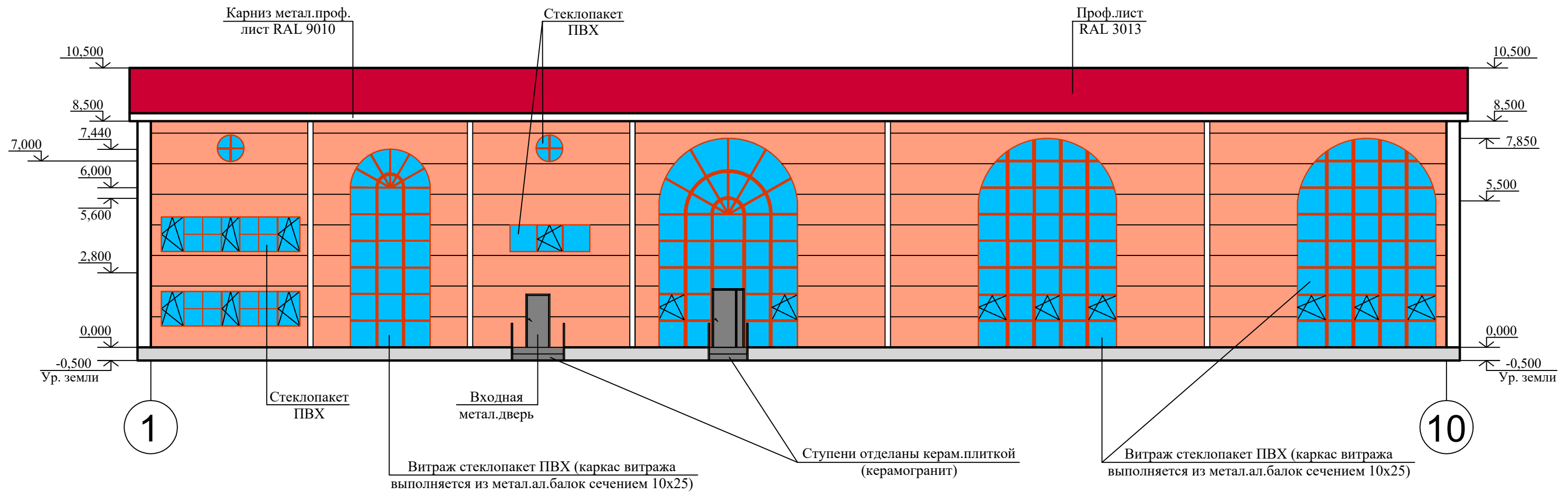
График интенсивности бетонных работ



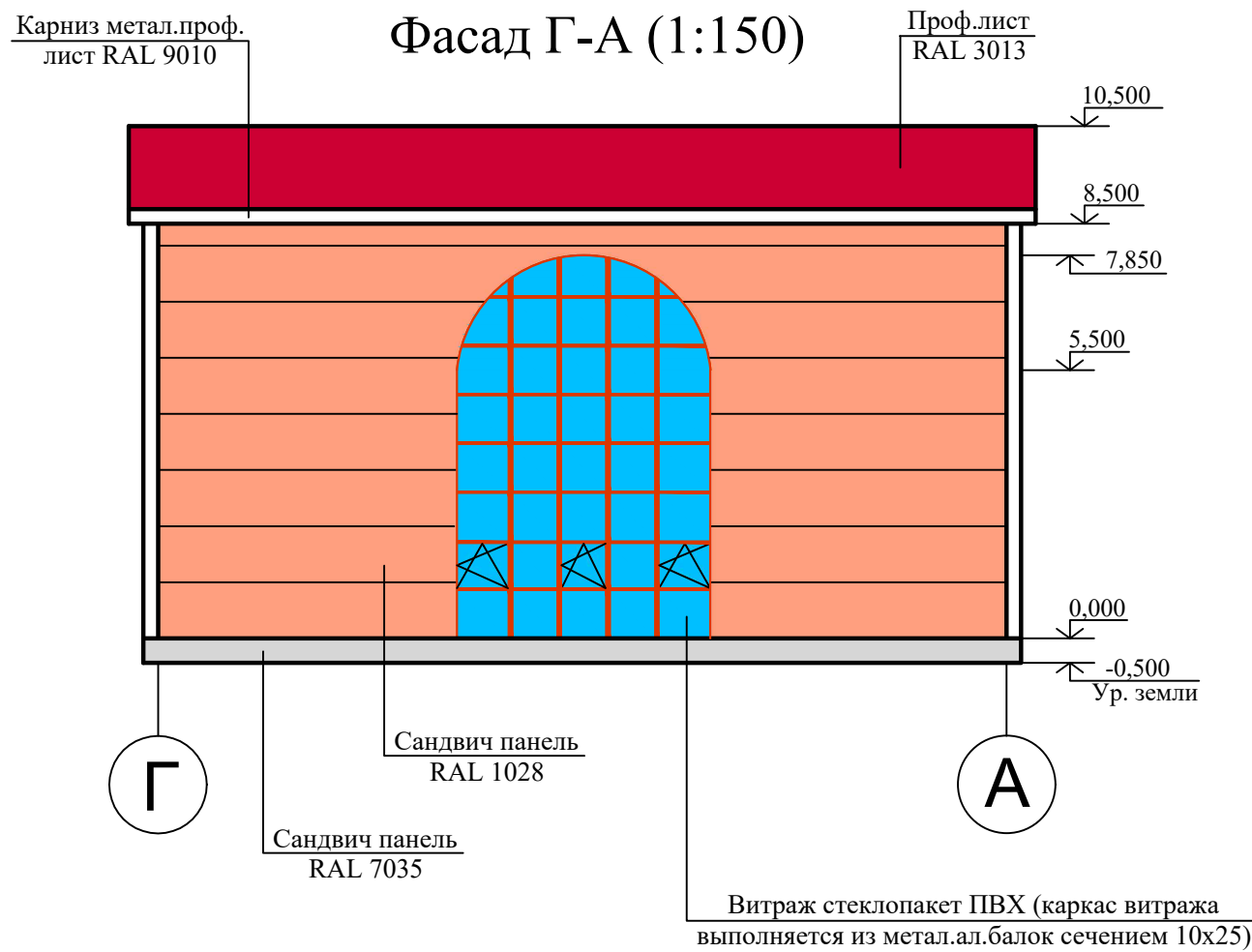
1. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП.

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|------|--------|----------------------------|------|--|--------------------|------------------|--------|--|
| | | | | БР - 08.03.01.02 - 2020 ТХ | | | | | | |
| | | | | Саяно-Шушенский филиал СФУ | | | | | | |
| Изм. | Кол. ч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон | Страницы | Лист | Листов | |
| Разраб. | Подгорнов | | | | | | | | 9 | |
| Провер. | Толошнова | | | | | | Календарный график | Кафедра ГТС и ГМ | | |
| Т.контр. | Мухачев | | | | | | | | | |
| И.контр. | | | | | | | | | | |
| Утв. | Андреев | | | | | | | | | |

Фасад 1-10 (1:250)



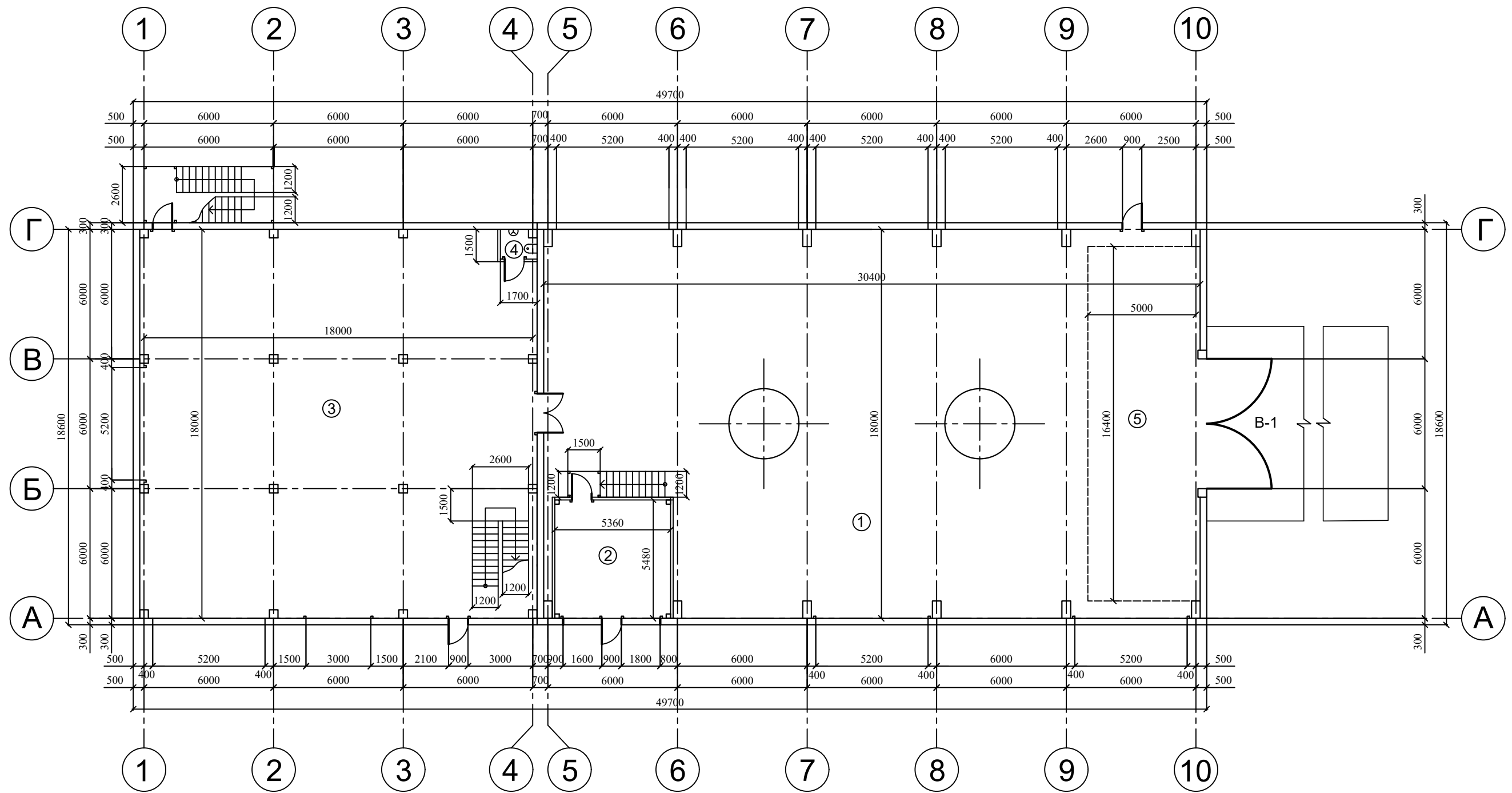
Фасад Г-А (1:150)



1. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП.

| | | | | | | БР - 08.03.01.02 - 2020 АС | | | |
|----------|----------|-----------|--------|-------|------|---|-----------------------|------|--------|
| | | | | | | Саяно-Шушенский филиал СФУ | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон | Стадия | Лист | Листов |
| Разраб. | | Подгорнов | | | | | Фасад 1-10. Фасад Г-А | | 10 |
| Провер. | | Середкина | | | | Кафедра ГТС и ГМ | | | |
| Т.контр. | | Мухачев | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | | | | |
| Утв. | | Андряс | | | | | | | |

План первого этажа (1:200)



Экспликация помещений

| № | Наименование | S, м² | Катег. |
|--------|---|--------|--------|
| 1 этаж | | | |
| 1 | Машинный зал | 540,00 | В1 |
| 2 | ЦПУ | 29,37 | В1 |
| 3 | Мастерская гидроцеха | 324,00 | В1 |
| 4 | Уборная | 2,35 | Д |
| 5 | Монтажная площадка | 82,00 | В1 |
| 2 этаж | | | |
| 6 | Мастерская электроцеха | 39,68 | В1 |
| 7 | Мастерская машинного цеха + лаборатория | 108,03 | В1 |
| 8 | Уборная | 2,35 | Д |
| 9 | Гардероб | 10,74 | В4 |
| 10 | Душевая | 16,08 | Д |
| 11 | Административное помещение | 41,17 | Д |

1. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП.

| БР - 08.03.01.02 - 2020 АС | | | | | |
|--|-----------|------|--------|--------|--------|
| Саяно-Шушенский филиал СФУ | | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
| Разраб. | Подгорнов | | | | |
| Провер. | Середкина | | | | |
| Т.контр. | Мухачев | | | | |
| Н.контр. | | | | | |
| Утв. | Андряс | | | | |
| Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон | | | | Стадия | Лист |
| План первого этажа | | | | 11 | Листов |
| Кафедра ГТС и ГМ | | | | | |

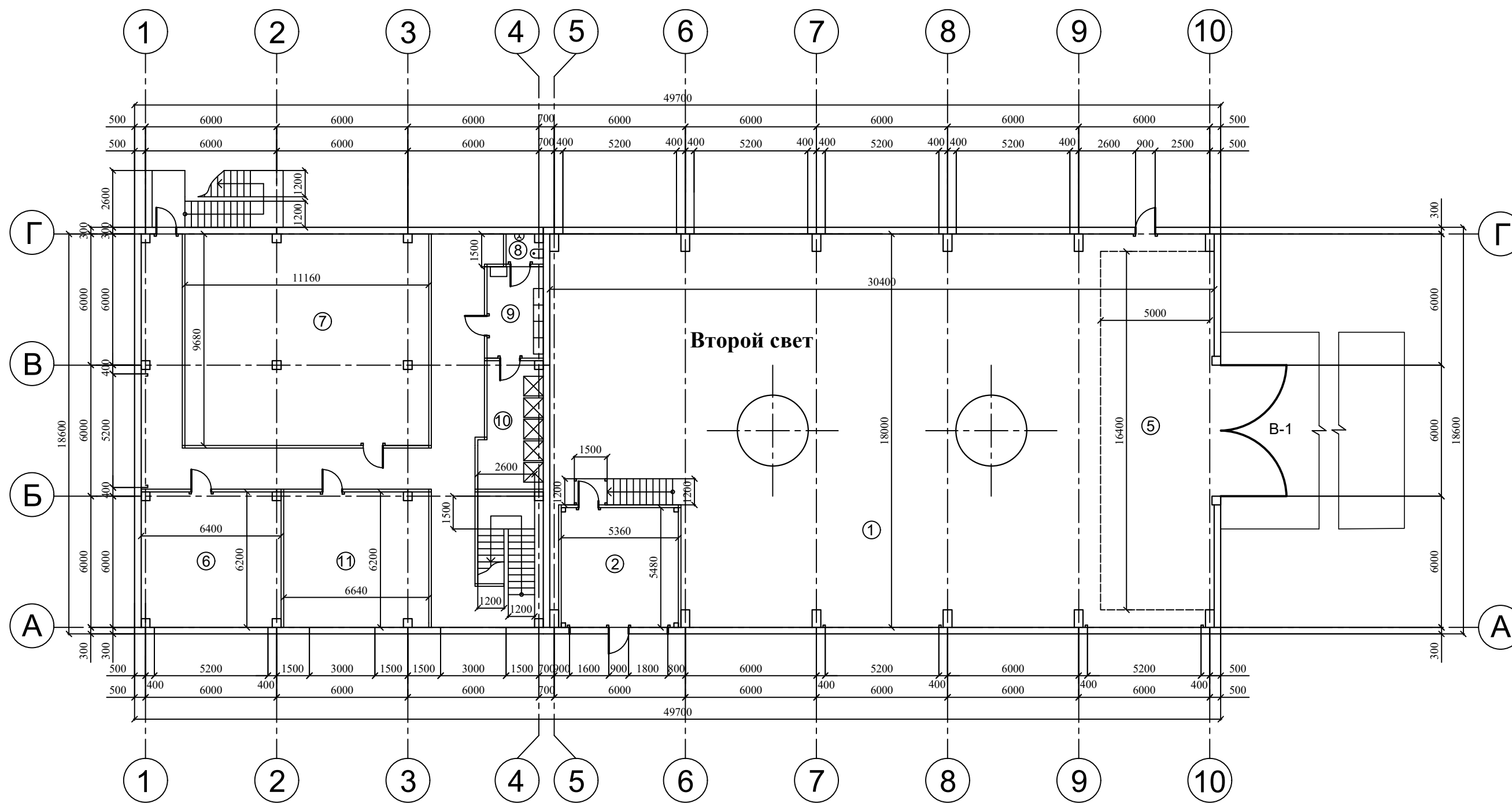
Согласовано

Взам инв №

Подпись и дата

Инв. № подл

План второго этажа (1:200)



Экспликация помещений

| № | Наименование | S, м ² | Катег. |
|--------|---|-------------------|--------|
| 1 этаж | | | |
| 1 | Машинный зал | 540,00 | В1 |
| 2 | ЦПУ | 29,37 | В1 |
| 3 | Мастерская гидроцеха | 324,00 | В1 |
| 4 | Уборная | 2,35 | Д |
| 5 | Монтажная площадка | 82,00 | В1 |
| 2 этаж | | | |
| 6 | Мастерская электроцеха | 39,68 | В1 |
| 7 | Мастерская машинного цеха + лаборатория | 108,03 | В1 |
| 8 | Уборная | 2,35 | Д |
| 9 | Гардероб | 10,74 | В4 |
| 10 | Душевая | 16,08 | Д |
| 11 | Административное помещение | 41,17 | Д |

1. Ведомость проекта см. на чертеже БР - 08.03.01.02 - 2020 ГП.

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|------|--------|-------|------|---|--|------------------|------|--------|
| | | | | | | БР - 08.03.01.02 - 2020 АС | | | | |
| | | | | | | Саяно-Шушенский филиал СФУ | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон | | Стадия | Лист | Листов |
| Разраб. | Подгорнов | | | | | | | 12 | | |
| Провер. | Середкина | | | | | | | | | |
| Т.контр. | Мухачев | | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | | | | | |
| Утв. | Андряс | | | | | План второго этажа | | Кафедра ГТС и ГМ | | |

Согласовано

Взам инв №

Подпись и дата

Инв. № подл

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Саяно-Шушенский филиал

Кафедра «Гидротехнических сооружений и гидромашин»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.А. Андрияс
подпись инициалы, фамилия
«02» 07 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01 - Строительство

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИЗЕЛЬДОНСКОЙ ГЭС НА РЕКЕ ГИЗЕЛЬДОН.
СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В НАТУРНЫХ
НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ГТС**

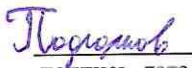
Руководитель


подпись, дата

ведущий инженер службы
мониторинга ГТС Филиала
ПАО "РусГидро" - "Саяно-
Шушенская ГЭС имени П.С.
Непорожного"
должность, учёная степень

Г.В Мухачев
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

В.В Подгорнов
инициалы, фамилия

Саяногорск; Черемушки 2020

Продолжение титульного листа БР по теме «Проектирование Гизельдонской ГЭС на реке Гизельдон. Системы спутникового позиционирования в натурных наблюдениях за ГТС».

Консультанты по разделам:

Консультант


подпись, дата

Затеев В.Б
инициалы, фамилия

Водно-энергетические расчёты


подпись, дата

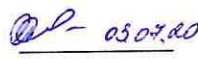
Затеева Е.Ю
инициалы, фамилия

Основное и вспомогательное оборудование


подпись, дата

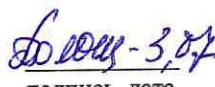
Масленникова А.В
инициалы, фамилия

Компоновка и сооружения гидроузла


подпись, дата

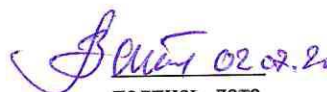
Фирищак Е.В
инициалы, фамилия

Организация и производство гидротехнических работ


подпись, дата

Толошинова Т.Ю
инициалы, фамилия

Пожарная безопасность.
Охрана труда


подпись, дата

Затеев В.Б
инициалы, фамилия

Охрана окружающей среды


подпись, дата

Кадычегов В.А
инициалы, фамилия

Технико-экономическое обоснование


подпись, дата

Лapasова В.В
инициалы, фамилия

Архитектурно – строительные решения


подпись, дата

Середкина Е.В
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

Чабанова А.А
инициалы, фамилия