

Программа школы молодых ученых - 24

«Роль возобновляемой энергетики
при переходе к углерод-нейтральной экономике»

Современное состояние и задачи по развитию малой гидроэнергетики

Я.И.Бляшко, к.т.н., Генеральный директор МНТО «ИНСЭТ»

Вице-президент Объединения Энергетиков Северо-Запада

Член Президиума Комитета ВИЭ РосСНИО

21-22 ноября 2024

Москва, МГУ

МАЛЫЕ ГЭС - ЧТО ЭТО?

Россия

ГЭС на равнинных реках с валовым потенциалом до 2 МВт

на горных реках - до 1,7 МВт

ГЭС на реках с валовым потенциалом 100-2000кВт

ГЭС мощностью до 30 МВт

ГЭС мощностью до 25 МВт

Германия

ГЭС мощностью до 5 МВт

Франция

ГЭС мощностью до 12 МВт

Люксембург

ГЭС мощностью до 3МВт

Китай

ГЭС мощностью до 50 МВт

До 10 кВт – Пико ГЭС

До 100 кВт – Микро ГЭС

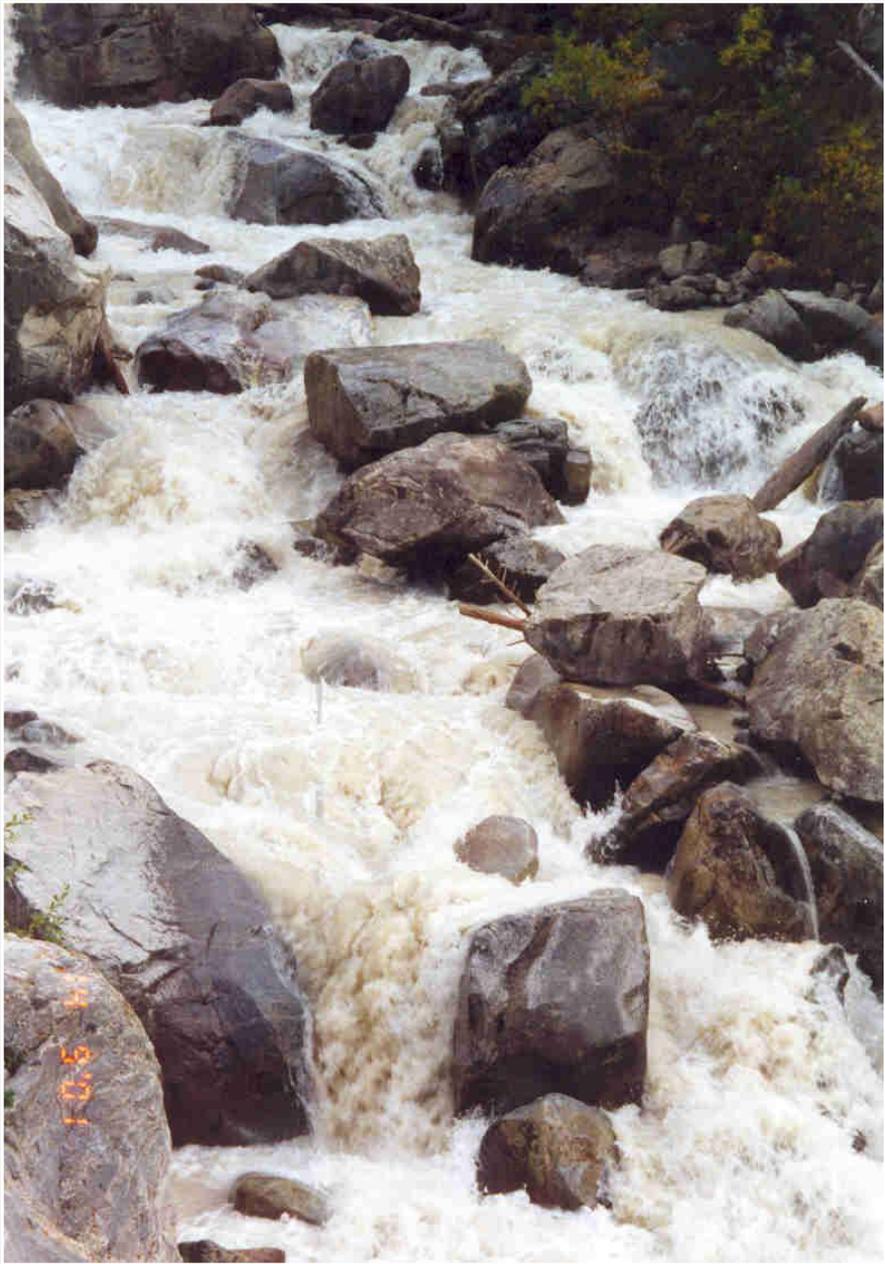
До 1000 кВт – Мини ГЭС

До 50000 кВт – Малая ГЭС

(при единичной мощности агрегата 5 (10) МВт)

Источники ресурсов малой гидроэнергетики

- Естественные и искусственные водотоки (малые и средние реки, ручьи, оросительные и судоходные каналы)
- Водосбросы из водохранилищ, искусственных прудов, шлюзов
- Гидравлические системы (питьевые водоводы, технологические водотоки, водосбросы ТЭЦ и АЭС)





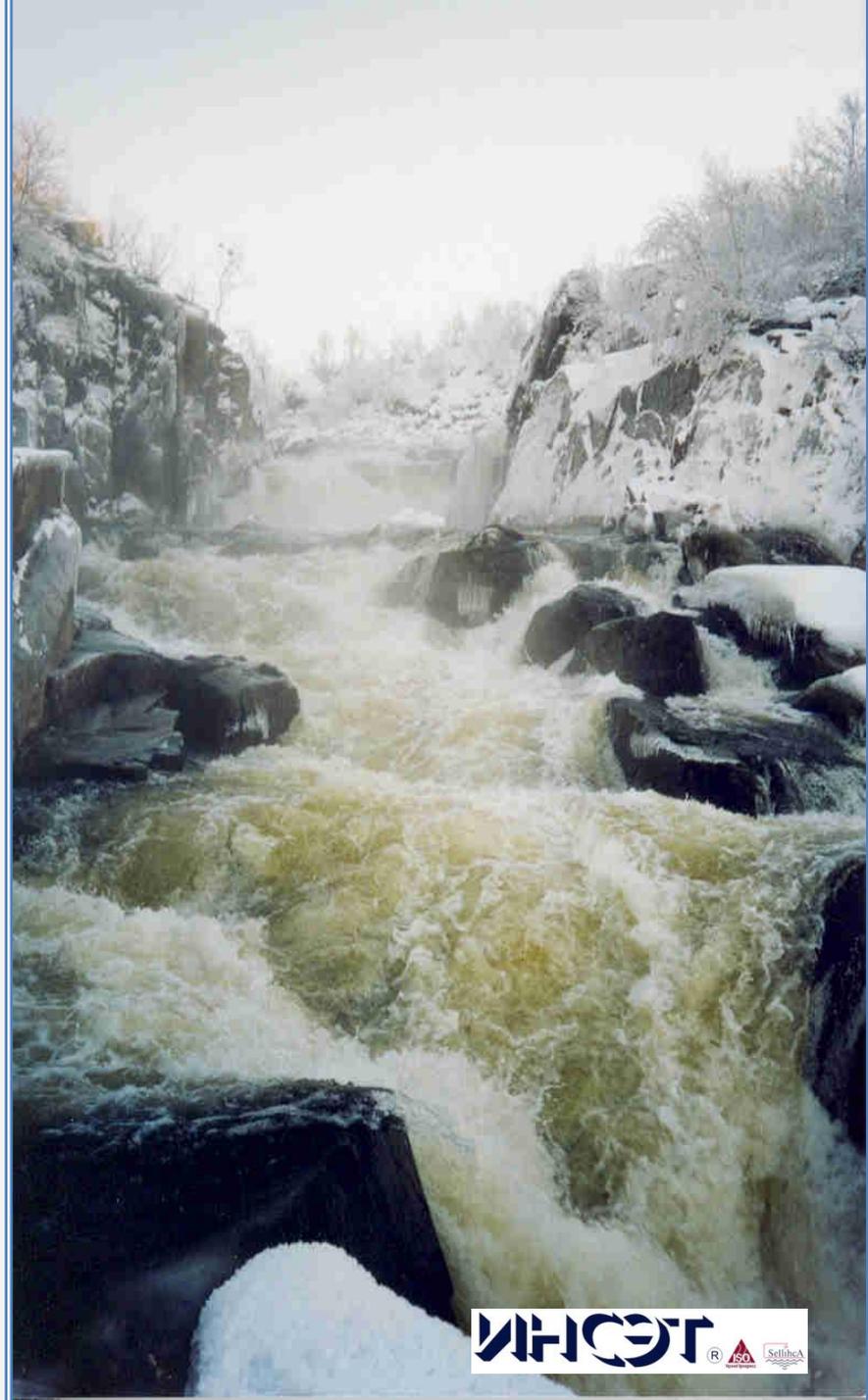
В России:

2,5 миллиона малых рек;

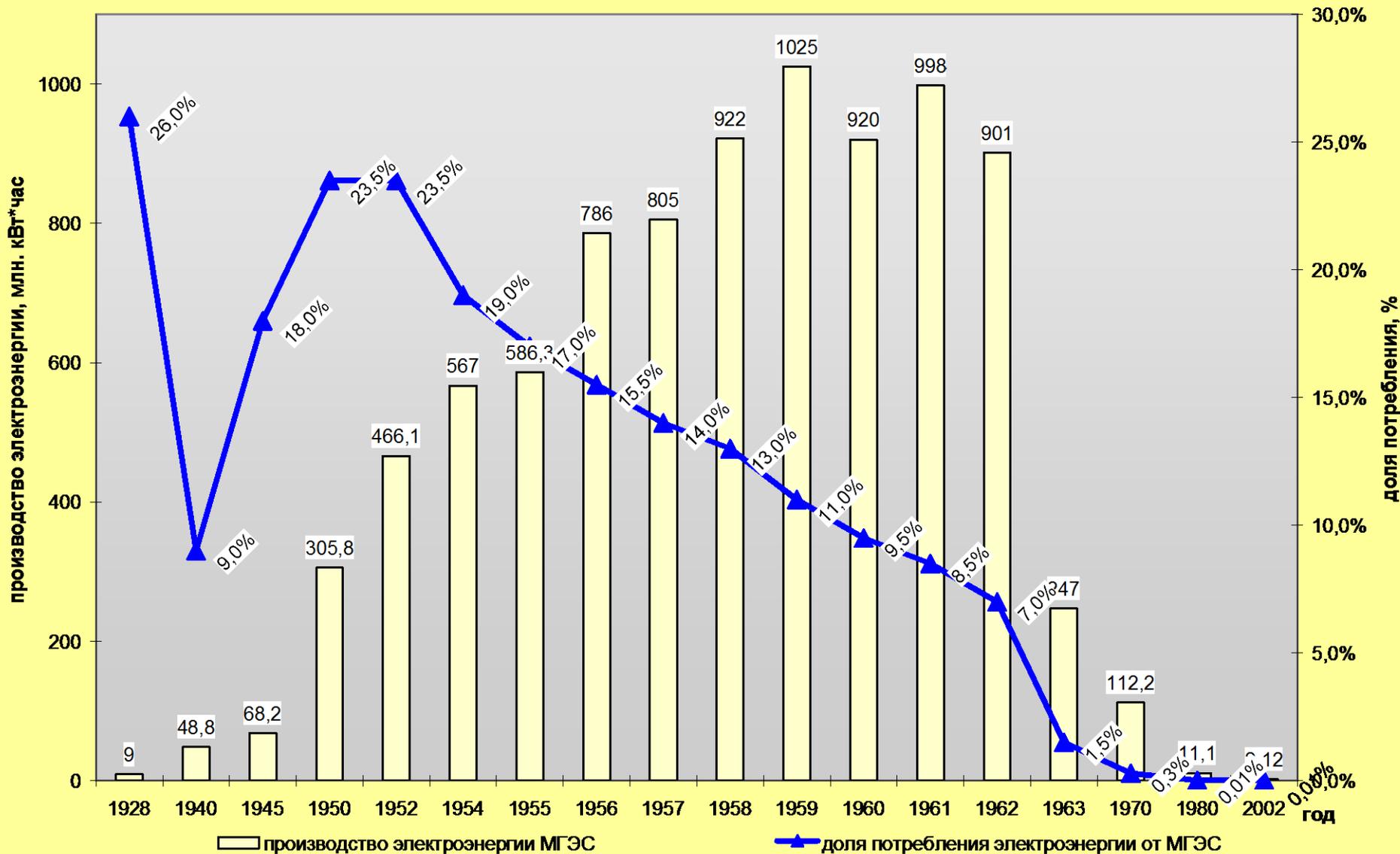
Сток малых рек составляет **около 50%** общего стока рек;

На территории бассейнов малых рек проживает;

- до **44%** городского населения;
- **90 %** сельского населения.



ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА МГЭС В РОССИИ



По данным Ассоциации «Гидроэнергетика России»:

- потенциал 2 млн российских рек, составляет примерно 200 млрд кВт. ч в год;
- этот потенциал используется только на 0,5 %;
- 203 МГЭС имеют общую установленную мощность 1182 МВт, в том числе:
 - 20 МГЭС мощностью от 25 до 50 МВт суммарной мощностью 700 МВт;
 - 105 МГЭС мощностью от 10 до 25 МВт суммарной мощностью 470 МВт;
 - 81 МГЭС мощностью до 10 МВт суммарной мощностью 153 МВт;
 - 100-150 МГЭС мощностью от 50 кВт до 1.0 МВт работают изолированно от ЛЭП.

Суммарная годовая выработка МГЭС – более 1 млрд. кВтч;

Для сравнения:

- установленная мощность всех ГЭС в России – более 50 ГВт,
- годовая выработка – более 180 млрд кВтч.

Общие проблемы развития малой гидроэнергетики

- ❑ Отсутствие стратегии развития
- ❑ Административно-хозяйственные проблемы на федеральном и региональном уровнях
- ❑ Научно-технические проблемы



- ❑ Отсутствие нормативной базы для проектирования и создания оборудования

Выявленные ресурсы малой гидроэнергетики соответствие потенциала используемых энергетических ресурсов потребностям потенциальных потребителей в данных экономических условиях



№ п/п	Регион	Кол-во станций, шт.	Установленная мощность, МВт
1	Республика Тыва	18	8,0
2	Республика Алтай	35	104,7
3	Республика Бурятия (Прибайкалье)	12	18,0
4	Северная Осетия-Алания	17	230
5	Кабардино-Балкария	11	2,5
6	Республика Карелия:		
	- восстановление	27	6,5
	- новое строительство	17	24,6
7	Республика Коми	22	14,4

Источники ресурсов малой гидроэнергетики

Открытые
(условно
безнапорные)

Закрытые
(напорные)

Подземные

Естественные

Искусственные

С водой
природной

С технологическими
жидкостями

Реки

Малые реки

Ручьи

Родники

Каналы
(мелиоративные,
судоходные,
водоснабжения)

Водосбросы
(водохранилищ,
шлюзов,
энергетических
объектов)

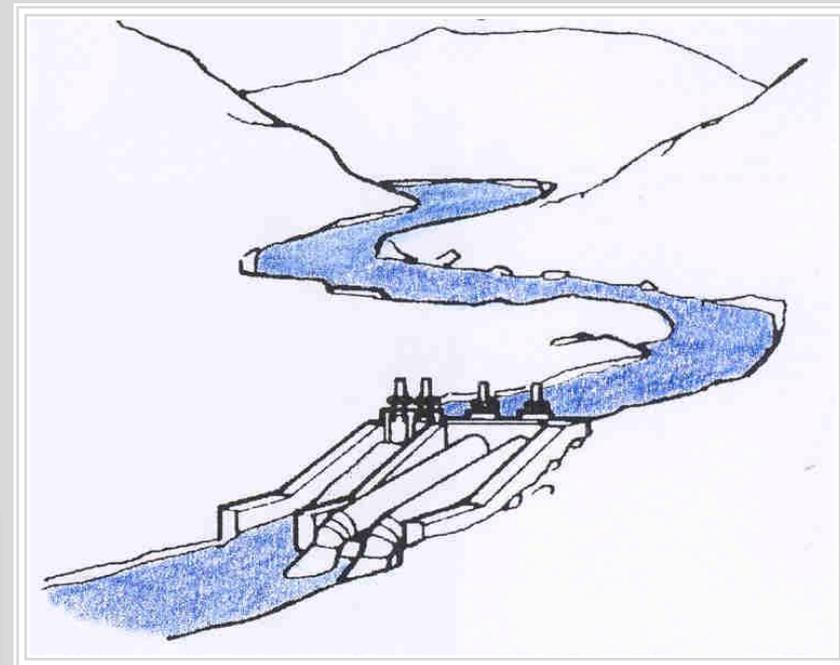
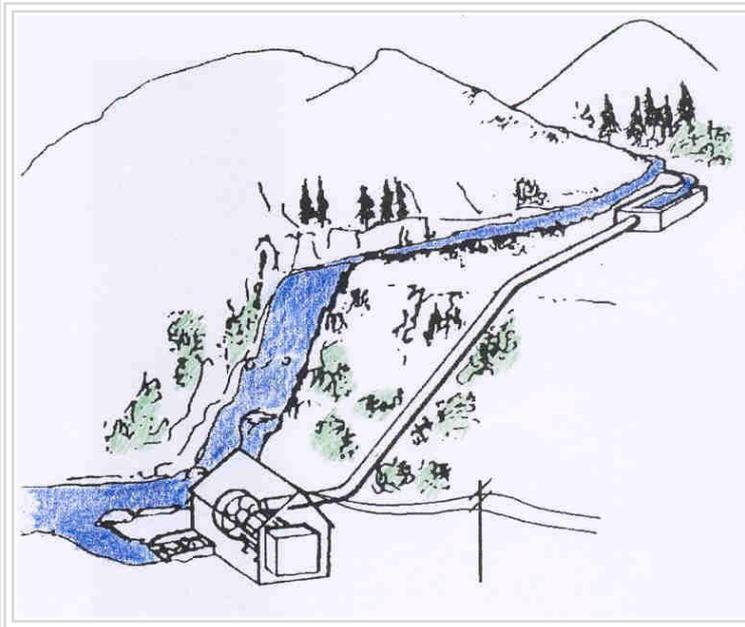
Водоводы

Питьевые

Производственные

С
нормальными
параметрами

С
повышенными
параметрами



1. Деривационная схема создания напора

Гидроэнергетический ресурс

2. Русловая схема создания напора

СОПОСТАВЛЕНИЕ СОСТАВА И ФУНКЦИЙ ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРОАГРЕГАТА «БОЛЬШОЙ» И «МАЛОЙ» ГЭС

Радиально-осевая гидротурбина	«Большая» ГЭС	«Малая» ГЭС
СТАТОР - НАПРАВЛЯЮЩИЙ АППАРАТ	<ul style="list-style-type: none"> - пуск-останов штатный - пуск-останов аварийный - формирование (закрутка) потока перед РК - регулирование мощности агрегата (плавно) 	<ul style="list-style-type: none"> - пуск-останов аварийный (неосновная функция) - формирование (закрутка) потока перед РК - регулирование мощности (дискретно)
ЗАТВОР	<ul style="list-style-type: none"> - подача воды на гидроагрегат 	<ul style="list-style-type: none"> - подача на гидроагрегат - пуск-останов штатный - изменение мощности агрегата
МУФТА	<ul style="list-style-type: none"> - соединение турбины с генератором 	<ul style="list-style-type: none"> - соединение турбины с генератором - пуск-останов при использовании механического противоразгонного устройства
ПРОТИВОРАЗГОННОЕ УСТРОЙСТВО	-----	<ul style="list-style-type: none"> - пуск-останов аварийный

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОБОРУДОВАНИЮ МГЭС

- 1.Надежность простота обслуживания и ремонта**
- 2.Обеспечение возможности работы параллельно с энергосистемой и в автономном режиме**
- 3.Соответствие вырабатываемого электрического тока требованиям ГОСТов по частоте и напряжению**
- 4.Уровень автоматизации, обеспечивающий безлюдную эксплуатацию**
- 5.Экологическая безопасность принятых конструктивных и технологических решений**
- 6.Максимально возможной унификации и стандартизации**
- 7.В подшипниковых узлах должны использоваться подшипники качения с консистентной смазкой;**
- 8.Турбины должны иметь положительную высоту отсасывания, позволяющую сократить объем подводной части здания МГЭС, удешевить и упростить производство работ;**
- 9.Рабочие колеса осевых гидротурбин должны выполняться пропеллерными с возможностью установки лопастей при монтаже в заданное положение и их последующим жестким закреплением во втулке.**
- 10.В агрегатах должны использоваться серийные синхронные и асинхронные генераторы, а также мультипликаторы**

Проектирование проточных частей:

- построение математической модели лопасти
- построение универсальной характеристики

- анализ результатов моделирования лопастных систем с использованием компьютерной графики

Банк данных

- Энергетические параметры

- Статистическая обработка

- Статистическая обработка параметров проточных частей (напор, расход, частота вращения)

Аналоги

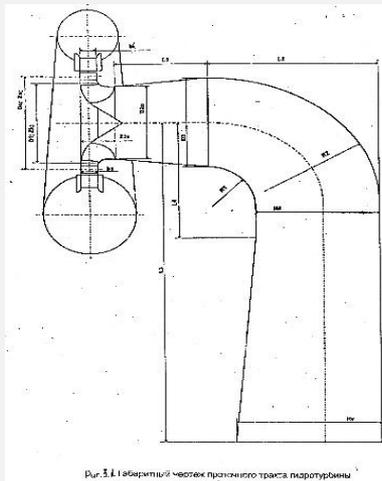


Рис. 3.1. Схематический чертеж проточной камеры скрутки

Проектирование

Исходные данные
напор-расход
частота вращения
(Ст., НА, РК, ОТ)

Меридианные проекции
вх. и вых. кромок лопастей
РК в виде криволинейной
сетки R - Z

Дискретное задание
поверхности лопасти
(каркасная поверхность)

Мат. модель лопасти

Проектирование РК

Проектирование
камеры РК

Исходные данные

напор, расход, частота
вращения, тип лопасти

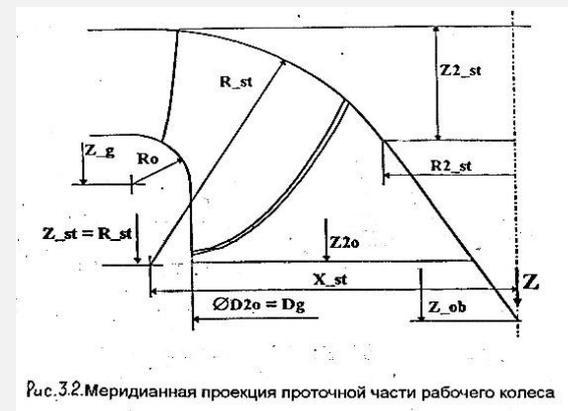
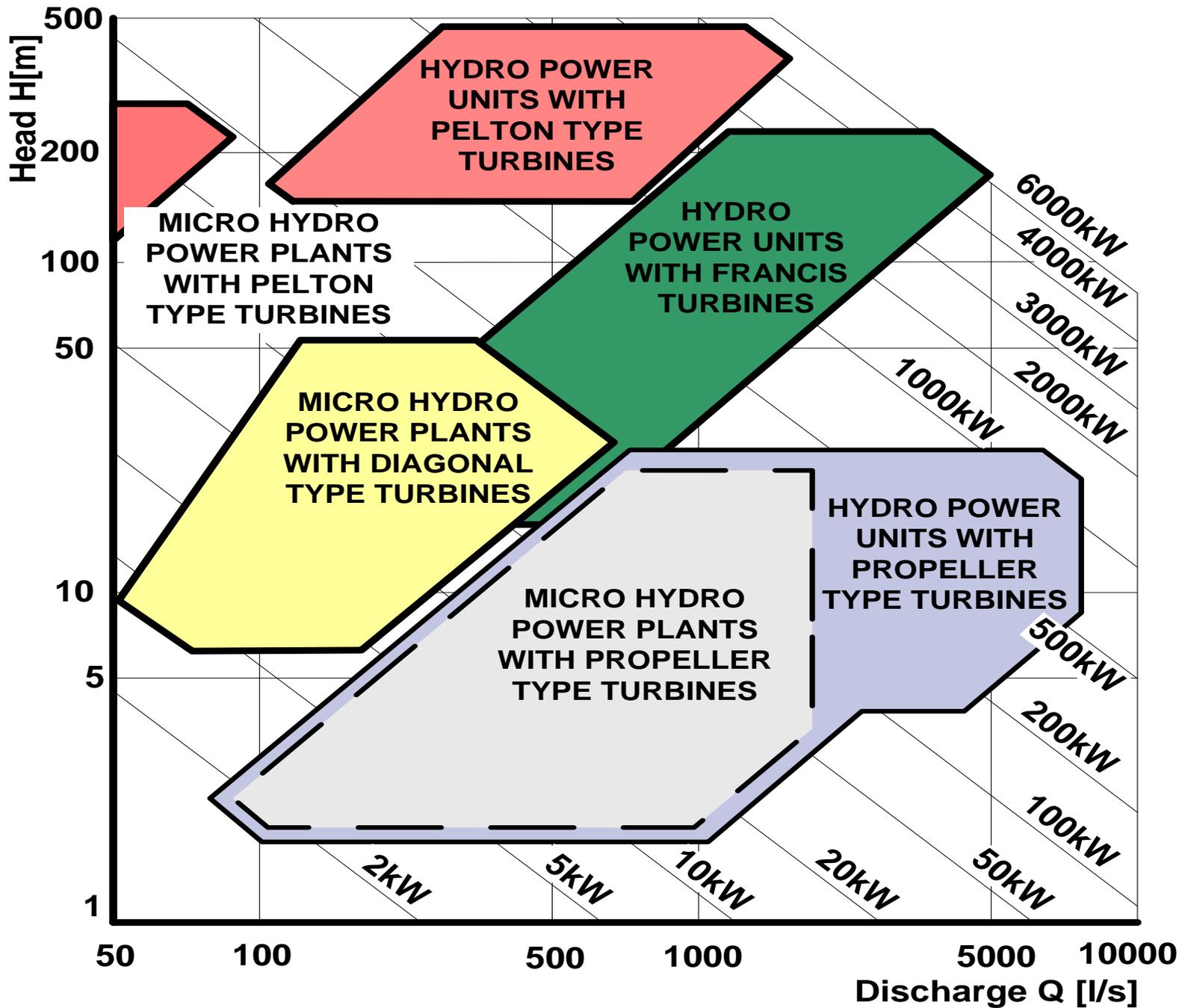


Рис. 3.2. Меридианная проекция проточной части рабочего колеса

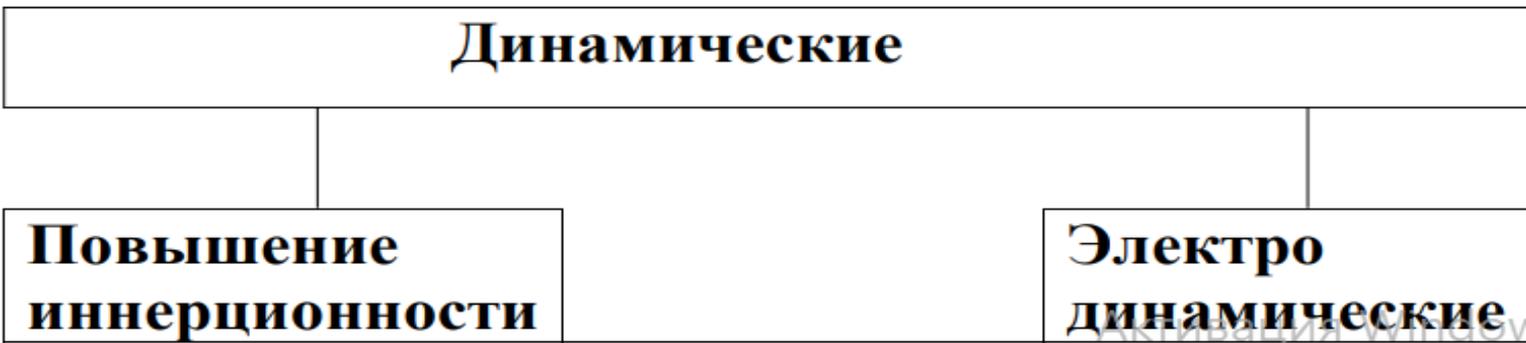
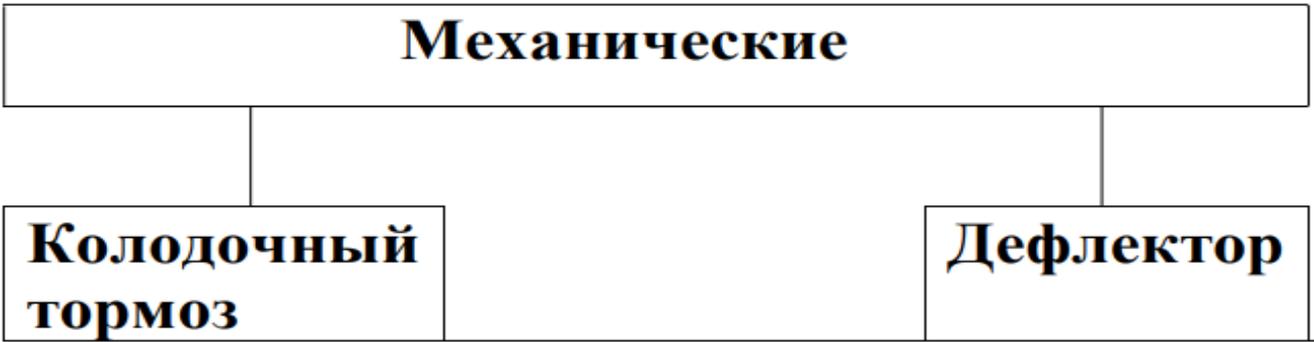
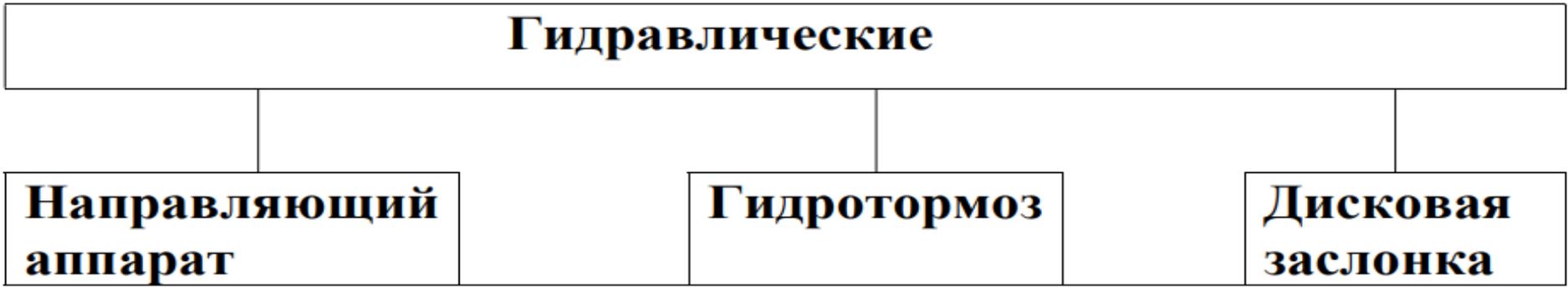
Критерий

Проектирование лопасти

Проектирование спиральной
камеры



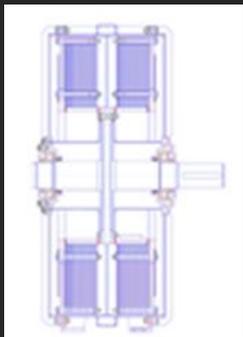
КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОТОВОРАЗГОННЫХ УСТРОЙСТВ



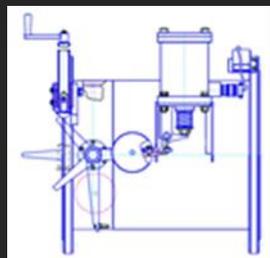
КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОТИВОРАЗГОННЫХ УСТРОЙСТВ

Гидравлические ПРУ

Гидротормоз

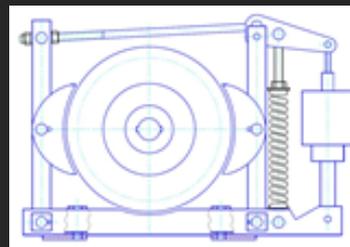


Дисковая заслонка

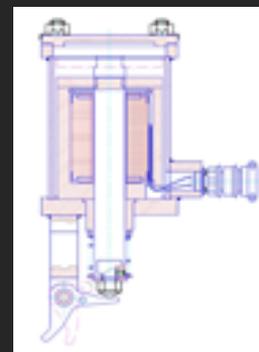


Механические ПРУ

Колодочный тормоз

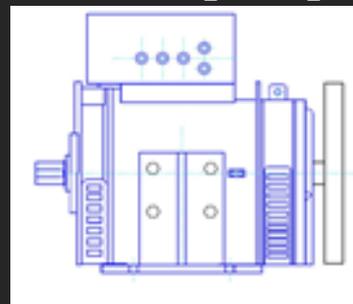


Дефлектор



Динамические ПРУ

Генератор



АЛГОРИТМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРОАГРЕГАТОВ



Номинальная мощность агрегата, кВт		2-10		10-50	50-100	100-250	Более 250
Автономный	Асинхронный	1		---		---	
	Синхронный	---	---	2	3		
Параллельно с локальной сетью	Асинхронный	---	4	---	---		
	Синхронный	---	---	5		6	
Параллельно с энерго системой	Асинхронный	---	7	8	9		
	Синхронный	---	---	10		11	

ГИДРОАГРЕГАТЫ С ПРОПЕЛЛЕРНЫМИ ГИДРОТУРБИНАМИ

Напоры 2...22 м

Расходы 0,07...11 м³/с

Мощность до 1800 кВт



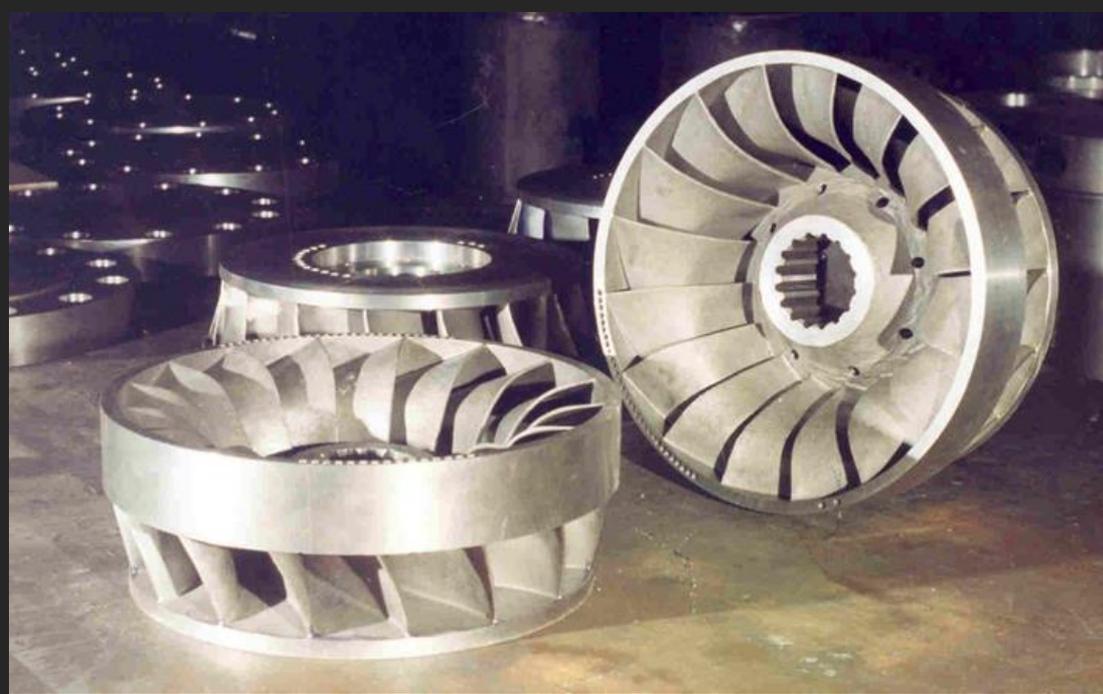
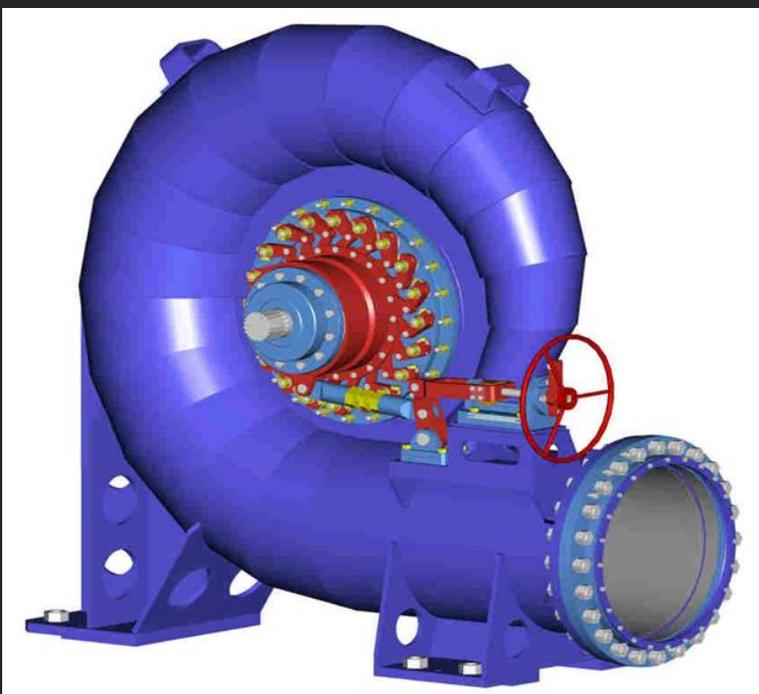
ГИДРОАГРЕГАТЫ С РАДИАЛЬНО-ОСЕВЫМИ ГИДРОТУРБИНАМИ



Напоры 25...160 м

Расходы 0,4...4 м³/с

Мощность до 5000 кВт

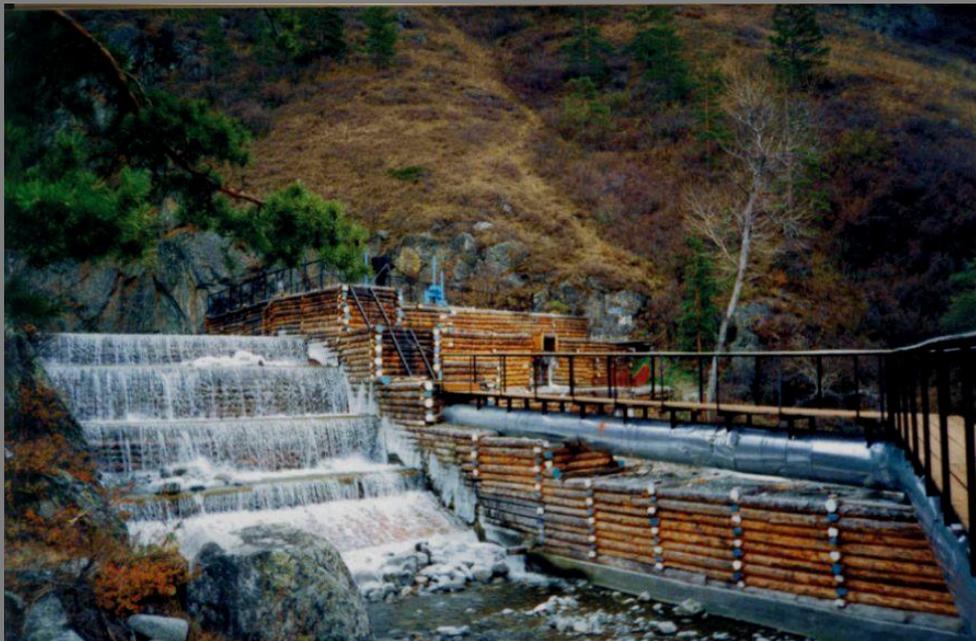


ГИДРОАГРЕГАТЫ С КОВШОВЫМИ ГИДРОТУРБИНАМИ

Напоры 150...250 м
Расходы 0,17...0,32 м³/с
Мощность до 620 кВт
Напоры 100...450 м
Расходы 0,19...0,9 м³/с
Мощность до 6,0 МВт

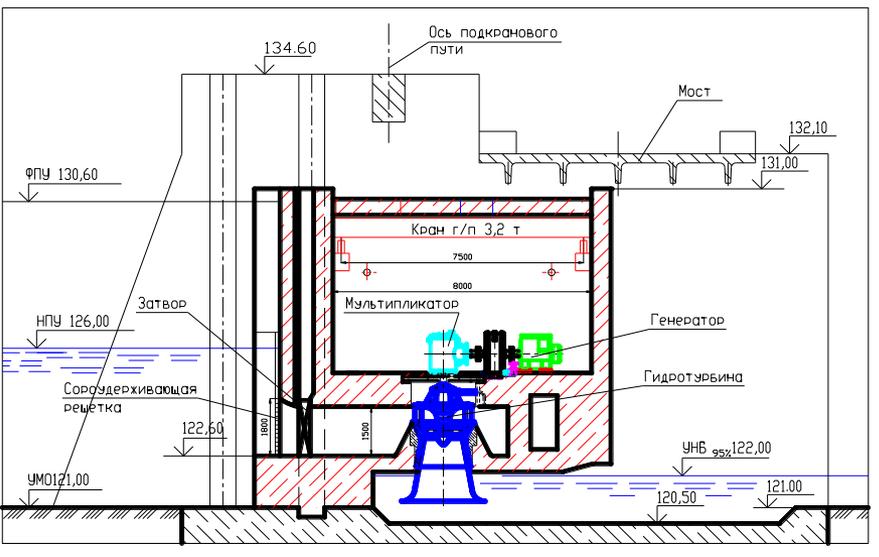
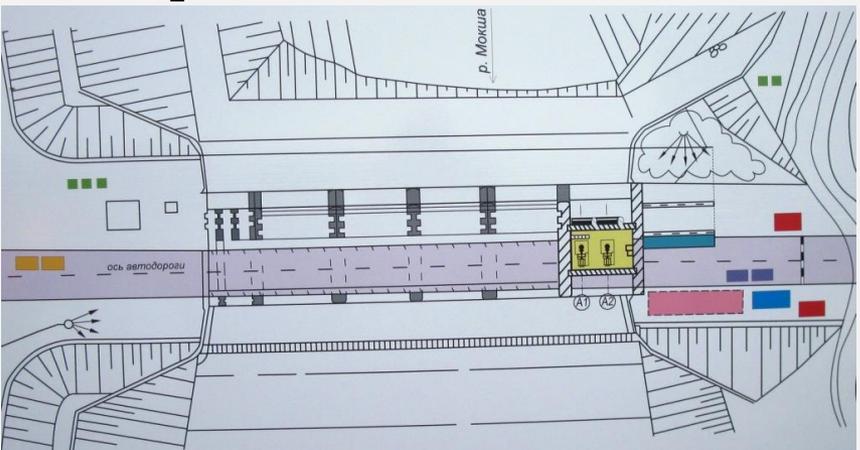


ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СООРУЖЕНИЯ МАЛЫХ ГЭС



1. ПРИСТРОЙКА К СУЩЕСТВУЮЩИМ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ОБЪЕКТАМ

1.1. МГЭС в пролете мелиоративной плотины



Токмовская
МГЭС
Станция
введена в
эксплуатацию
в мае 2009
года



1.3 МГЭС НА ПЕРЕПАДЕ МЕЛИОРАТИВНОГО КАНАЛА

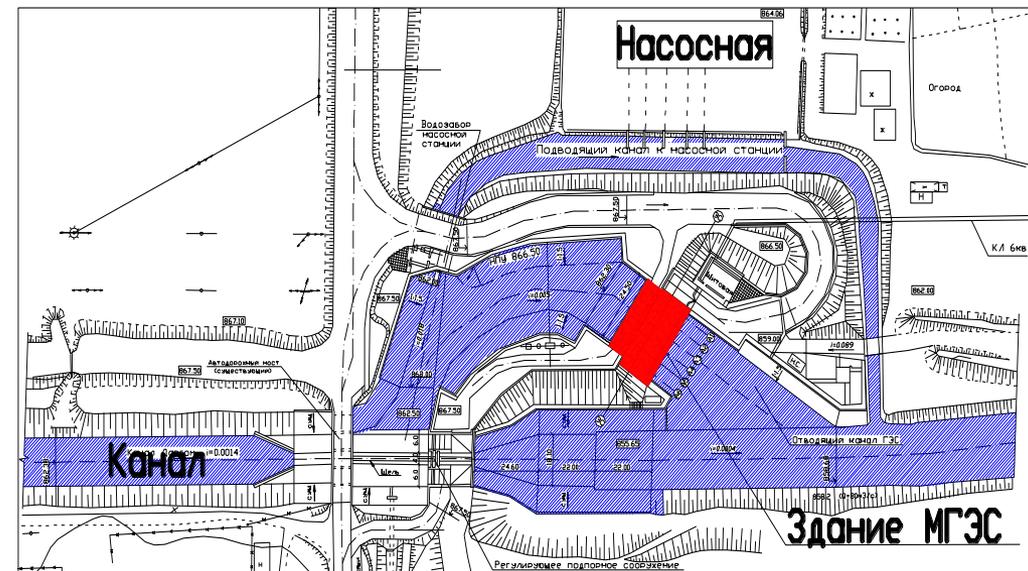


Ургутская МГЭС

Строительство станции осуществлено на канале Обводной Даргом.

Станции введена в эксплуатацию в 2003 г.

На станции установлено шесть гидроагрегатов мощностью по 500 кВт с пропеллерной турбиной \varnothing 1250 мм



1.4 МГЭС НА СБРОСЕ ТЭЦ



Сбросной канал

Здание МГЭС

Мощность
5x200 кВт
Напор 3-6 м
Расход
16,7-20,8 м³/с



МГЭС на
сбросе ТЭЦ
проект
разработан
в 1995 г.

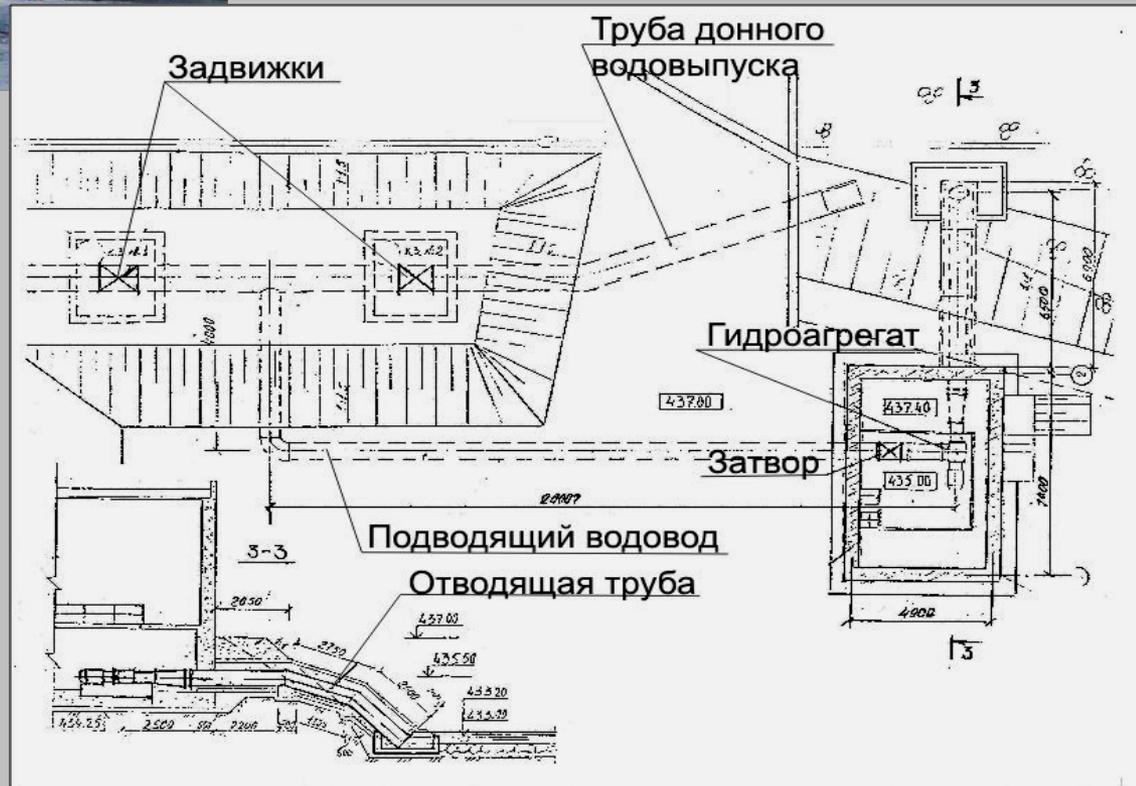
1.5 МГЭС на донном водовыпуске водохранилища

Узянская МГЭС
введена в эксплуатацию в 1999 г.

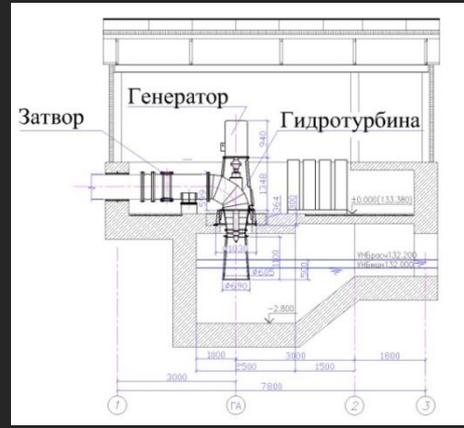
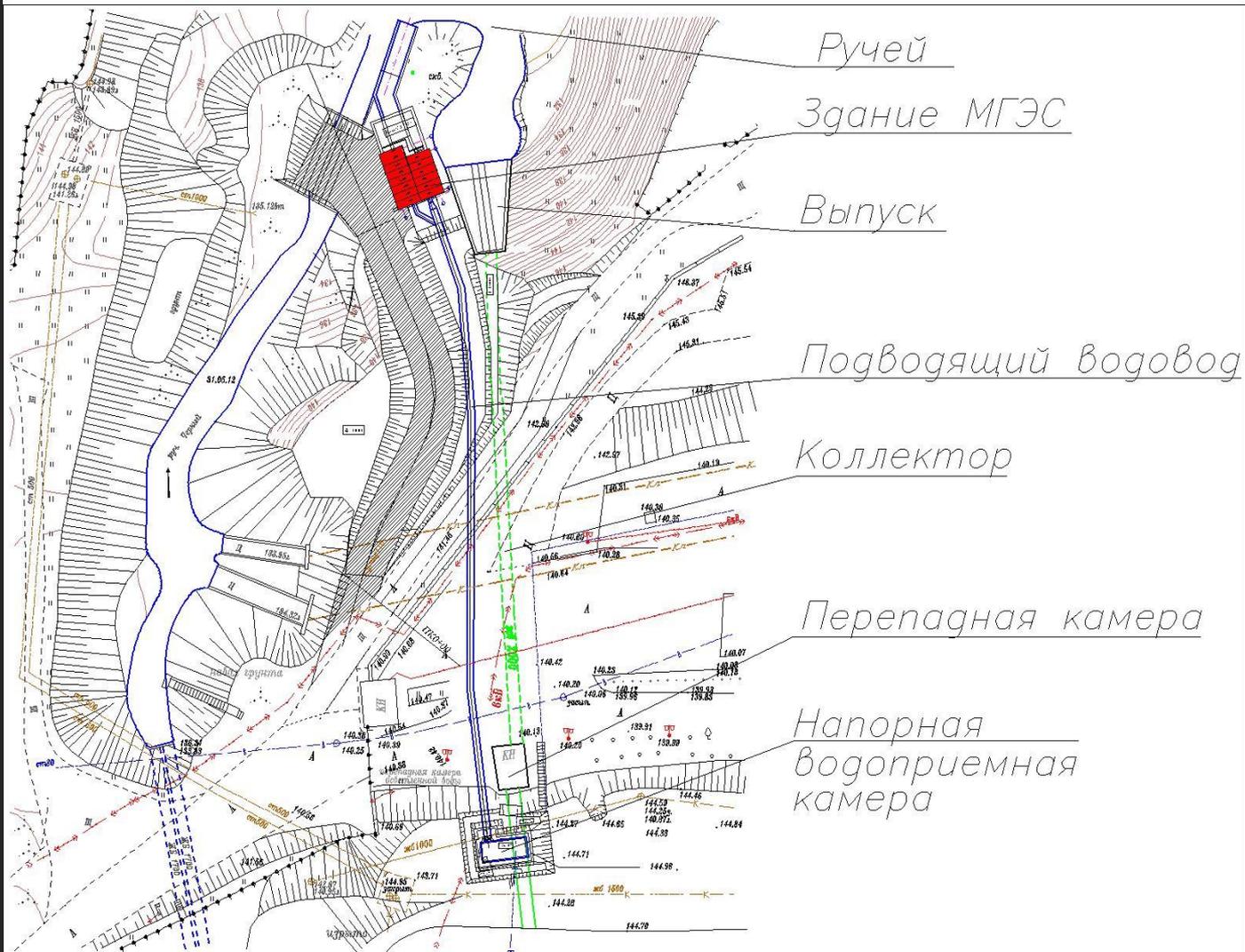


На донных водовыпусках установка гидроагрегатов осуществляется врезкой подводящего трубопровода в трубу водовыпуска.

На станции установлен гидроагрегат мощность 50 кВт с пропеллерной турбиной $\varnothing 460$ мм

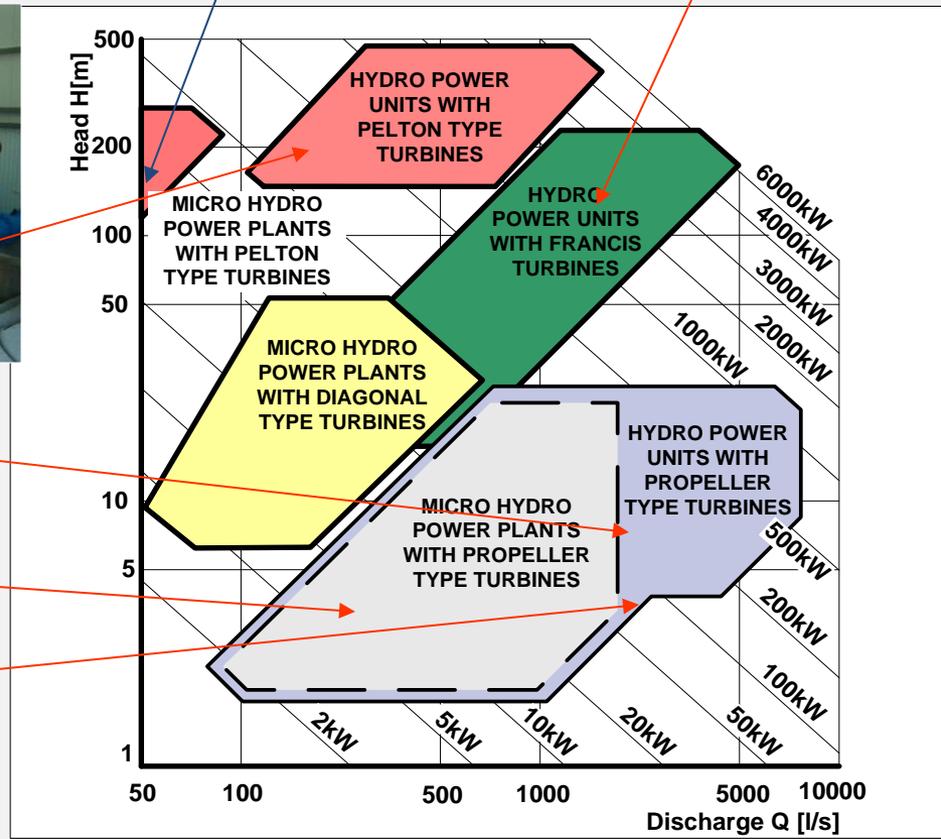
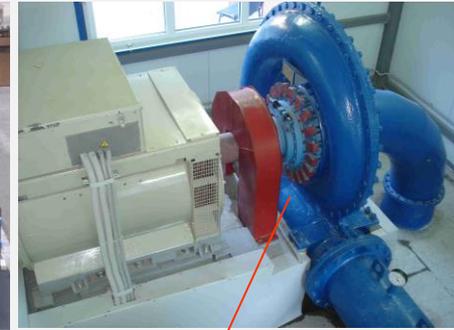
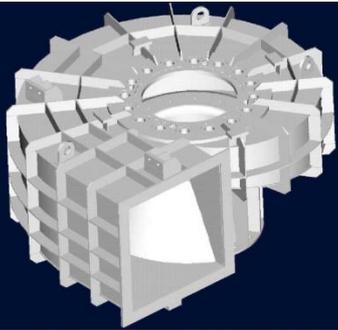


1.6 МГЭС на сбросе очистных сооружений Водоканала



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МАЛЫХ ГЭС

Напоры от 3 до 450 м, мощность от 5 до 5000 кВт



МГЭС «Кайру» мощностью 400 кВт. 2002 г.

Плотина на водозаборе выполнена
ряжевой конструкции



Для
обеспечения
автономной
работы на
станции
установлено
устройство
балластной
нагрузки с
воздушным
охлаждением



На станции установлено два гидроагрегата
мощностью
по 200 кВт, напор 60 м



Талинская МГЭС, Армения 3 гидроагрегата ГА9, 4.8 МВт



МГЭС «Джазатор» мощностью 630 кВт на р. Тюнь. 2007 г.



Перекрытие реки

Строительство здания станции



Два гидроагрегата мощностью по 315 кВт с ковшовой турбиной, напор 140 м





МГЭС «Фаснал» Северная Осетия

Напор 118 м, расход 7,5
 $\text{м}^3/\text{с}$

МГЭС оснащена
тремя гидроагрегатами
ГА9
и одним агрегатом
ГА10

МГЭС на сбросах Минской ТЭЦ-2, Белоруссия

Станция введена в эксплуатацию в 2007 г.

На станции
установлено
два гидроагрегата ГАС
мощностью по 130 кВт
с пропеллерной
турбиной, напор 3,5 м



МГЭС на р.Тапанахуна, Суринам

введена в эксплуатацию в 2011 году



На станции установлено три гидроагрегата ГАС мощностью по 130 кВт с пропеллерной турбиной, напор 3,5 м



МГЭС «Эл Мило», Куба, 2014 год



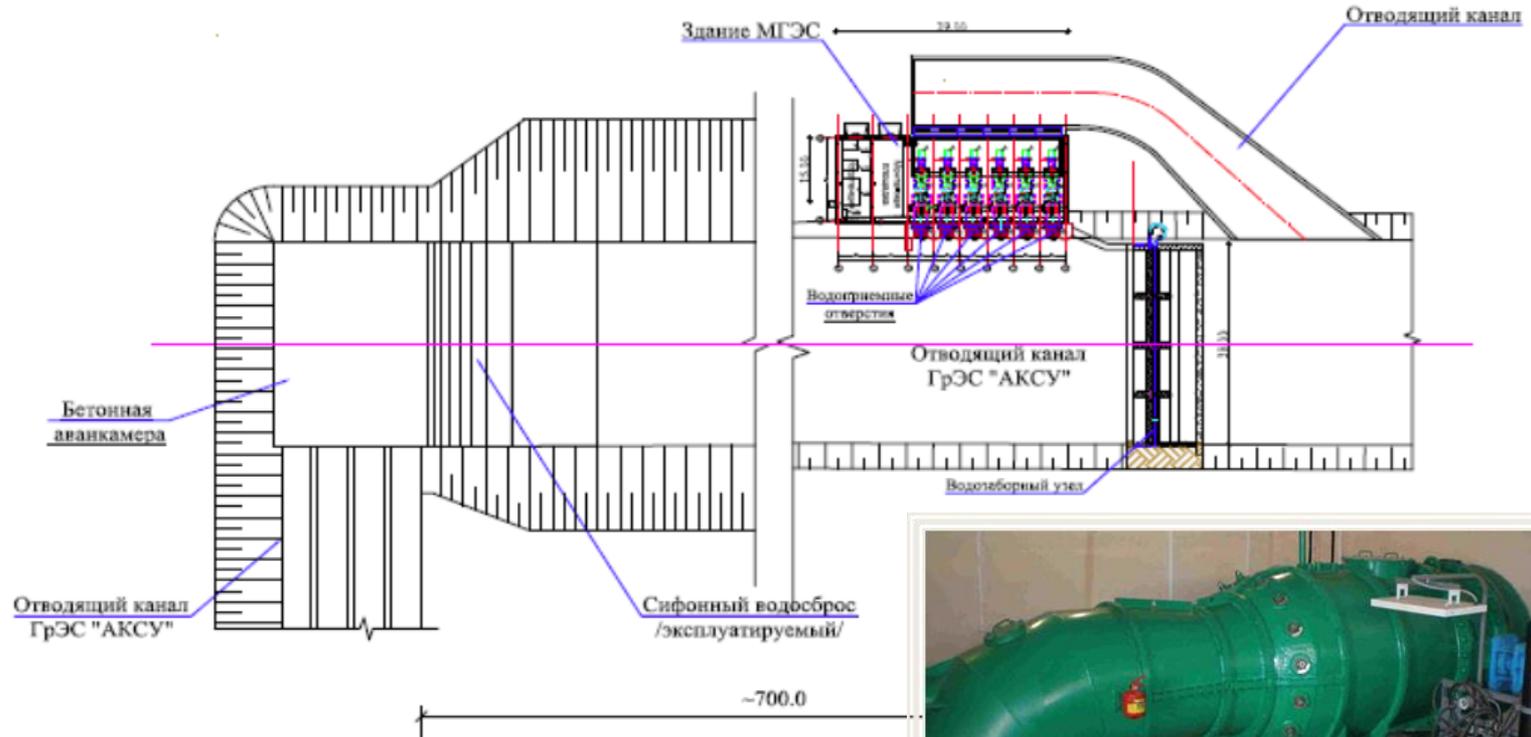
МГЭС «San Blas», Куба, 2015 г.



Использование промышленных водотоков для строительства МГЭС

ВАРИАНТ 2

ГЕНПЛАН СООРУЖЕНИЙ МиниГЭС НА ОТВОДЯЩЕМ КАНАЛЕ ГрЭС "АКСУ"

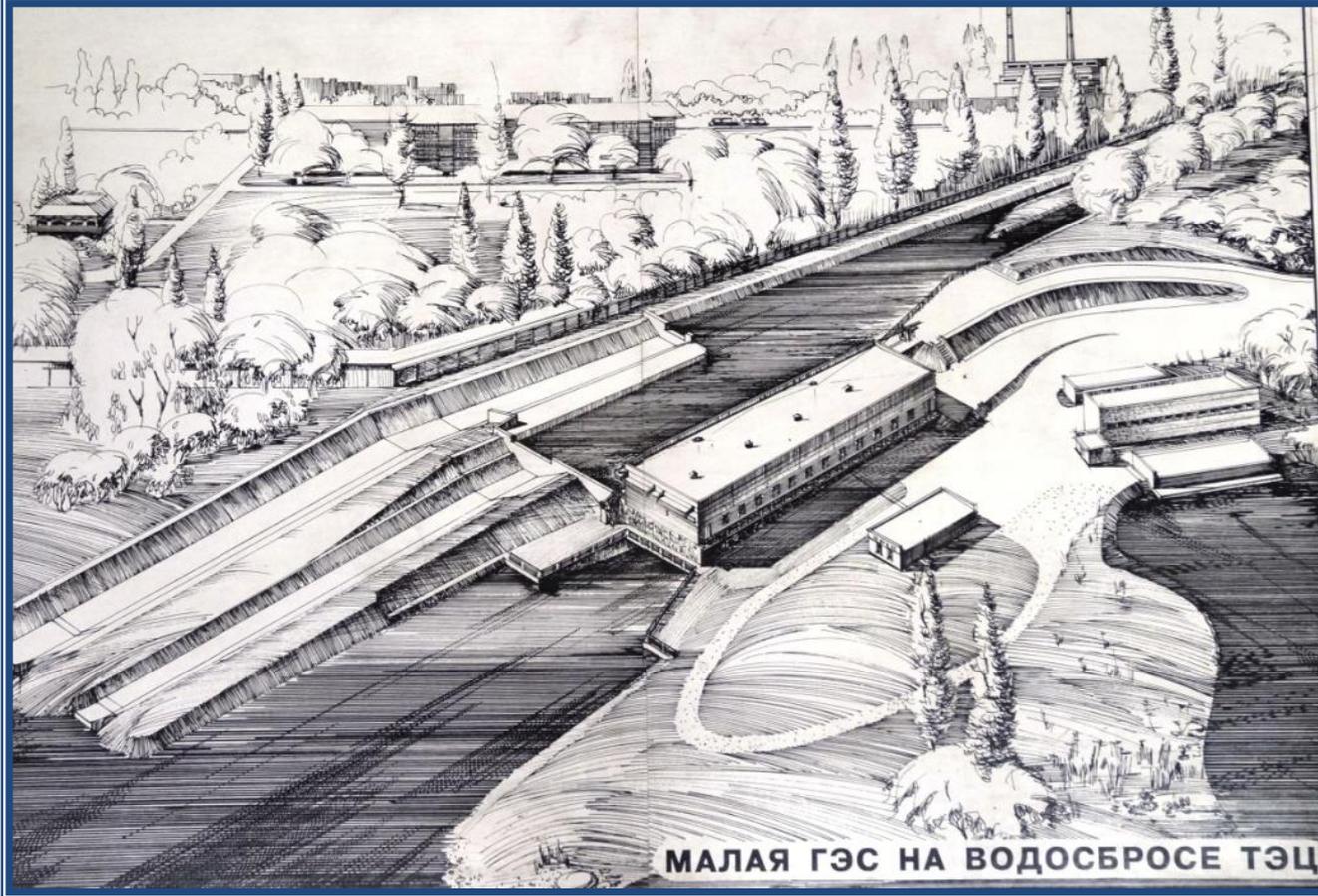


Примечание:
Размеры гидротехнических сооружений будут уточнены
после получения топографической съемки.



Предпроектные водно-энергетические и технико-экономические показатели МГЭС

Наименование показателей	Единицы измерения	МГЭС
Статический напор (предпроектный)	м	3,25*
Расчетный напор	м	3,0*
Расчетный расход (расчетный)	м ³ /с	60
Количество водоприемных отверстий в напорной камере	шт.	6
Диаметр водоприемных отверстий в напорной камере	м	2,0
Количество гидроагрегатов	шт.	6
Тип гидроагрегатов		ГА14М
Расчётная мощность	кВт	1427
Установленная мощность	кВт	1800
Капитальные вложения (предварительно)	млн руб. млн. тенге	292,9 / 1 628 524



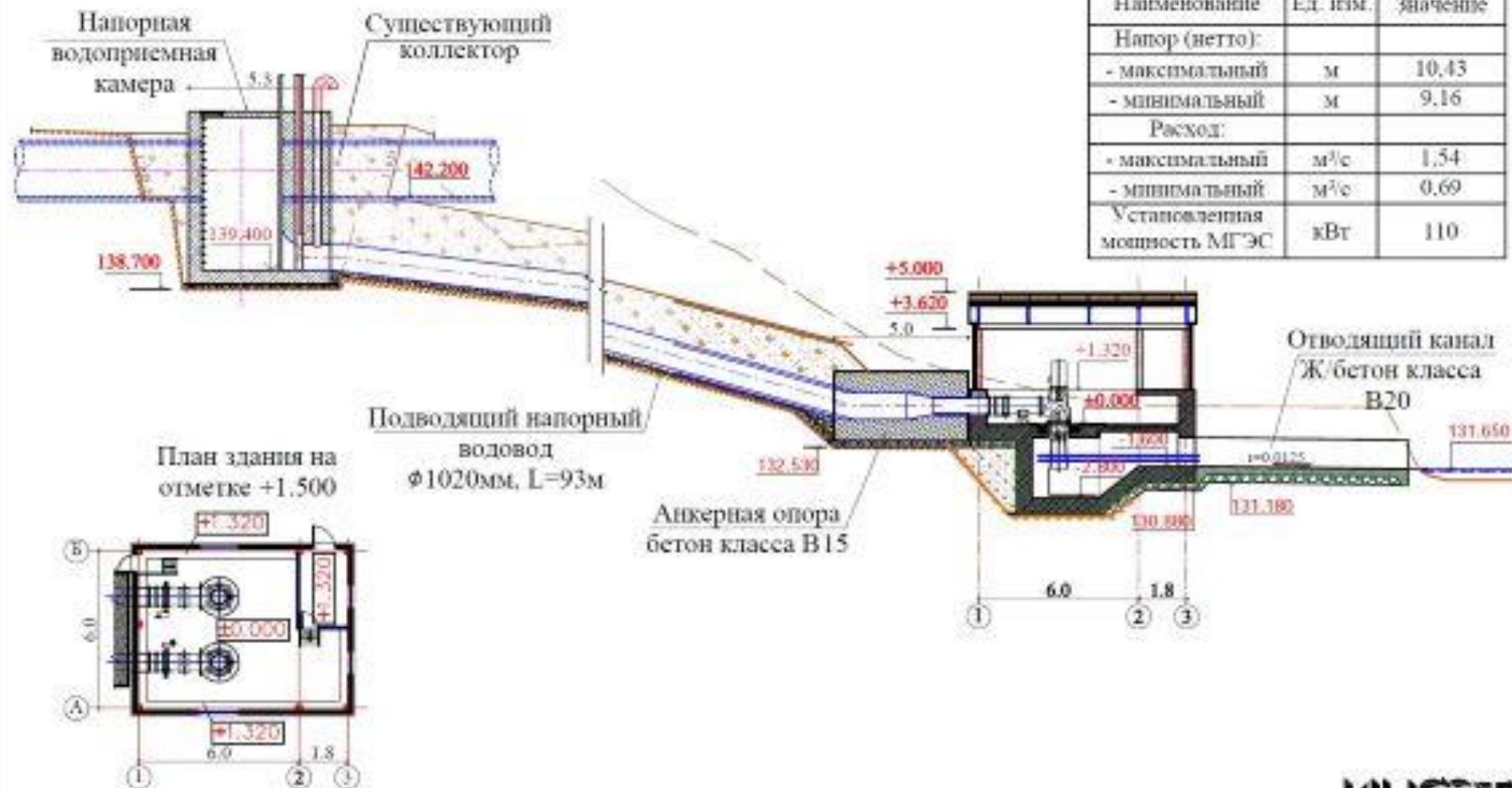
Мощность 5x200
кВт
Расход до 20 м³/с
Напор 3-6 м

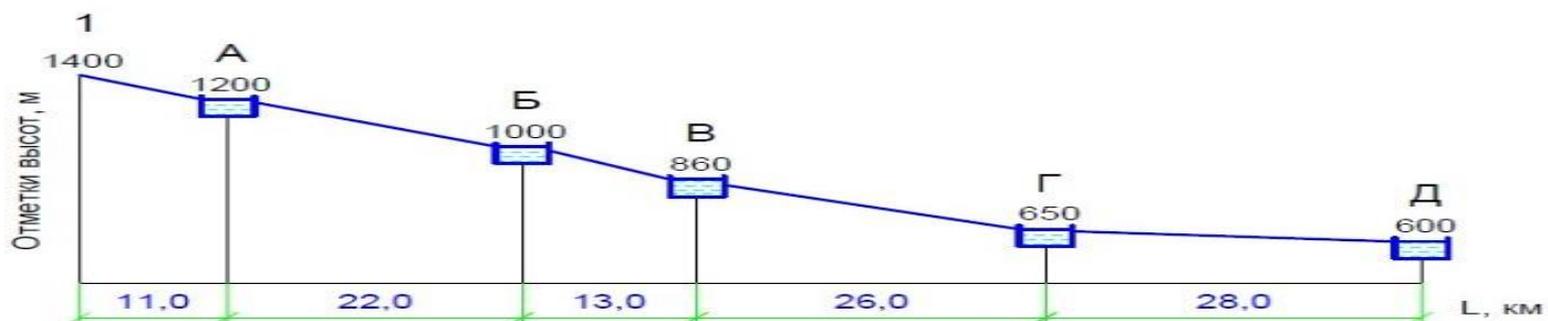


Продольный разрез по трассе напорного водовода

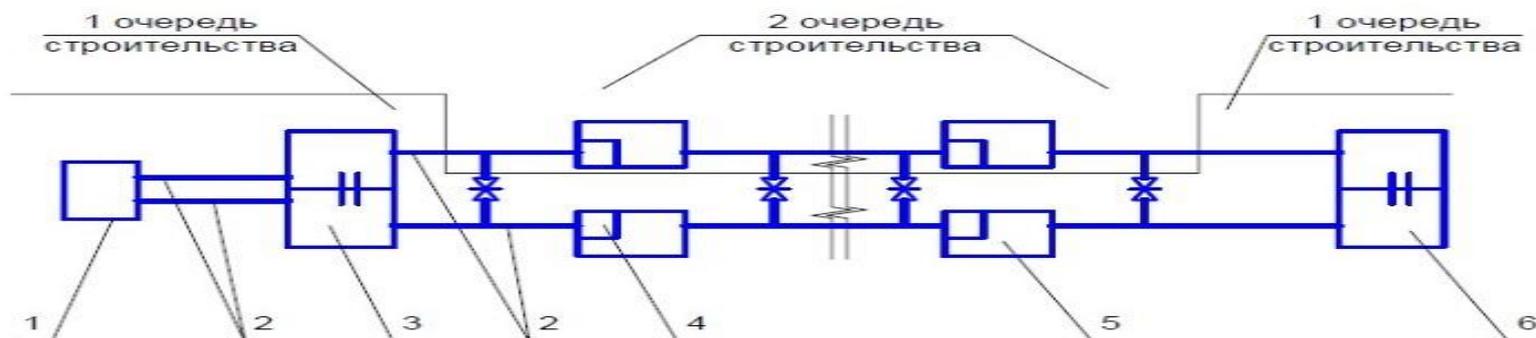
Основные параметры МГЭС

Наименование	Ед. изм.	Значение
Напор (нетто):		
- максимальный	м	10,43
- минимальный	м	9,16
Расход:		
- максимальный	м ³ /с	1,54
- минимальный	м ³ /с	0,69
Установленная мощность МГЭС	кВт	110



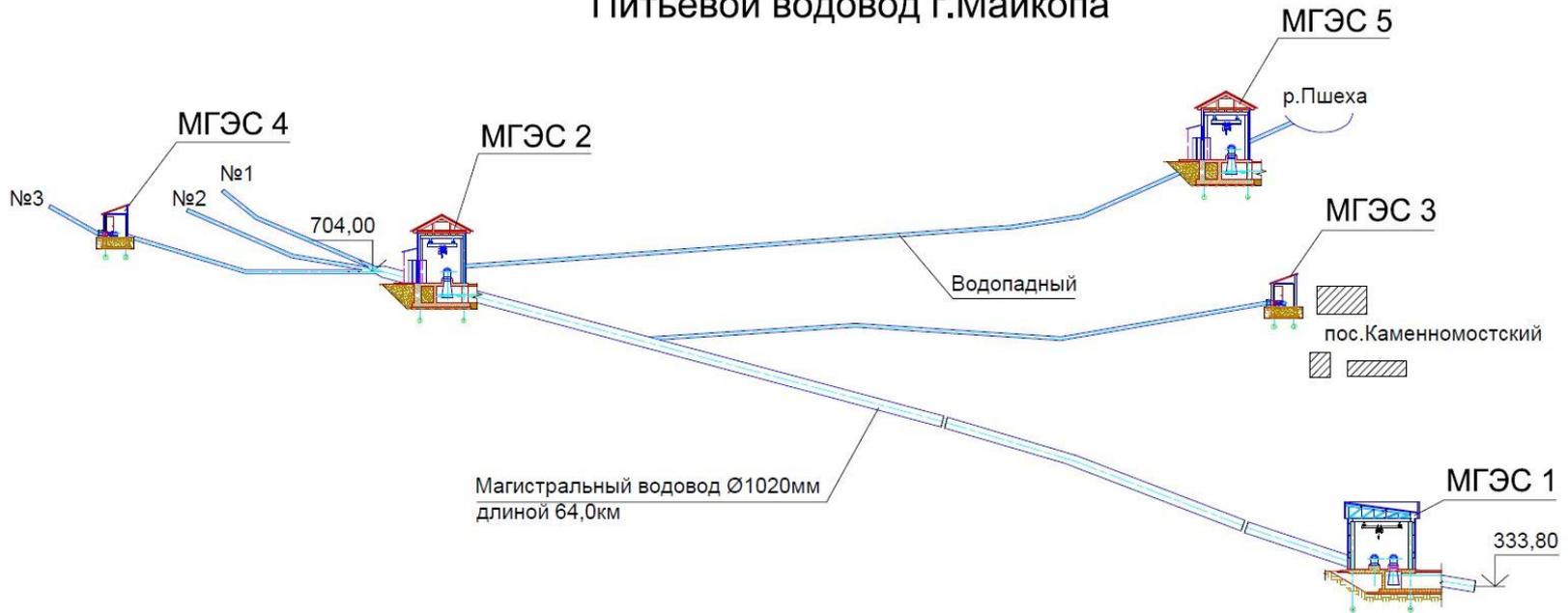


L - длины участков трассы водовода, км
 1, А, Б, В, Г, Д - разгрузочные емкости

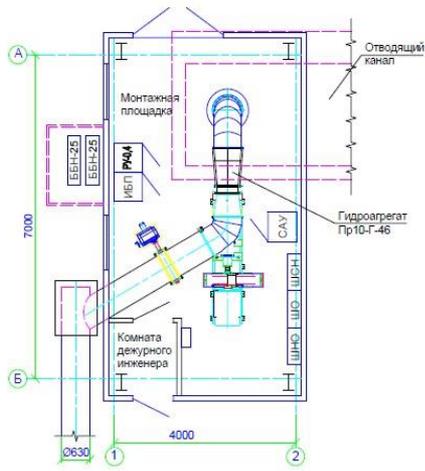


1 - водозаборные скважины; 2 - магистральные водоводы; 3 - сборный резервуар;
 4 - гидроагрегаты; 5 - промежуточный резервуар с гидроагрегатами;
 6 - накопительный резервуар запаса воды

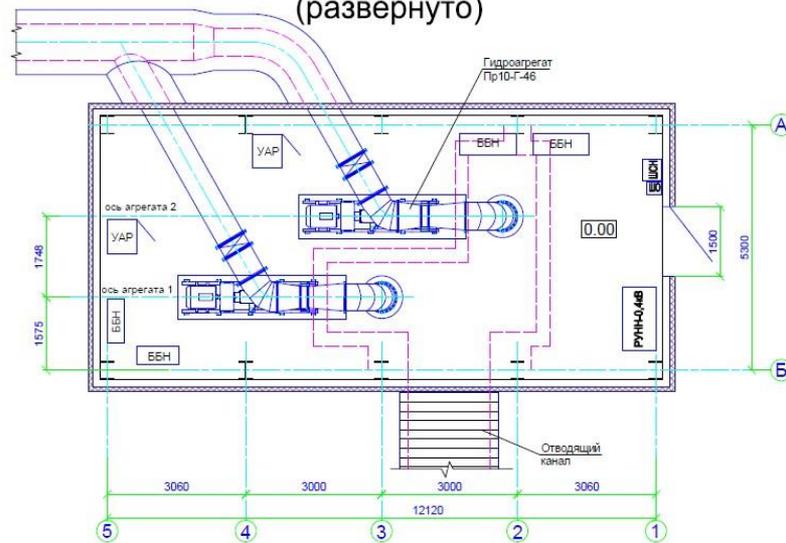
Питьевой водовод г. Майкопа



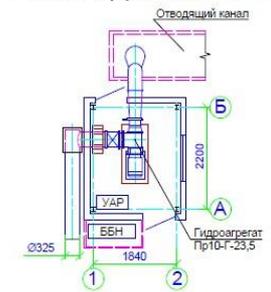
План здания МГЭС 2, 5



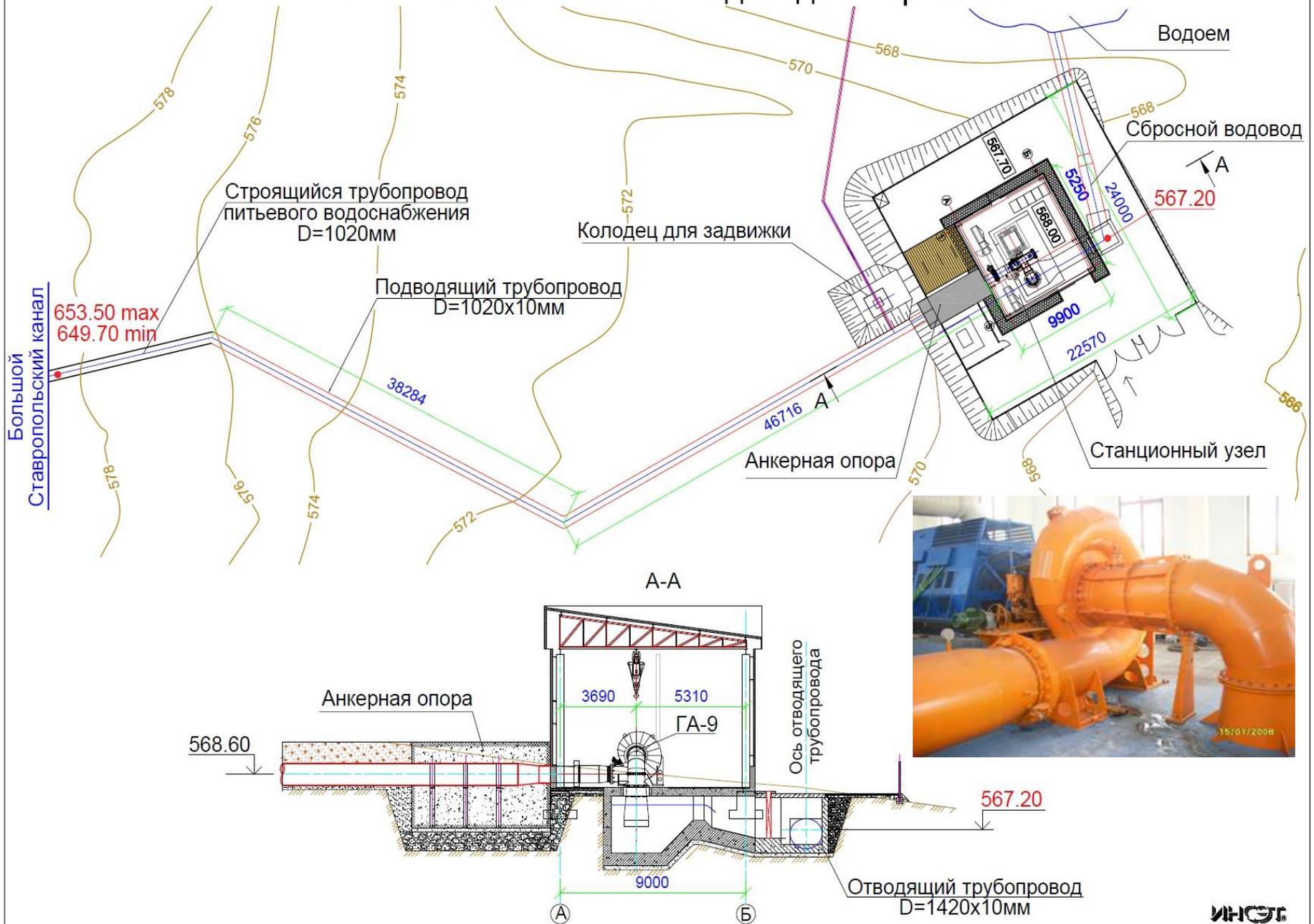
План здания МГЭС 1
(развернуто)



План здания МГЭС 3, 4

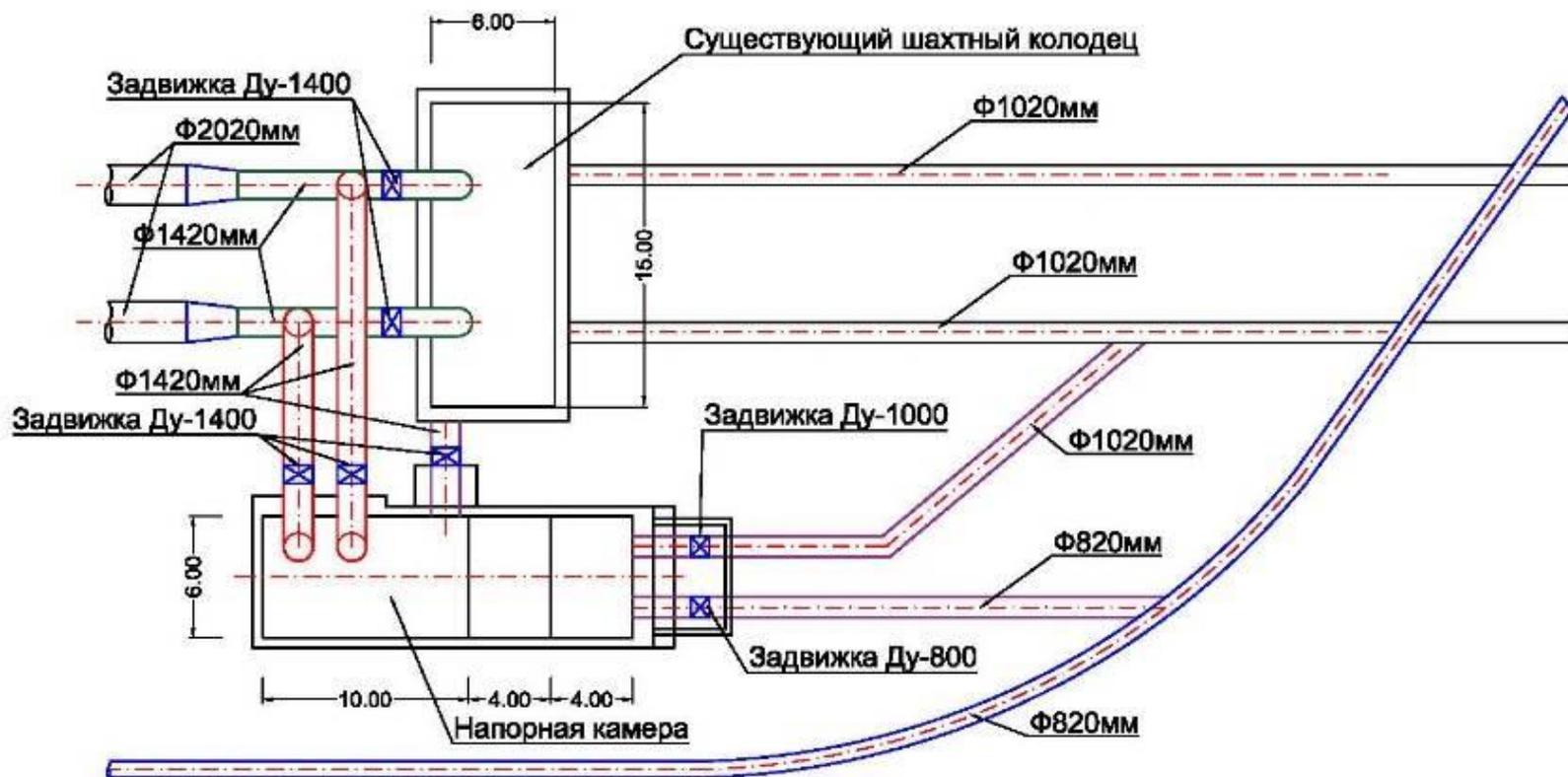


Малая ГЭС на питьевом водоводе г.Черкесска

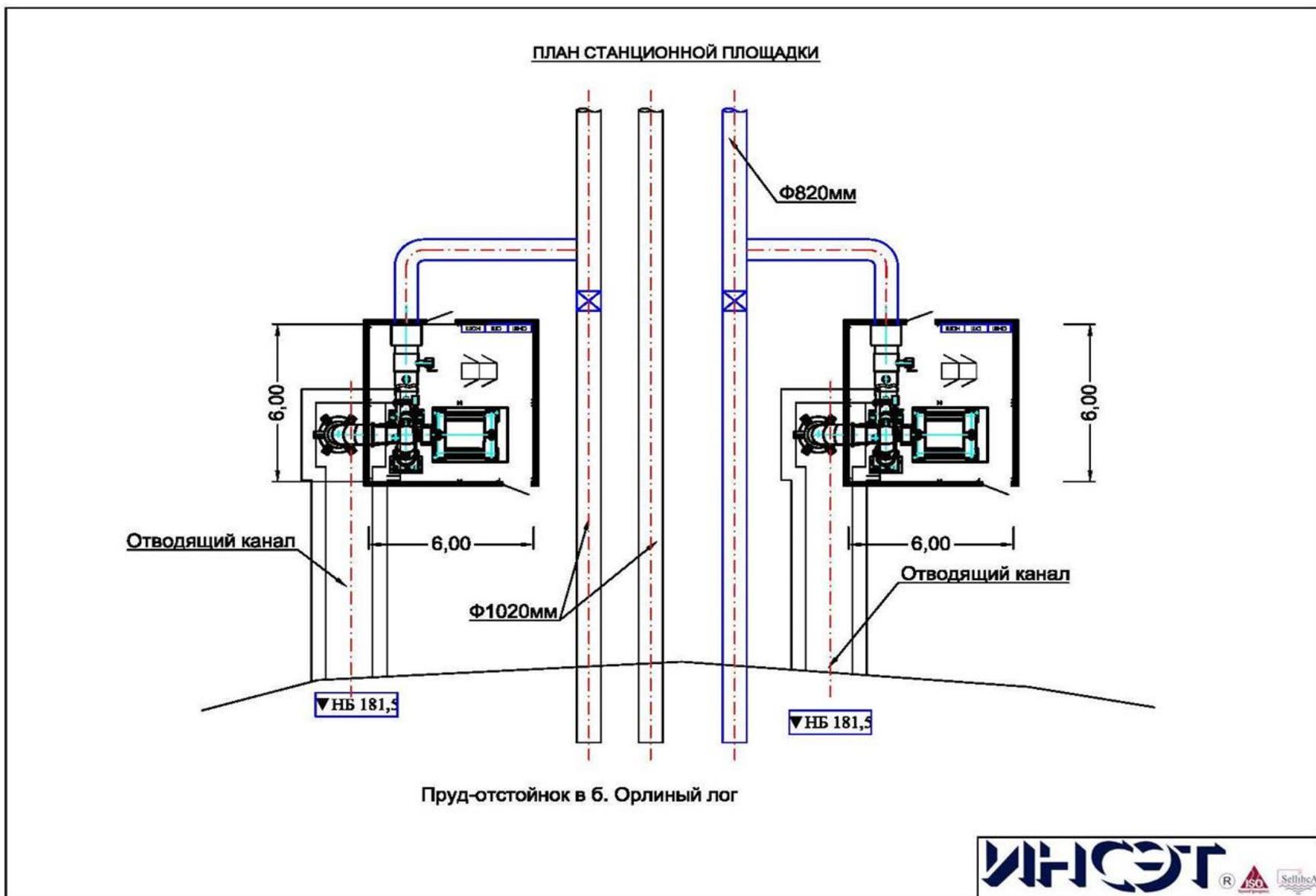


Размещение МГЭС на сбросах хвостохранилища ГОКа

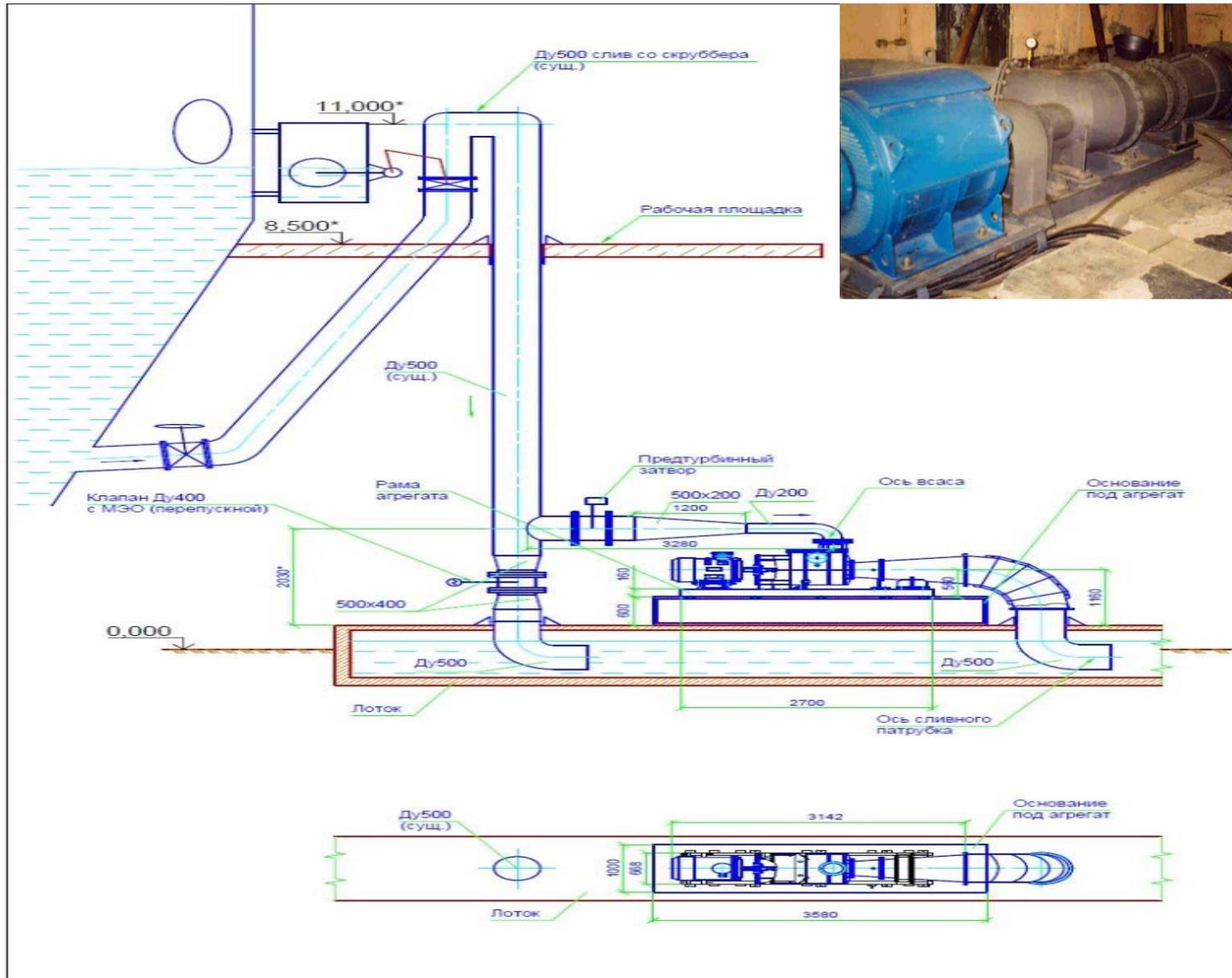
ПЛАН ВОДОПРИЕМНОЙ НАПОРНОЙ КАМЕРЫ



Размещение МГЭС на сбросах хвостохранилища ГОКа



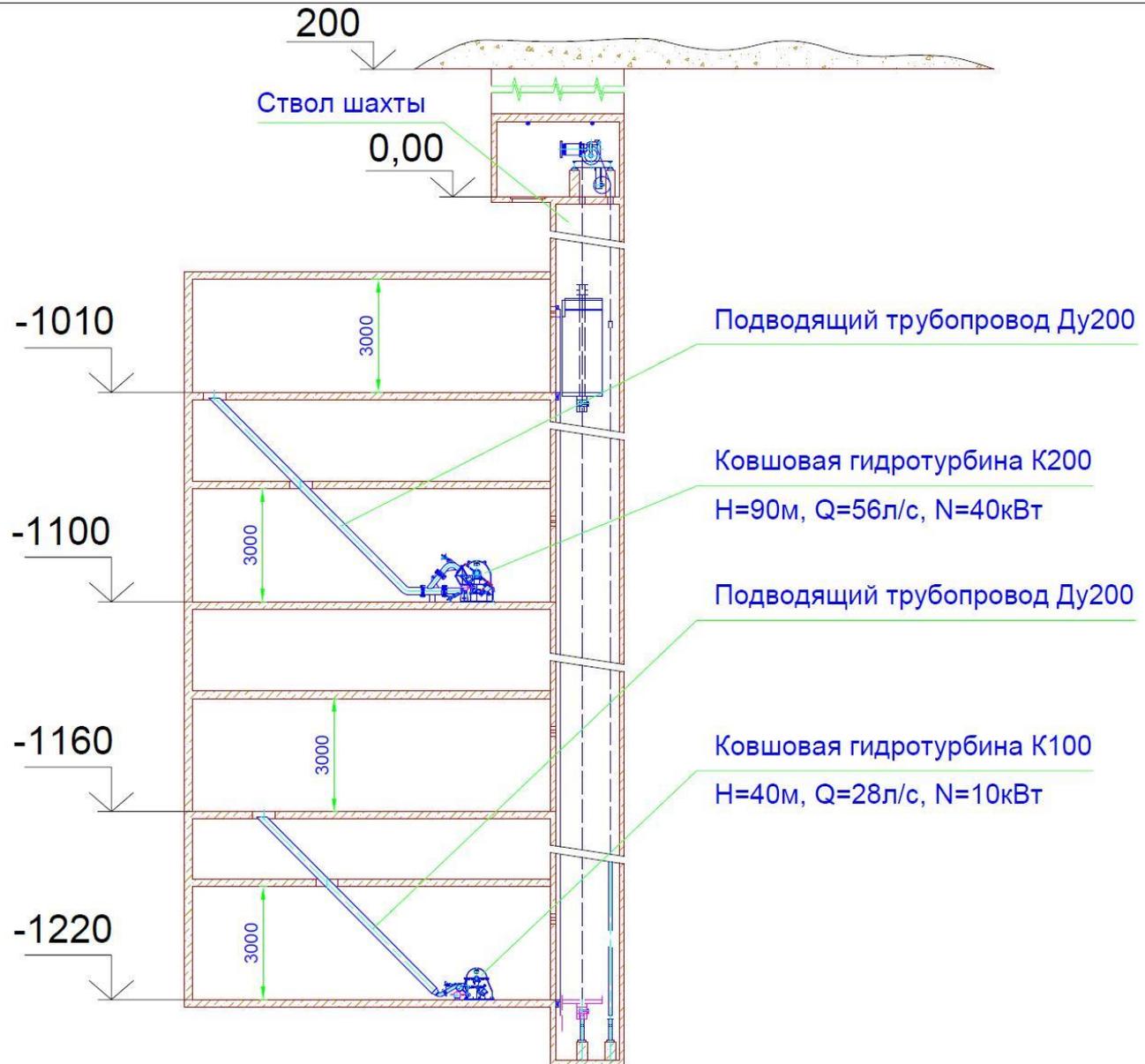
Размещение мини-ГЭС на сбросах скруббера доменной печи





**МГЭС на сливе оборотной воды
горнодобывающего комбината**

Использование шахтных вод



ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МГЭС, ПЛАНИРУЕМЫХ К СТРОИТЕЛЬСТВУ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОБСЛЕДОВАНИЯ РЕК В РЕГИОНАХ С КРИТИЧЕСКИМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

Регион	Мощн/Выр кВт/ кВтч	Типоразмер оборудования	Стоимость строительства	Цена кВтч руб. до/после	Срок окуп
Приморский край р.Большая Уссурка	2,0/7,0	ГА14М / 6	274,0	20 / 1,4	6 / 7,5
Республика Бурятия Северо-Муйский туннель р. Агаракан-Муяканский	1,0/8,2	ГА9/2	152,0	5 / 0,8	5 / 8,2
Республика Якутия р.Малые Кидерики	1,5/5,6	ГА9/2	218,0	18 / 1,2	5 / 7
Хабаровский край р.Большая Уда	4 .0/18,6	ГА9/6	890,0	25 / 1.45	3 / 4
Остров Парамушир р. Матросская	1,5/6,2	ГА9/! ГА2М/2	164,0	6 / 1,6	10 / 20

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МАЛОЙ ГЭС НА РЕКЕ Б.УССУРКА

МГЭС на р. Большая Уссурка Вариант II

Пристанционная
напорная камера

Здание ГЭС
▽ 278.0

Деривационный туннель
(штольня) L=700м

Божовой земной
канал-водоприемник
▽ 284.0

Отводящий канал
L=1000м

Вахтовый поселок
"Счастливыи"

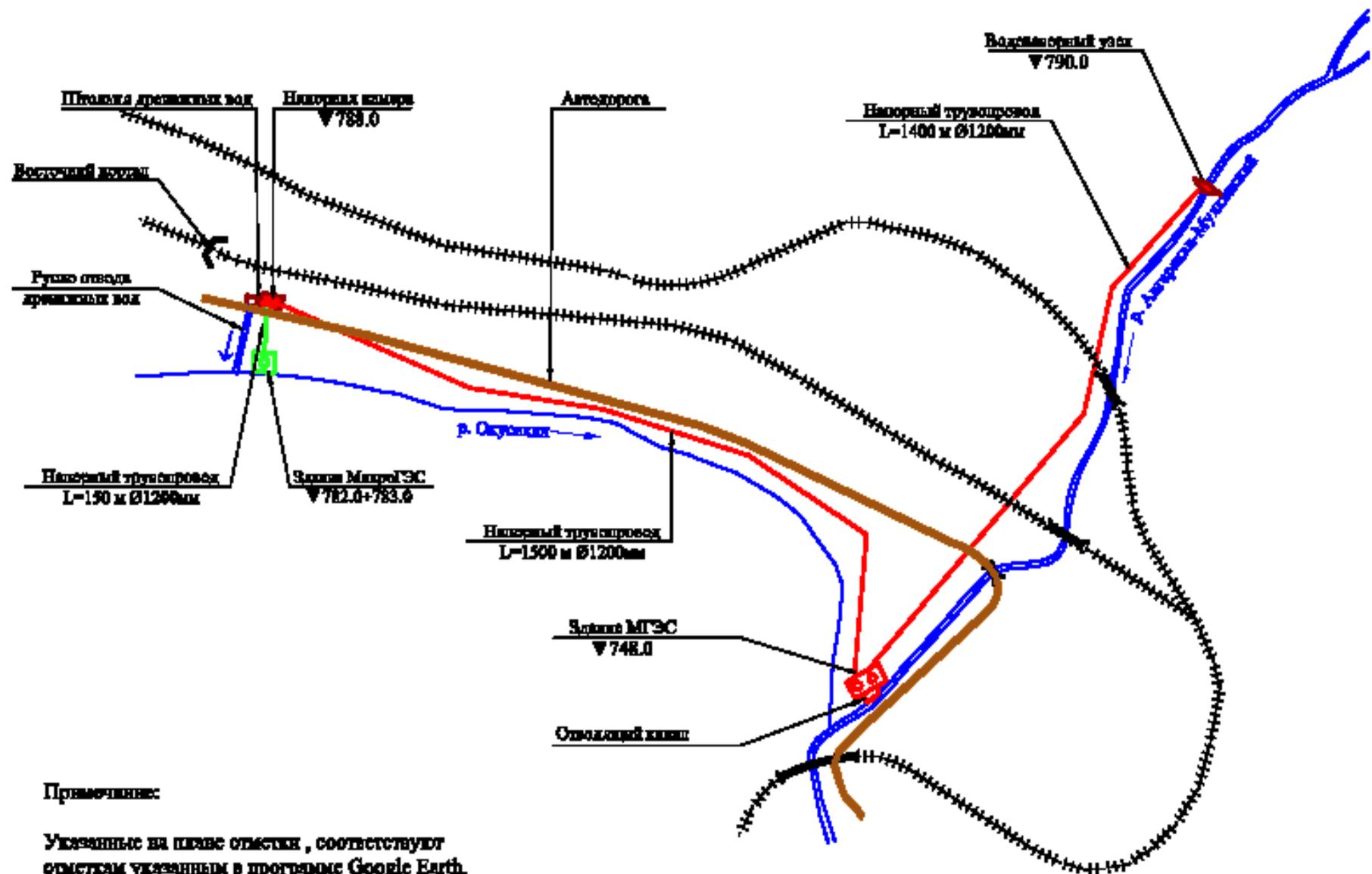
Технические параметры: Установленная мощность – 2.0МВт
Статический напор – 6.0м
Расчетный расход – 36.0м³/с

МГЭС НА СБРОСАХ СЕВЕРО-МУЙСКОГО ТУННЕЛЯ

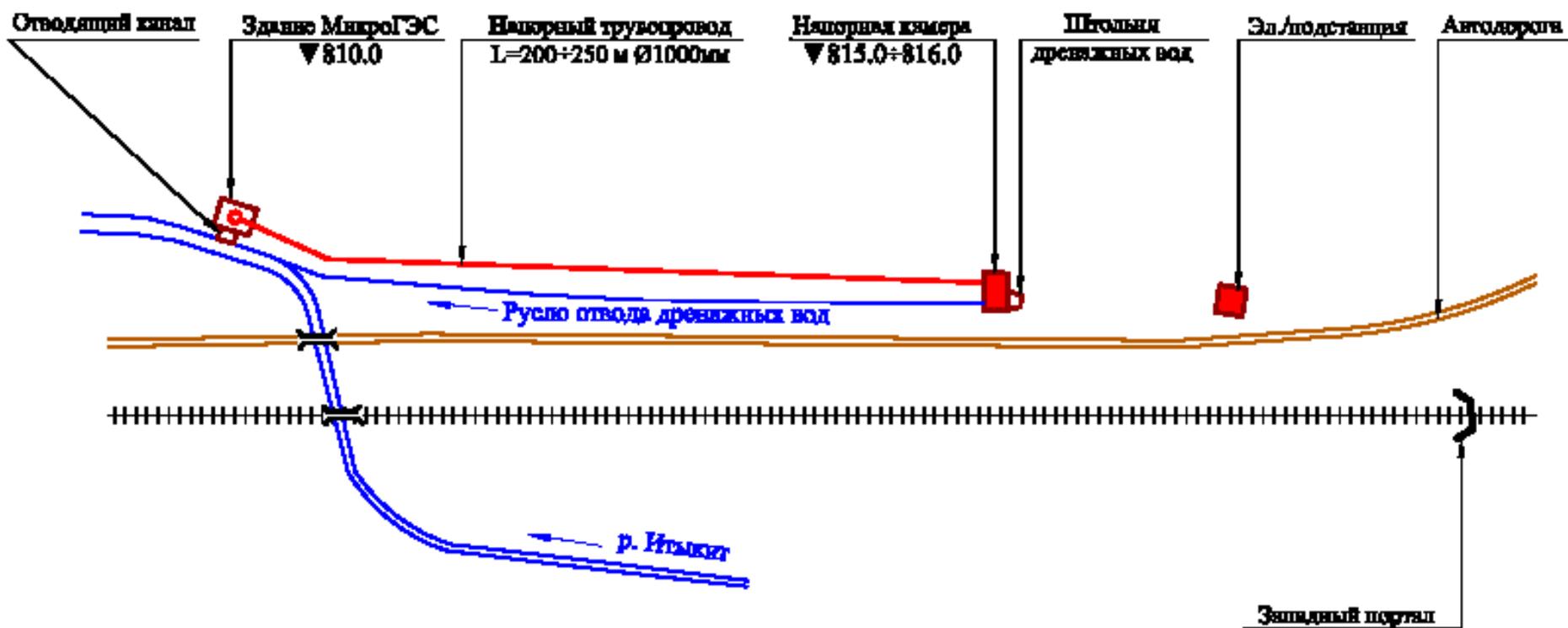


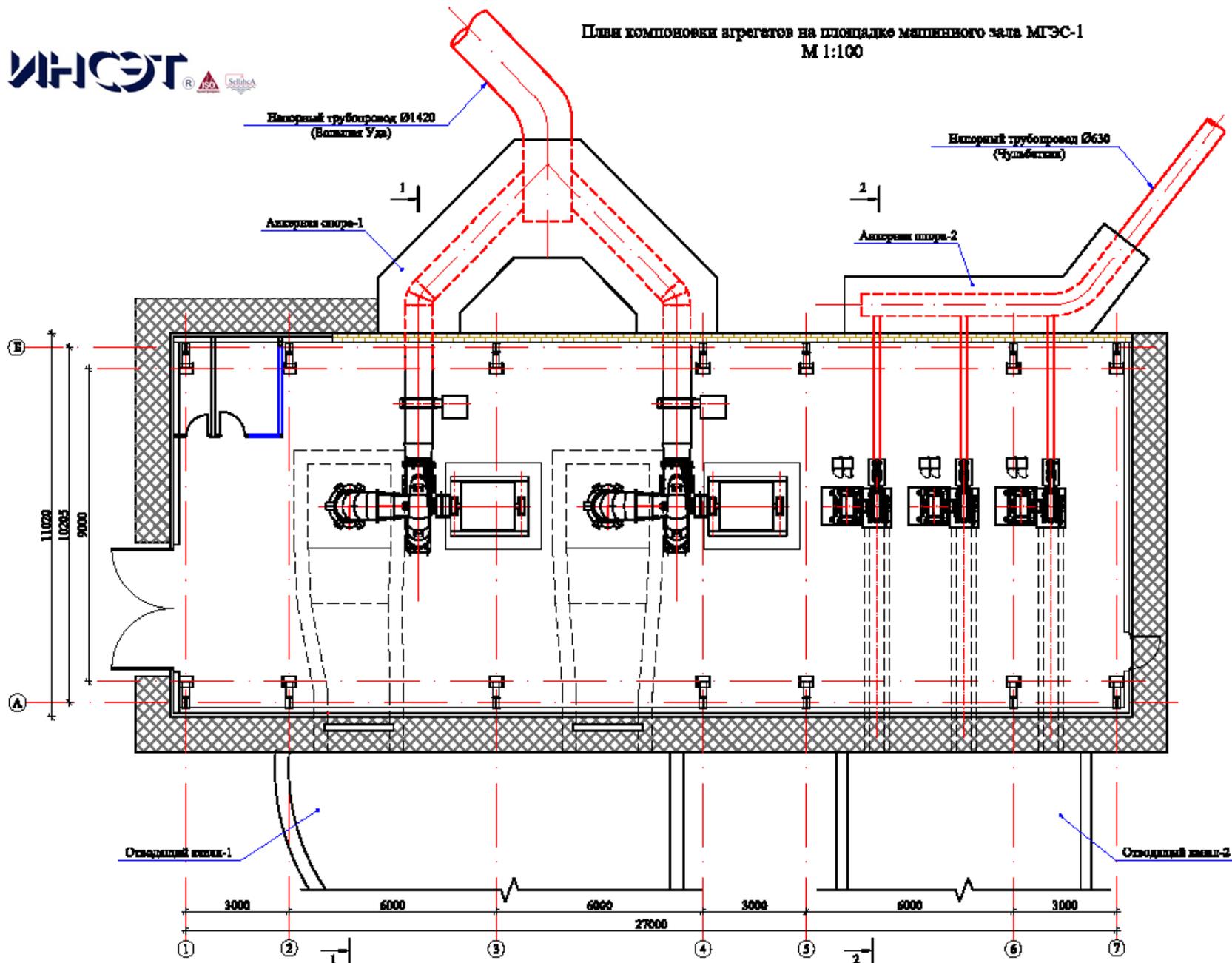
©RUSSOS | RUSSOS.LIVE.JOURNAL.COM

**Ситуационный план компоновки сооружений МГЭС
восточного портала Северомуйского ж/д туннеля**



Ситуационный план компоновки сооружений МикроГЭС
западного портала Северомуйского ж/д тоннеля





МГЭС НА Р. МАТРОССКАЯ (О. ПАРАМУШИР)

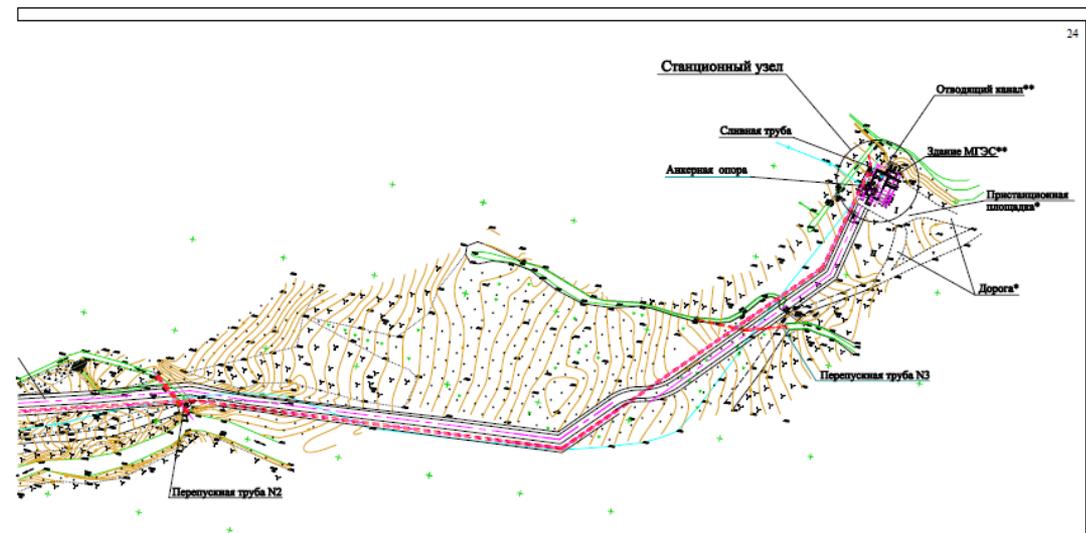
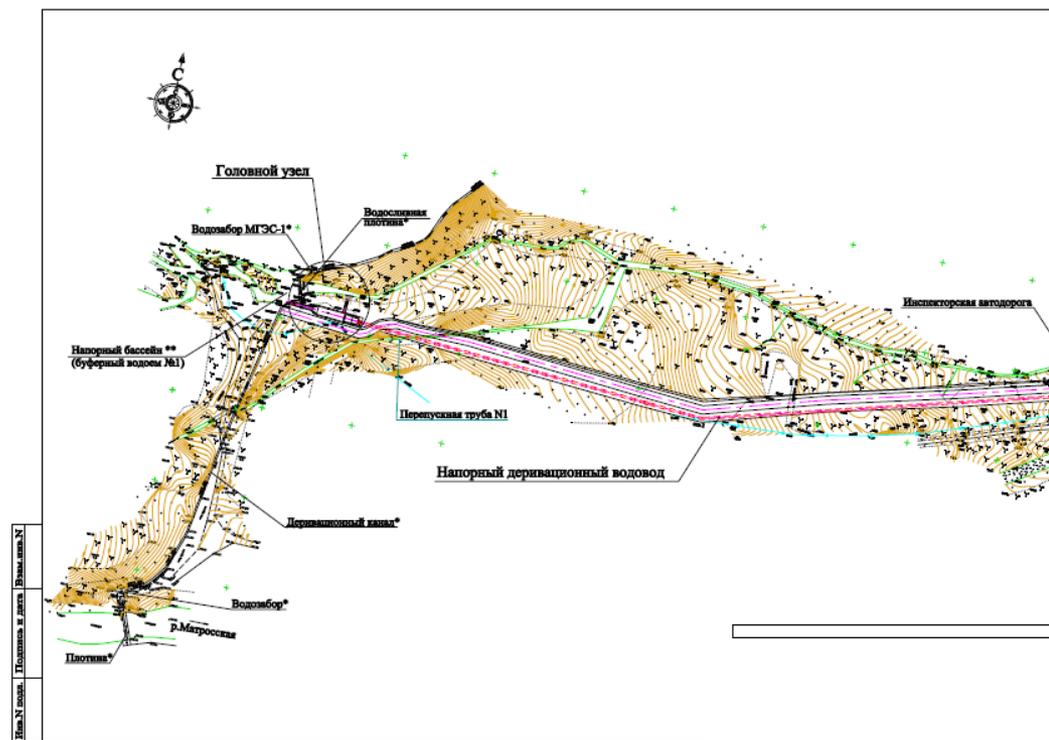


Рисунок.1.2 – Компонная существующих и новых сооружений МГЭС-1 на р.Матросская
* - Существующие сооружения
** - Реконструируемые сооружения

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЗВИТИЮ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

1. Разработать предложения о внесении дополнений в систему господдержки инвесторов, создающих, реконструирующих и восстанавливающих объекты малой гидроэнергетики в части предоставления льготных кредитов.
2. На федеральном уровне устанавливать экономически обоснованные, в соответствии с действующим законодательством, тарифы на покупку электроэнергии, производимой малыми ГЭС.
3. Разработать госпрограмму создания комбинированных (мини-ГЭС- дизель (микро-ГТУ) энерго-комплексов для районов Арктической зоны.
4. Разработать предложения о внесении дополнений в систему господдержки инвесторов, собственников, проектных, строительно-монтажных и эксплуатирующих организаций тарифообразования, обеспечивающих развитие и функционирование систем энергообеспечения населенных пунктов и промышленных предприятий, расположенных в труднодоступных и удаленных территориях Дальнего Востока и Арктики.
5. Разработать программу создания сети малых ГЭС для обеспечения возможности аварийного обеспечения электроэнергией поселений в регионах с критическим природно-климатическими условиями.
6. Разработать программу создания сети малых ГЭС для обеспечения возможности аварийного обеспечения электроэнергией поселений, расположенных в приграничных регионах



**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**

За дополнительной
информацией обращайтесь
в АО «МНТО ИНСЭТ» г.
С.-Петербург,
www.inset.ru

