

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.
Аммосова»
Физико-технический институт
Кафедра «Электроснабжение»

Н.П. Местников

**ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА**

Учебное пособие. Часть 1.
по дисциплине «Общая энергетика» и
факультативу «Основы энергосбережения и
ресурсоэффективности в условиях Севера»

Рекомендовано учебно-методическим советом СВФУ
в качестве курса лекций и практических занятий
для студентов по направлениям подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль – Электроснабжение
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
Профиль – Энергообеспечение предприятий

Якутск 2021 г.

УДК 620.92

ББК 31.6

Утверждено учебно-методическим советом СВФУ

Рецензенты:

Э.Г. Нуруллин, д.т.н., профессор ИМиТС КазГАУ, г. Казань

Д.В. Рыжков, к.т.н., доцент, рук-ль УИЦ «ЭиЭ» КГЭУ, г. Казань

М.Н. Прокопьева, начальник УТКО ГУП «ЖКХ РС(Я)», г. Якутск

Местников Н.П.

Возобновляемые источники энергии в условиях Севера: учебное пособие часть 1 по дисциплине «Общая энергетика» и факультативу «Основы энергосбережения и ресурсоэффективности в условиях Севера» / Н.П. Местников – Якутск, 2021 г.: Издательство: ООО РИЦ «Офсет».

Пособие содержит теоретический материал и описание практических работ по дисциплине «Общая энергетика» и факультативу «Основы энергосбережения и ресурсоэффективности в условиях Севера» с учетом внешних параметров условий Севера в том числе, а также краткую теорию об энергетических установках и системах, применяющиеся в сфере энергосбережения и ресурсоэффективности. Представлены основные понятия, термины и нормативно-правовые акты в сфере энергосбережения и ресурсоэффективности.

Учебное пособие предназначено для студентов по направлениям 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и начинающих специалистов производственных предприятий в сфере энергетики в том числе отраслевых министерств и ведомств. Составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины «Общая энергетика».

При разработке методических указаний использовались практические материалы кафедры «Электроснабжение» Физико-технического института СВФУ им. М.К. Аммосова (г. Якутск), Института теплоэнергетики Казанского государственного энергетического университета (г. Казань).

ISBN 978-5-91441-323-8



9 785914 413238

УДК 620.92

ББК 31.6

© Местников Н.П., 2021

© Северо-Восточный федеральный университет, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	7
УСЛОВНО-ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ.....	10
ГЛАВА 1. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА	13
1.1 Классификация ГЭС.....	13
1.2 Плотинные ГЭС.....	18
1.3 Деривационные ГЭС	21
1.4 Основные технико-энергетические параметры плотинных ГЭС... 	25
1.5 Гидроаккумулирующая электростанция.....	27
1.6 Основные технико-энергетические параметры ГАЭС	35
1.7 Виды гидротурбин в ГЭС	37
1.8 Основные типы плотин для ГЭС.....	45
1.8.1 Грунтовые плотины для ГЭС.....	45
1.8.2 Бетонные плотины для ГЭС	46
1.8.3 Арочные плотины для ГЭС	49
1.9 Бесплотинные мини-ГЭС	50
1.9.1 Водяное колесо в виде мини-ГЭС	51
1.9.2 Гирляндная мини-ГЭС	53
1.9.3 Ротор Дарье для мини-ГЭС.....	55
1.9.4 Пропеллерный мини-ГЭС	57
1.9.5 Бесплотинная мини-ГЭС Николая Ленёва.....	60
1.9 Краткие выводы по разделу	62

ГЛАВА 2 ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ	63
2.1 Требования к оформлению самостоятельных и расчетно-графических работ	64
2.1.1 Требования к выполнению заданий по теме реферата	64
2.1.1 Требования к выполнению заданий по расчетно-графической работе.....	67
ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ	71
Образец формы титульного листа для расчетно-графической работы...	76
Образец формы титульного листа для расчетно-графической работы...	77
2.2 Задания для самостоятельной работы (Рефераты).....	78
2.3 Задания для РГР	80
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	86
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	87
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ВИДЕОМАТЕРИАЛЫ.....	89

ВВЕДЕНИЕ

В рамках реализации требований и условий Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС 3++) и Федерального закона "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ высшими учебными заведениями (далее – ВУЗ) активно производятся процедуры обучения студентов по различным направлениям бакалавриата, магистратуры, аспирантуры и специалитета.

Однако необходимо отметить, что в условиях усиления степени цифровой трансформации с учетом направлений развития в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и постоянной актуализации Федерального закона от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 11.06.2021) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" и Федерального закона "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 N 35-ФЗ (последняя редакция) внутри предприятий в сфере энергетики и ЖКХ необходимо обеспечение взаимной интеграции ВУЗов и энергетических компаний в целях получения высококвалифицированных специалистов, владеющие необходимыми навыками, которые являются актуальными и востребованными в настоящий момент.

Кроме того, необходимо особо отметить, что, к сожалению, в большинстве ВУЗов России фактически отсутствуют учебные факультативы, направленные обучение студентов к компетенциям и навыкам энергосбережения и ресурсоэффективности в условиях высокой скорости развития технологий.

В случае несоответствия навыков и компетенций, полученные студентом во время обучения в ВУЗе, потенциальные работодатели вынуждены обеспечить переобучение молодого специалиста к новым

компетенциям в сфере энергосбережения и ресурсоэффективности, где потребуется до 6 месяцев в зависимости от интеллектуального уровня молодого специалиста, что и является катализатором медленного функционирования предприятия, неприемлемое для предприятий и организаций. Вследствие данной тенденции потенциальные работодатели вынуждены нанимать на рабочую деятельность специалистов со стажем работы от 2 лет.

В связи с этим решением данной проблемной точки является разработка учебно-методического пособия на основании требований и условий рабочей программы факультатива «Основы энергосбережения и ресурсоэффективности в условиях Севера», которая разработана в соответствии с условиями и требованиями существующего уровня развития технологий в сфере энергосбережения и рынка труда внутри энергетических предприятий.

Автор учебно-методического пособия выражает свою большую благодарность за ценные замечания и советы своим научным руководителям и наставникам:

- Н.С. Буряниной, доктору технических наук, профессору кафедры «Электроснабжение» ФТИ СВФУ имени М.К. Аммосова.
- П.Ф. Васильеву, кандидату технических наук, заведующему отделом электроэнергетики 70 ИФТПС СО РАН, и.о. заведующего кафедрой «Электроснабжение» ФТИ СВФУ имени М.К. Аммосова.
- Нуруллину Э.Г., доктору технических наук, профессору кафедры «Машины и оборудования в агробизнесе» Института механизации и технического сервиса Казанского государственного аграрного университета.
- Ильину В.К., доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой «Энергообеспечение предприятий и энергоресурсосберегающих технологий» Института теплоэнергетики Казанского государственного энергетического университета.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

№	Сокращенное название	Определение
1.	ФЗ	Федеральный закон
2.	СП	Свод правил
3.	СанПин	Санитарные нормы и правила
4.	СНиП	Строительные нормы и правила
5.	МинЖКХиЭ	Министерство жилищно-коммунального хозяйства и энергетики
6.	ДККЭиАР	Департамент коммунального комплекса, энергоэффективности и административной работы
7.	ДЭФ	Департамент экономики, финансов, имущества и информатизации
8.	ДЭ	Департамент энергетики, жилищной политики и оперативного контроля
9.	Центр ЖКХ	ГАУ РС(Я) «Центр развития жилищно-коммунального хозяйства и повышения энергоэффективности»
10.	Минстрой	Министерство строительства
11.	Справка	Справочная информация об определенном вопросе в зависимости от запроса руководства
12.	ВОС	Водоочистные сооружения
13.	КОС	Канализационно-очистные сооружения
14.	Указ 204 / Нацпроекты	Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»
15.	ТЗ	Техническое задание
16.	ПЗ	Пояснительная записка
17.	НПА	Нормативно-правовой акт
18.	ГИП	Главный инженер проекта
19.	ОВОС	Оценка воздействия на окружающую среду
20.	ЗУ	Земельный участок
21.	ДЖКХ	Департамент ЖКХ и энергетики
22.	ПО	Программное обеспечение



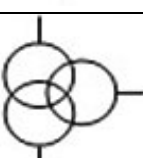

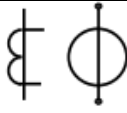





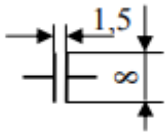

23.	КИУМ	Коэффициент использования установленной мощности
24.	УМП	Учебно-методическое пособие
25.	ТЭО	Технико-экономическое обоснование
26.	БП	Бизнес-план
27.	ПС	Подстанция
28.	ЭС	Электроснабжение
29.	ВИЭ	Возобновляемые источники энергии
30.	АРМ	Автоматизированные рабочие места
31.	ПК	Персональный компьютер
32.	ЛЭП	Линия электропередачи
33.	СН	Собственные нужды
34.	ВН	Высокое напряжение
35.	НН	Низкое напряжение
36.	ТЭР	Технико-экономический расчет
37.	ИЭИ	Инженерно-экологические изыскания
38.	ИГМИ	Инженерно-гидрометеорологические изыскания
39.	ИГИ	Инженерно-геодезические изыскания
40.	НИР	Научно-исследовательская работа
41.	САПР	Система автоматизированного проектирования
42.	ЗРУ	Закрытая распределительная установка
43.	ОРУ	Открытая распределительная установка
44.	РУ	Распределительная установка
45.	ГПП	Главная понизительная подстанция
46.	СМР	Строительно-монтажные работы
47.	ТУ	Технические условия
48.	НТД	Нормативно-техническая документация
49.	ПД	Проектная документация
50.	ПОС	Проект организации строительства
51.	ППР	Проект производства работ



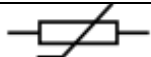
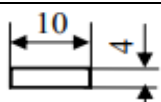
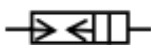
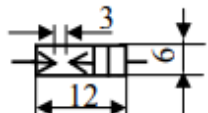


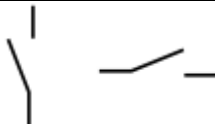
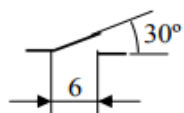
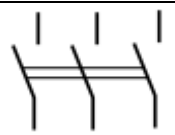
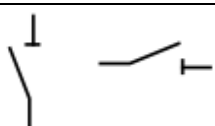
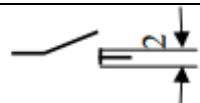
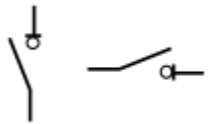
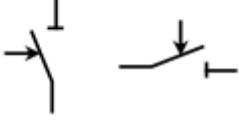
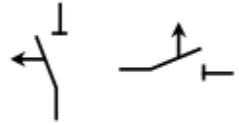
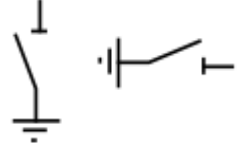

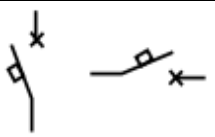
52.	СДТУ	Средства диспетчерского и технологического управления
53.	ДЭС	Дизельная электростанция
54.	ДГУ	Дизель-генераторная установка
55.	э/э	Электрическая энергия
56.	о.е.	Относительные единицы









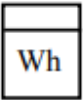
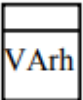

УСЛОВНО-ГРАФИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

ОБОЗНАЧЕНИЯ

В

Наименование	Обозначение		Размеры в мм
	Графическое	Буквенное	
Двухобмоточный силовой трансформатор		Т	Диаметр – 10, длина стрелки – 20, угол наклона – 45°
Автотрансформатор		АТ	-
Трехобмоточный силовой трансформатор		Т	-
Силовой трехфазный двухобмоточный с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН)		Т	-
Трансформатор тока		ТА	Диаметр окружности – 10, радиус дуг – 2,5.
Трансформатор напряжения		ТВ	Диаметр окружности – 10, расстояние между центрами окружностей – 6
Кабельная линия		КЛ	-
Токоограничивающий реактор		LR	Диаметр – 12 мм
Сдвоенный реактор		LR	-
Батарея конденсаторная силовая		СВ	
Генератор		Г (G)	Диаметр окружности – 10. Для основных элементов схемы размеры увеличивать в 2 раза.

Синхронный компенсатор		GS	-
Электродвигатель		M	-
Ограничитель перенапряжения		ОПН (FV)	
Разрядник вентильный		FV	
Разрядник трубчатый		FV	-
Плавкий предохранитель		FU	-
Рубильник		QS или SA	
Рубильник, выключатель низковольтный трехполюсный		-	-
Разъединитель		QS	
Выключатель нагрузки		QW	-
Короткозамыкатель		QN	-
Отделитель одностороннего действия		QR	-
Заземляющий нож		QSG	-
Заземление		-	-
Автоматический выключатель		QF	-

Амперметр: А – показывающий Б – регистрирующий	 а)  б)	РА	Диаметр – 10; квадрат 10×10
Вольтметр: А – показывающий Б – регистрирующий	 а)  б)	PV	Диаметр – 10; квадрат 10×10
Ваттметр: А – показывающий Б – регистрирующий	 а)  б)	PW	-
Варметр: А – показывающий Б – регистрирующий	 а)  б)	PVA	-
Счетчик активной энергии		PI	-
Счетчик реактивной энергии		PK	-
Линия проводки		Л	-

ГЛАВА 1. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

В данной главе представлена информация о терминах и принципе работы гидроэлектростанции с представлением общих схем и графических интерпретаций.

Гидроэнергетика — это область хозяйственно-экономической деятельности человека, а именно совокупность значительных естественных и искусственных подсистем, служащие для преобразования энергии водного потока в электрическую энергию. Чаще всего используется энергия падающей воды.

Гидроэлектростанция (ГЭС) — электростанция, в качестве источника энергии использующая энергию водного потока. Гидроэлектростанции обычно строят на реках, сооружая плотины и водохранилища [1-2].

Понятийно-категориальный аппарат:

Гидроэнергетика, гидроэлектростанция, гидротурбина, плотина, водохранилище, генератор, линия электропередачи, трансформатор, напор ГЭС, затвор ГЭС, водосток, бесплотинный ГЭС, ГАЭС, деривационный ГЭС.

1.1 Классификация ГЭС

Гидроэлектрические станции разделяются в зависимости от вырабатываемой мощности:

- Мощные – установленная мощность от 25 МВт и более.
- Средние – установленная мощность до 25 МВт.
- Малые – до 5 МВт.

Мощность ГЭС зависит от напора и расхода воды, а также от КПД используемых турбин и генераторов. Из-за того, что по природным законам уровень воды постоянно меняется, в зависимости от сезона, а также еще по ряду причин, в качестве выражения мощности гидроэлектрической станции принято брать цикличную мощность. К примеру, различают годичный, месячный, недельный или суточный циклы работы гидроэлектростанции.

Гидроэлектростанции также делятся в зависимости от максимального использования напора воды:

- Высоконапорные – более 60 метров.
- Средненапорные – от 25 до 60 метров.
- Низконапорные – от 3 до 25 метров.

В зависимости от напора воды, в гидроэлектростанциях применяются различные виды турбин. Для высоконапорных — ковшовые и радиально-осевые турбины с металлическими спиральными камерами. На средненапорных ГЭС устанавливаются поворотнолопастные и радиально-осевые турбины, на низконапорных — поворотнолопастные турбины в железобетонных камерах. Принцип работы всех видов турбин схож — вода, находящаяся под давлением (напор воды) поступает на лопасти турбины, которые начинают вращаться. Механическая энергия, таким образом, передается на гидрогенератор, который и вырабатывает электроэнергию. Турбины отличаются некоторыми техническими характеристиками, а также камерами — стальными или железобетонными, и рассчитаны на различный напор воды.

Гидроэлектрические станции также разделяются в зависимости от принципа использования природных ресурсов, и, соответственно, образующейся концентрации воды. Здесь можно выделить следующие ГЭС:

- **Русловые и плотинные ГЭС.** Это наиболее распространенные виды гидроэлектрических станций. Напор воды в них создается посредством установки плотины, полностью перегораживающей реку, или поднимающей уровень воды в ней на необходимую отметку. Такие гидроэлектростанции строят на многоводных равнинных реках, а также на горных реках, в местах, где русло реки более узкое, сжатое.

- **Приплотинные ГЭС.** Строятся при более высоких напорах воды. В этом случае река полностью перегораживается плотиной, а само здание ГЭС располагается за плотиной, в нижней её части. Вода, в этом случае, подводится к турбинам через специальные напорные тоннели, а не непосредственно, как в

русловых ГЭС.

➤ **Деривационные гидроэлектростанции.** Такие электростанции строят в тех местах, где велик уклон реки. Необходимая концентрация воды в ГЭС такого типа создается посредством деривации. Вода отводится из речного русла через специальные водоотводы. Последние — спрямлены, и их уклон значительно меньший, нежели средний уклон реки. В итоге вода подводится непосредственно к зданию ГЭС. Деривационные ГЭС могут быть разного вида — безнапорные или с напорной деривацией. В случае с напорной деривацией, водовод прокладывается с большим продольным уклоном. В другом случае в начале деривации на реке создается более высокая плотина, и создается водохранилище — такая схема еще называется смешанной деривацией, так как используются оба метода создания необходимой концентрации воды.

➤ **Гидроаккумулирующие электростанции.** Такие ГАЭС способны аккумулировать вырабатываемую электроэнергию, и пускать её в ход в моменты пиковых нагрузок. Принцип работы таких электростанций следующий: в определенные периоды (не пиковой нагрузки), агрегаты ГАЭС работают как насосы от внешних источников энергии и закачивают воду в специально оборудованные верхние бассейны. Когда возникает потребность, вода из них поступает в напорный трубопровод и приводит в действие турбины.

В состав гидроэлектрических станций, в зависимости от их назначения, также могут входить дополнительные сооружения, такие как шлюзы или судоподъемники, способствующие навигации по водоему, рыбопропускные, водозаборные сооружения, используемые для ирригации, и многое другое.

Ценность гидроэлектрической станции состоит в том, что для производства электрической энергии они используют возобновляемые природные ресурсы. Ввиду того, что потребности в дополнительном топливе для ГЭС нет, конечная стоимость получаемой электроэнергии значительно ниже, чем при использовании других видов электростанций [3-5].

Далее на рисунке 1.1 представлен внешний вид плотинной ГЭС, на рисунке 1.2 – внешний вид приплотинной ГЭС, на рисунке 1.3 – внешний вид деривационной ГЭС и на рисунке 1.4 – внешний вид ГАЭС.

Также на рисунке 1.5 представлена принципиальная схема различных видов ГЭС



Рисунок 1.1 – Внешний вид плотинной ГЭС (Бурейская ГЭС)



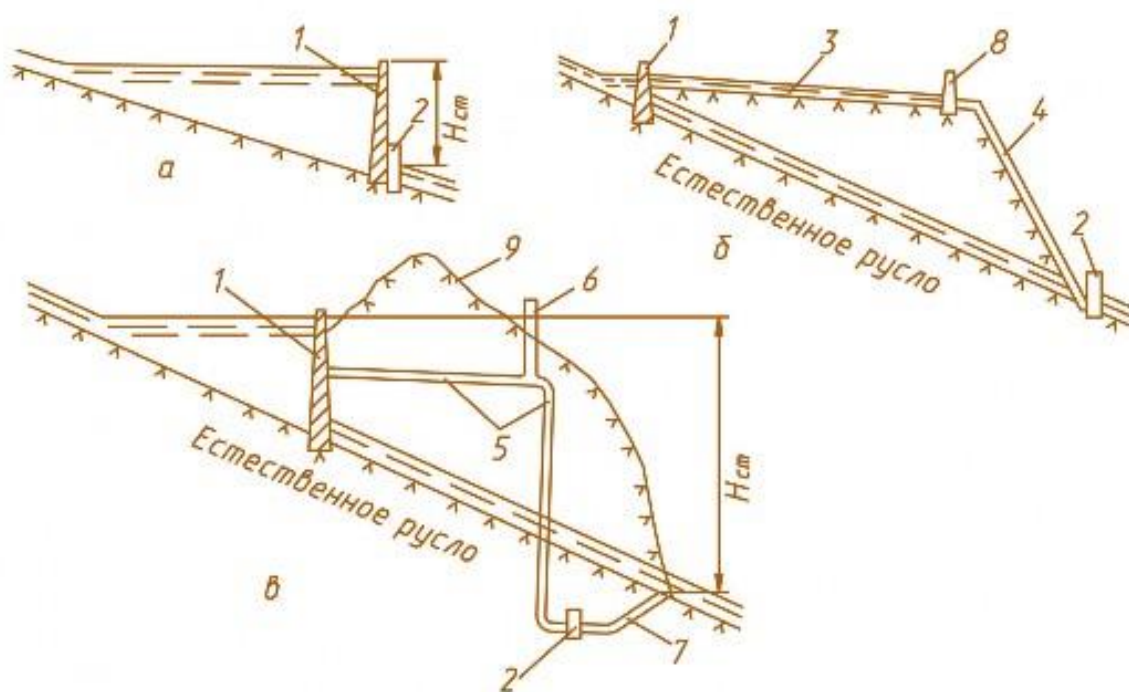
Рисунок 1.2 – Внешний вид приплотинной ГЭС



Рисунок 1.3 – Внешний вид деривационной ГЭС



Рисунок 1.4 – Внешний вид ГАЭС



а – плотинная; б – деривационная; в – комбинированная; 1 – плотина; 2 – здание ГЭС; 3 – деривационный канал; 4 – напорный трубопровод; 5 – напорный туннель; 6 – уравнильный резервуар; 7 – отводящий туннель; 8 – водоприемник; 9 – естественная поверхность берегового склона

Рисунок 1.5 – Принципиальные схемы ГЭС

1.2 Плотинные ГЭС

Плотинная схема характеризуется тем, что напор на ГЭС создается за счет подпора уровня реки плотиной с образованием водохранилища, которое также используется для регулирования стока (суточного, недельного, сезонного, многолетнего) с целью обеспечения требуемого режима работы ГЭС. За счет регулирования стока обеспечивается увеличение установленной и гарантированной мощности ГЭС, количества вырабатываемой электроэнергии и экономической эффективности ГЭС. На большинстве эксплуатируемых ГЭС, в том числе самых мощных, использована плотинная схема. Такая схема применяется в равнинных и горных условиях. При этом напоры на ГЭС зависят от высоты плотин и достигают, например, 280 м на Нурекской ГЭС (Таджикистан) мощностью 2,7 млн. кВт, построенной в горных условиях. На ГЭС Итайпу (Бразилия – Парагвай) мощностью 12,6

млн.кВт высота плотины равна 196 м. На крупных ГЭС в равнинных условиях напор меньше, например на Днестровской ГЭС (Украина) мощностью 0,7 млн. кВт напор равен 54 м, а на Киевской ГЭС (Украина) мощностью 0,36 млн.кВт он снижается до 11 м. Такая схема использована для всех ГЭС Днепровского каскада в Украине, всех ГЭС Волжского, Енисейского и Ангарского каскада в России, для ГЭС каскада на реках Колумбия и Миссури в США [6].

Для эффективного производства электроэнергии на ГЭС необходимы два основных фактора: гарантированная обеспеченность водой круглый год и возможно большие уклоны реки, благоприятствуют гидростроительству каньонообразные виды рельефа.

На рисунке 1.6 представлена общая схема работы гидроэлектростанции.

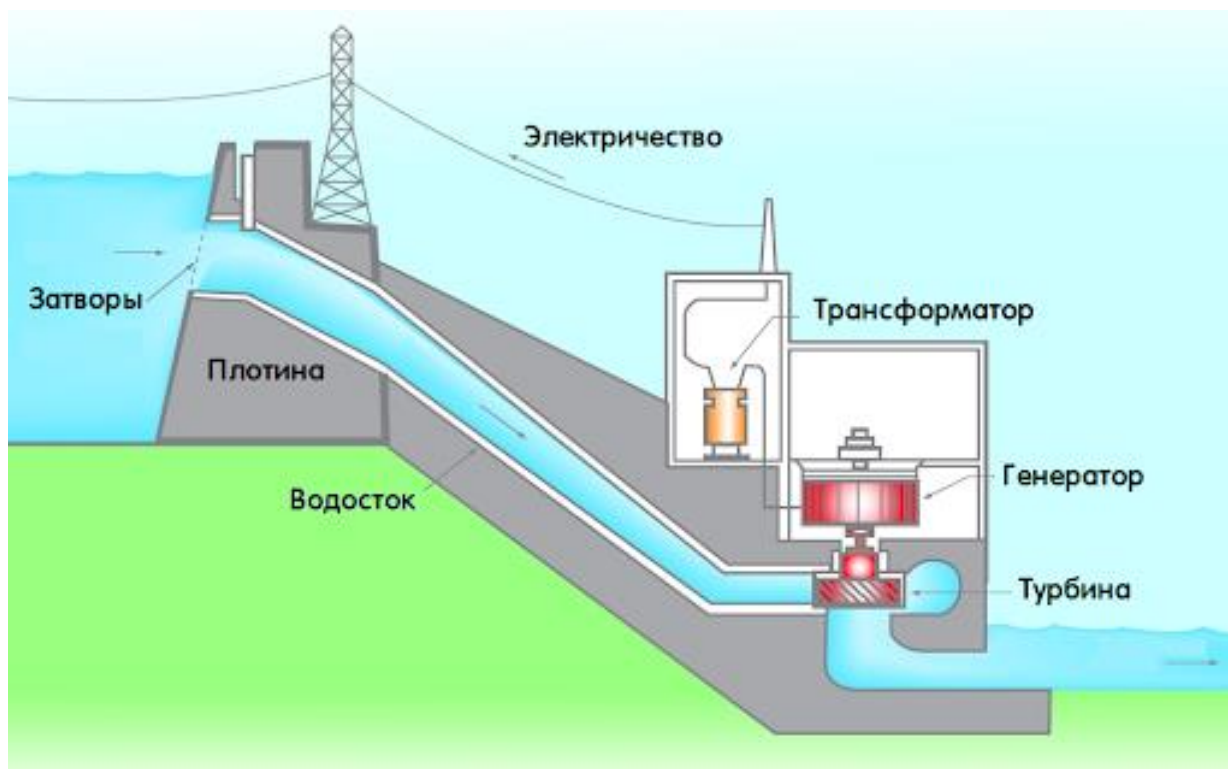


Рисунок 1.6 – Общая схема работы ГЭС

Принцип работы:

Цепь гидротехнических сооружений обеспечивает необходимый напор воды, поступающей на лопасти гидротурбины, которая приводит в действие генераторы, вырабатывающие электроэнергию.

Необходимый напор воды образуется посредством строительства

плотины, и как следствие концентрации реки в определенном месте, или деривацией — естественным током воды. В некоторых случаях для получения необходимого напора воды используют совместно и плотину, и деривацию.

Непосредственно в самом здании гидроэлектростанции располагается все энергетическое оборудование. В зависимости от назначения, оно имеет свое определенное деление. В машинном зале расположены гидроагрегаты, непосредственно преобразующие энергию тока воды в электрическую энергию. Есть еще всевозможное дополнительное оборудование, устройства управления и контроля над работой ГЭС, трансформаторная станция, распределительные устройства и многое другое.

Далее на рисунке 1.7 представлена принципиальная технологическая схема ГЭС.

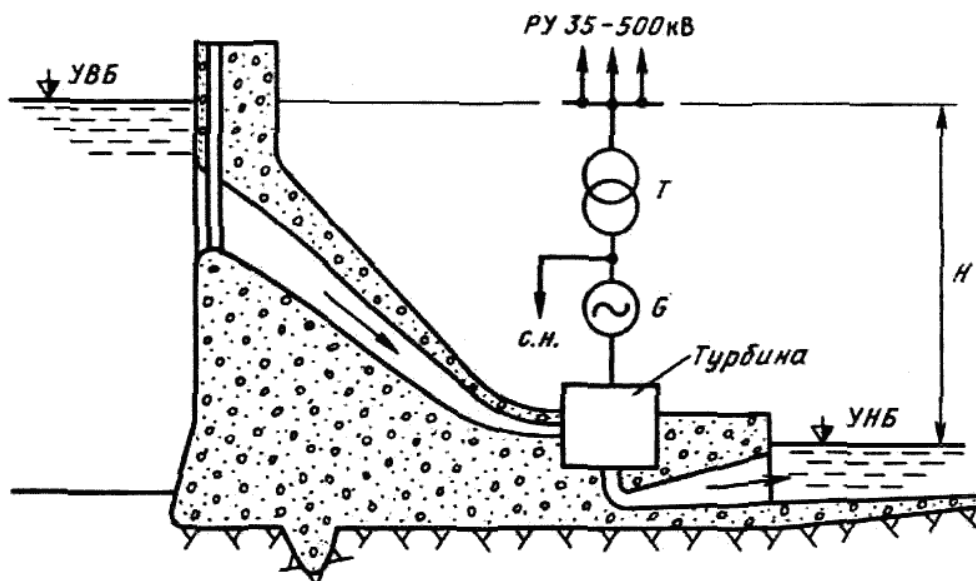


Рисунок 1.7 – Принципиальная технологическая схема ГЭС

где УВБ – уровень верхнего бьефа, м; УНБ – уровень нижнего бьефа, м; H – напор ГЭС, м; с.н. – фидеры собственных нужд; Т – двухобмоточный силовой трансформатор; G – генератор; РУ – распределительное устройство.

На вышеуказанном рисунке 1.7 видно, что функционирование плотинной ГЭС достаточно простое, а именно через плотину и водосток в гидротурбины попадает водная струя под значительным давлением, которая

приводит ее в движение. Далее гидротурбина находится в едином валу с генератором и за счет движения с помощью водной струи приводится в движение генератор. Необходимо особо отметить, что скорость вращения гидротурбины достаточно высокая до 3 000 оборотов в минуту. Затем после генерации произведенная в генераторе электроэнергия направляется в повышающий трансформатор, где повышается класс напряжения для последующей передачи через распределительное устройство и линии электропередачи к потребителям.

Далее необходимо отметить преимущества и недостатки плотинных ГЭС в виде небольшого обзорного анализа, которая представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Преимущества и недостатки плотинных ГЭС

Вид ГЭС	Преимущества	Недостатки
Плотинный	<ul style="list-style-type: none"> - экологическая безопасность - повышенная надежность в эксплуатации - бесперебойность генерации электроэнергии - низкая себестоимость электроэнергии - сохранение углеводородных топливных ресурсов - отсутствие вредных выбросов в атмосферу. 	<ul style="list-style-type: none"> - высокие капитальные затраты - высокие требования к инженерным изыскания (ИЭИ, ИГМИ и т.д.) - необходимость затопления значительных территорий - сложность строительства плотин особенно в областях с многолетней мерзлотой. - значительные сроки строительства объекта

1.3 Деривационные ГЭС

ГЭС деривационного типа — (лат. derivatio — отклонение) это комплекс сооружений, предназначенных для отведения водного потока реки от основного русла. Вода направляется по искусственно созданным системам водоводов или по каналам. Деривационные плотины также называют водоотводными. Обычно такие ГЭС не задерживают поток воды, а просто перенаправляют его. На рисунке 1.8 представлена общая схема деривационной ГЭС.

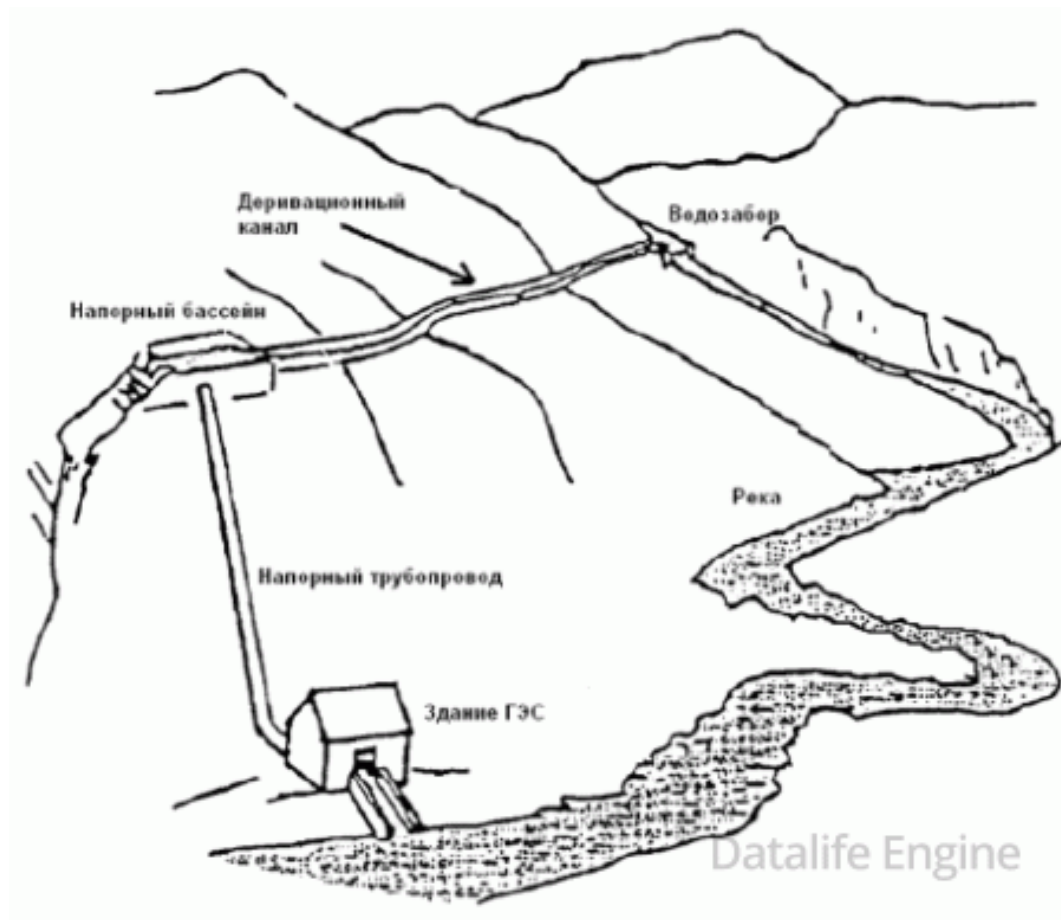


Рисунок 1.8 – Общая схема деривационной ГЭС

Схема работы деривационных станций проста. Строятся такие ГЭС на больших уклонах реки. Забор воды происходит через русло и доставляется в водоотводы, которые доставляют ее к агрегатам напрямую. А после вода возвращается в реку или в специальные бассейны в качестве запаса на случай перебоев.

Главным плюсом такого типа строительства является отсутствие необходимости в затоплении плодородных земель. Это не только снижает затраты на ее строительство, но и положительно влияет на экологическое состояние близлежащих регионов. Деривационные ГЭС также используются для орошения земель, животноводства и как зоны отдыха. Они защищают близлежащие территории от наводнений и селей.

Деривационные установки требуют меньшего размера вложений. Это значительно сокращает сроки строительства, а также ускоряет процесс окупаемости объекта.

На рисунках 1.9-1.12 представлены общие схемы и внешние виды деривационных ГЭС.



Рисунок 1.9 – Внешний вид деривационной ГЭС



Рисунок 1.10 – Внешний вид деривационной ГЭС



Рисунок 1.11 – Внешний вид Эзминской ГЭС

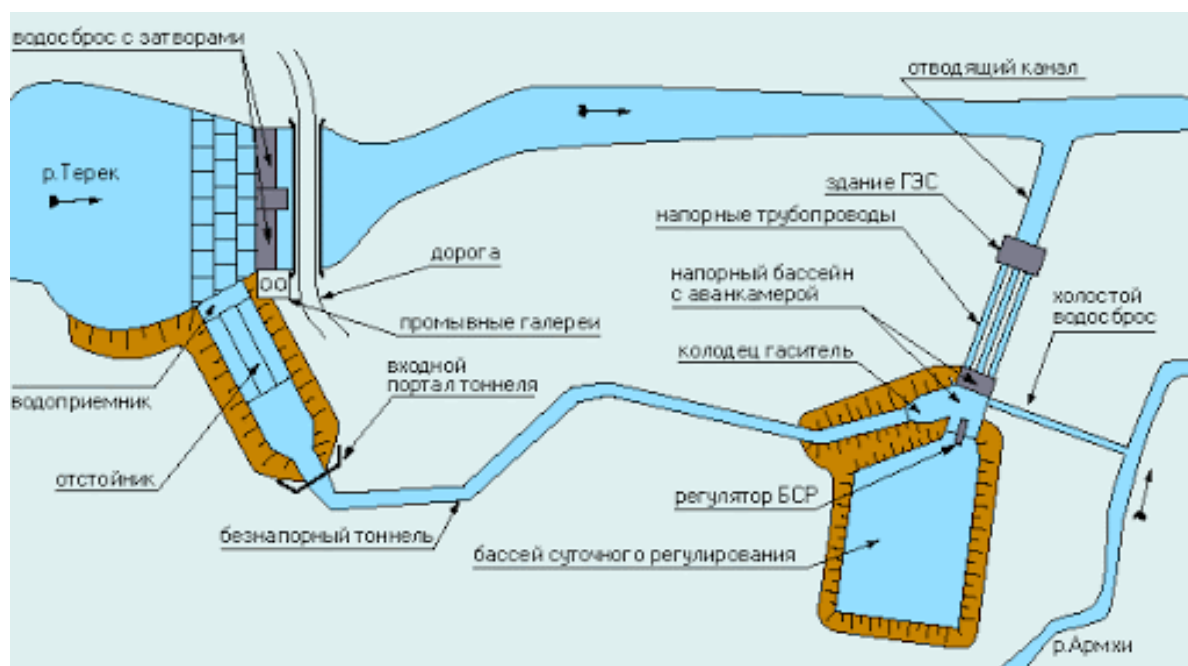


Рисунок 1.12 – Общая схема функционирования Эзминской ГЭС

Далее необходимо отметить преимущества и недостатки плотинных ГЭС в виде небольшого обзорного анализа, которая представлена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Преимущества и недостатки деривационных ГЭС

Вид ГЭС	Преимущества	Недостатки
Плотинный	<ul style="list-style-type: none"> - экологическая безопасность - повышенная надежность в эксплуатации - бесперебойность генерации электроэнергии - низкая себестоимость электроэнергии - относительно низкие капитальные расходы - отсутствие вредных выбросов в атмосферу - отсутствие необходимости затопления значительных территорий. 	<ul style="list-style-type: none"> - сложность эксплуатации при отрицательных температурах - высокие требования к инженерным изысканиям (ИЭИ, ИГМИ и т.д.) - сложность строительства напорного трубопровода в гористой местности - возможность эксплуатации только в гористой местности, где имеется значительный перепад высот.

1.4 Основные технико-энергетические параметры плотинных ГЭС

Одним из основных параметров является напор ГЭС, которая вычисляется с помощью формул 1.1-1.2.

$$H_{ст} = \Delta_{ВБ} - \Delta_{НБ} \quad (1.1)$$

где $H_{ст}$ – статический напор ГЭС, м; $\Delta_{ВБ}$ – уровень верхнего бьефа, м; $\Delta_{НБ}$ – уровень нижнего бьефа, м.

На ГЭС часть энергии идет на гидравлические потери при движении воды в ее проточном тракте.

Напор нетто H , используемый гидротурбиной, равен разности напора брутто и гидравлических потерь напора $h_{ном}$ (по длине и местных) в водоприемнике, подводящих и отводящих водоводах (каналах, туннелях, трубопроводах) ГЭС.

Напор брутто $H_{бр}$ для практических расчетов можно принять равным $H_{ст}$, если пренебречь разностью кинетической энергии потока в верхнем бьефе у водоприемника ГЭС и в нижнем бьефе за отсасывающими трубами, которая обычно крайне мала.

Напор нетто, действующий непосредственно на турбину, составляет:

$$H = H_{ст} - h_{пот} \quad (1.2)$$

где H – напор ГЭС нетто, м; $H_{ст}$ – статических напор ГЭС, м; $h_{пот}$ – гидравлические потери напора, м.

Расчетный напор H_p равен минимальному напору, при котором обеспечивается установленная мощность ГЭС.

Далее производится расчет мощностных параметров функционирования ГЭС по формулам 1.3-1.5.

Мощность ГЭС на конкретный момент времени определяется по формуле 1.3:

$$N = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_{турб} \cdot \eta_{ген} \quad (1.3)$$

где N – мощность ГЭС на конкретный момент времени, кВт; Q – расход воды, протекающий через гидротурбины ГЭС, м³/с; H – напор ГЭС, м; $\eta_{турб}$ – КПД гидротурбины, в о.е. (0,85-0,92); $\eta_{ген}$ – КПД генератора, в о.е. (0,94-0,95).

Максимальная мощность ГЭС, называемая установленной мощностью, рассчитывается по модифицированной формуле 1.4:

$$N_{уст} = 9,81 \cdot Q_{макс} \cdot H_{расч} \cdot \eta_{турб} \cdot \eta_{ген} \quad (1.4)$$

где $N_{уст}$ – установленная мощность ГЭС, кВт; $Q_{макс}$ – максимально возможный расход воды, который способны пропустить гидротурбины ГЭС, м³/с; $H_{расч}$ – расчетный напор ГЭС, представляющий собой средневзвешенный напор за определенный отрезок времени, м; $\eta_{турб}$ – КПД гидротурбины, в о.е. (0,85-0,92); $\eta_{ген}$ – КПД генератора, в о.е. (0,94-0,95).

Выработка представляет собой объем электроэнергии, вырабатываемой ГЭС. Выработка представляется в кВт·ч и рассчитывается для определенного периода времени (обычно на 1 год) через формулу 1.5.

$$\mathcal{E} = \sum N_i \cdot t_i \quad (1.5)$$

\mathcal{E} – выработка электроэнергии за определенный период времени, кВт·ч;
 N_i – ряд мощностей в течение расчетного периода времени T , кВт; t_i — ряд временных промежутков, соответствующих N_i и в сумме равных расчетному периоду времени T , ч.

1.5 Гидроаккумулирующая электростанция

ГАЭС характеризуются работой в 2 режимах: насосном и турбинном (генераторном).

В насосном режиме вода из нижнего водоема перекачивается гидроагрегатами ГАЭС в верхний водоем. В насосном режиме ГАЭС обычно работает в *ночной период*, когда в связи со снижением нагрузки в энергосистеме имеется избыток электроэнергии, которую и потребляет ГАЭС (заполняет провальную часть суточного графика нагрузок).

В турбинном режиме вода из верхнего водоема сбрасывается в нижний через агрегаты ГАЭС, а вырабатываемая электроэнергия подается в энергосистему потребителям. В турбинном режиме ГАЭС работают в *периоды максимальной нагрузки* в энергосистеме (обычно в часы вечернего и утреннего пиков в суточном графике нагрузок).

В современных энергосистемах, в которых основными энергетическими источниками являются атомные и тепловые станции с крупными агрегатами, ГАЭС обеспечивают надежную и эффективную работу энергосистем за счет заполнения провальной части суточного графика нагрузок, обеспечивая работу агрегатов ТЭС и АЭС в базисном режиме с почти постоянной во времени мощностью; покрытия пиковой части суточного графика нагрузок; выполнения функций аварийного и частотного резерва энергосистем благодаря высокой маневренности и быстродействию.

Из всех предложенных способов аккумулирования энергии в области электроэнергетики (аккумулирование теплоты, вырабатываемой реакторами АЭС, в специальных резервуарах горячей воды или пара; воздушно-аккумулирующие газотурбинные электростанции с закачкой компрессорами

воздуха под большим давлением в специальные подземные резервуары; механическое аккумулирование энергии с использованием маховиков, разгоняемых до очень больших скоростей и помещенных в герметический корпус, где поддерживается вакуум, и др.) в настоящее время широко используется гидравлическое аккумулирование на ГАЭС, которое прошло многолетнюю проверку и является высокоэффективным.

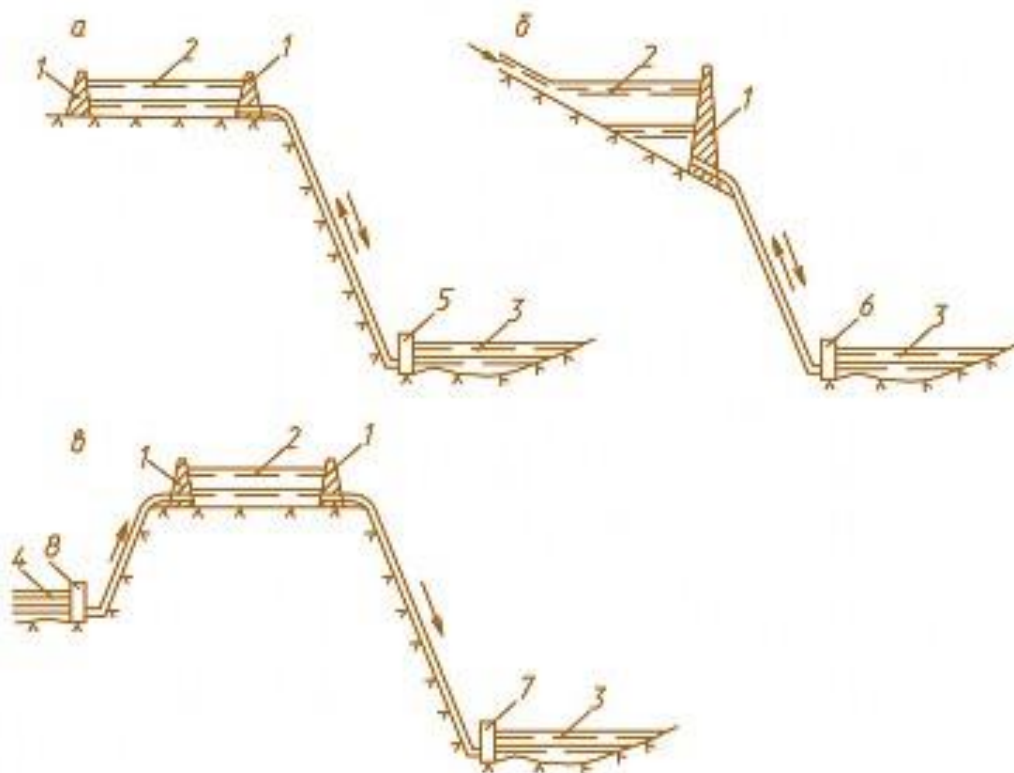
Широкое строительство ГАЭС началось во второй половине XX в., когда стали вводиться в эксплуатацию тепловые и атомные электростанции с крупными агрегатами. Уже в 1970 г. мощность ГАЭС составила 16 млн. кВт, в 1985 г. – более 40 млн. кВт, а в 2000 г. в мире эксплуатировалось более 350 ГАЭС суммарной мощностью порядка 125 млн. кВт.

По схеме аккумулирования ГАЭС подразделяются на следующие типы (рисунок 1.9).

- ГАЭС простого аккумулирования, или «чистые» ГАЭС, характерным признаком которых является практически полное отсутствие притока воды в верхний водоем (рисунок 1.9а).

- ГАЭС смешанного типа, или ГЭС-ГАЭС, с притоком воды в верхний водоем, при выработке которого в турбинном режиме обеспечивается дополнительная выработка электроэнергии (рисунок 1.9б).

- ГАЭС с неполной высотой подкачки воды в верхний водоем. Такие ГАЭС используются при переброске стока из одной реки в другую путем закачки воды насосной станцией в верховой водоем на водоразделе и сброса ее через агрегаты ГЭС в низовой водоем на другой реке (рисунок 1.9в), а также при устройстве на реке двух рядом расположенных водохранилищ с перекачкой воды агрегатами ГАЭС из верхнего водохранилища на реке в самый верхний водоем, размещенный на более высоких отметках, и сбросом воды через агрегаты ГАЭС в нижнее водохранилище на реке.



а – простого аккумулирования; б – смешанного типа; в – с неполной высотой подкачки воды; 1 – плотина; 2 – верхнее водохранилище; 3 – нижнее водохранилище; 4 – водохранилище; 5 – ГАЭС; 6 – ГЭС-ГАЭС; 7 – ГЭС; 8 – насосная станция

Рисунок 1.9 – Принципиальные схемы ГАЭС

По длительности цикла аккумулирования (периоду сработки и наполнения водоемов) ГАЭС подразделяются так:

ГАЭС суточного аккумулирования, которые применяются наиболее часто и характеризуются суточным циклом наполнения и сработки водоема.

По длительности работы в турбинном режиме их подразделяют на пиковые с работой в турбинном режиме до 5 часов в сутки и полупиковые с работой от 5 до 15 часов в сутки. Пиковые и полупиковые ГАЭС в насосном режиме работают в основном в период ночного провала в графике нагрузок в течение 6–7 часов в сутки.

ГАЭС недельного аккумулирования характеризуются закачкой в выходные дни дополнительного объема воды в верхний водоем (что позволяет в условиях снижения потребления электроэнергии в энергосистеме в эти дни уменьшить разгрузку ТЭС), который используется в рабочие дни в турбинном режиме для покрытия пиковой части суточных графиков нагрузки. При таком

режиме работы требуется увеличение емкости водоемов для размещения дополнительного объема воды.

ГАЭС с сезонным циклом аккумуляирования характеризуется тем, что в летний период, когда потребление электроэнергии снижается, закачивается дополнительный объем воды в верхний водоем и за счет этого в осенне-зимний период максимума нагрузки в энергосистеме увеличиваются мощность и выработка ГАЭС. Такой режим применяется крайне редко, так как требует большой емкости водоемов.

На ГАЭС применяются следующие схемы основного гидросилового оборудования:

- Четырехмашинная схема, при которой имеются два отдельных агрегата – насосный и турбинный, т.е. четыре машины (насос, двигатель, турбина и генератор). Такая схема позволяет использовать преимущества работы насоса и турбины в наиболее благоприятном режиме (более высокие к.п.д. и др.), однако требует больших дополнительных капиталовложений и применяется крайне редко даже в условиях высоких напоров. Примером использования четырехмашинной схемы является ГАЭС Райсек-Крайцек (Австрия) с максимальным напором 1772 м, где установлены ковшевые турбины и многоступенчатые насосы.

- Трехмашинная схема состоит из одного агрегата, включающего одну обратимую электромашину (двигатель-генератор) и две гидравлические машины – насос и турбину, с одинаковым направлением вращения в турбинном и насосном режимах. Такая схема позволяет достичь высоких к.п.д. насоса и турбины и получила распространение при высоких напорах (обычно более 300 м) с применением ковшевых турбин, например ГАЭС Вальдек II (ФРГ) мощностью 440 МВт с напором в турбинном режиме 320 м.

- Трехмашинная схема применена на ГАЭС Россхаг (Австрия) с высоконапорными радиально-осевыми турбинами (напор 672 м), на ГАЭС Сан-Фиорино (Италия) с четырехступенчатыми насосами (напор 1350 м).

- Двухмашинная схема состоит из одного агрегата, включающего две обратимые машины: двигатель-генератор и насос-турбину. Преимуществами двухмашинной схемы по сравнению с трехмашинной являются сокращение общей длины агрегата более чем на 30%, соответственно уменьшение габаритов здания ГАЭС и общее снижение капиталовложений в гидросиловое оборудование и строительную часть. Недостатком объединения в одной обратимой гидромашине насоса и турбины является снижение КПД в связи с несовпадением зон оптимальных КПД в турбинном и насосном режимах. Кроме того, в двухмашинной схеме направление вращения в турбинном и насосном режимах противоположное, из-за чего осложняется перевод из одного режима в другой и несколько снижается маневренность.

Далее на рисунке 1.10 представлена схема Днестровской ГАЭС, на рисунке 1.11 – общая схема функционирования ГАЭС.

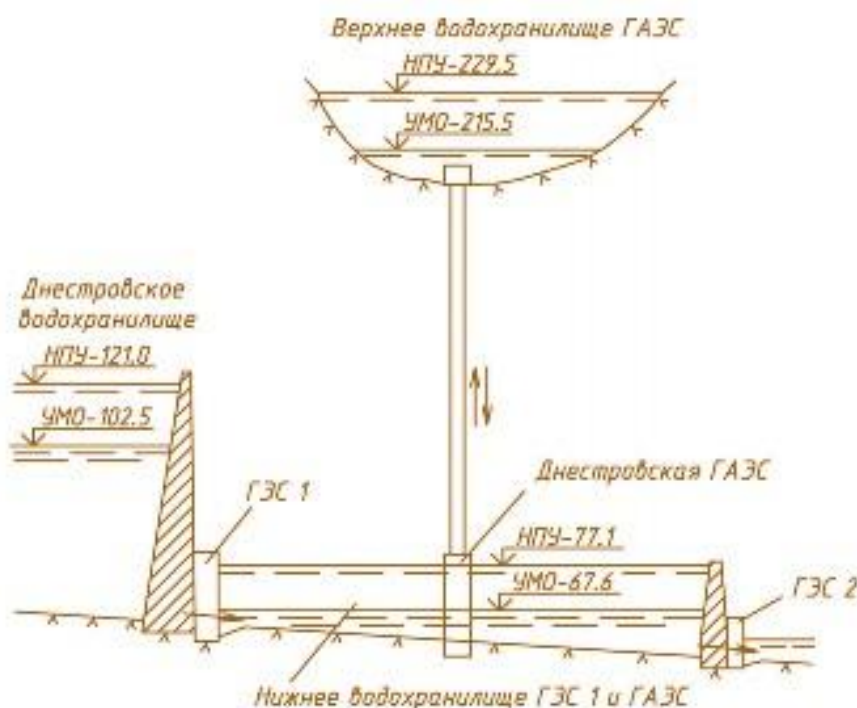


Рисунок 1.10 – Схема функционирования Днестровской ГАЭС

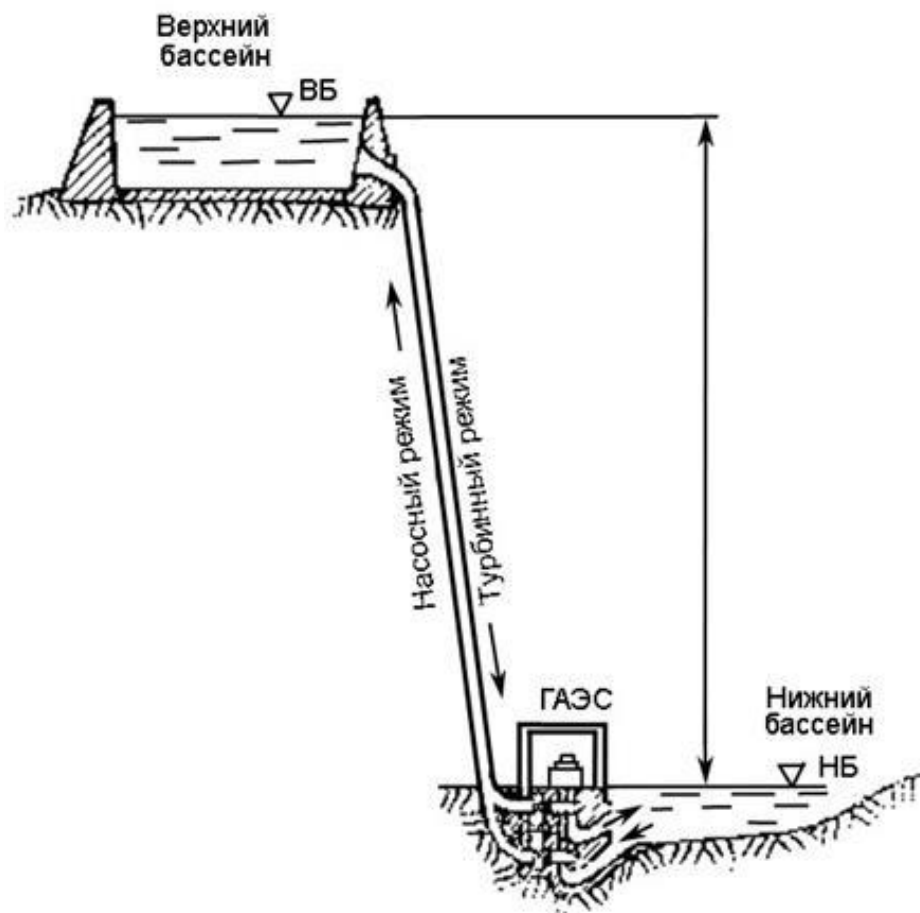


Рисунок 1.11 – Общая схема функционирования ГАЭС

Затем на рисунках 1.12 и 1.13 представлены внешние виды ГАЭС в США и КНР.



Рисунок 1.12 – Внешний вид ГАЭС Ладингтон, США



Рисунок 1.13 – Внешний вид ГАЭС *Tiahuangping* с подземным зданием, КНР

На вышеуказанных рисунках видно, что в данных ГАЭС обязательно имеется водохранилище значительных размеров и при высоком напоре, а именно высокий перепад высот.

Затем на рисунке 1.14 представлена схема Загорской ГАЭС, Россия.

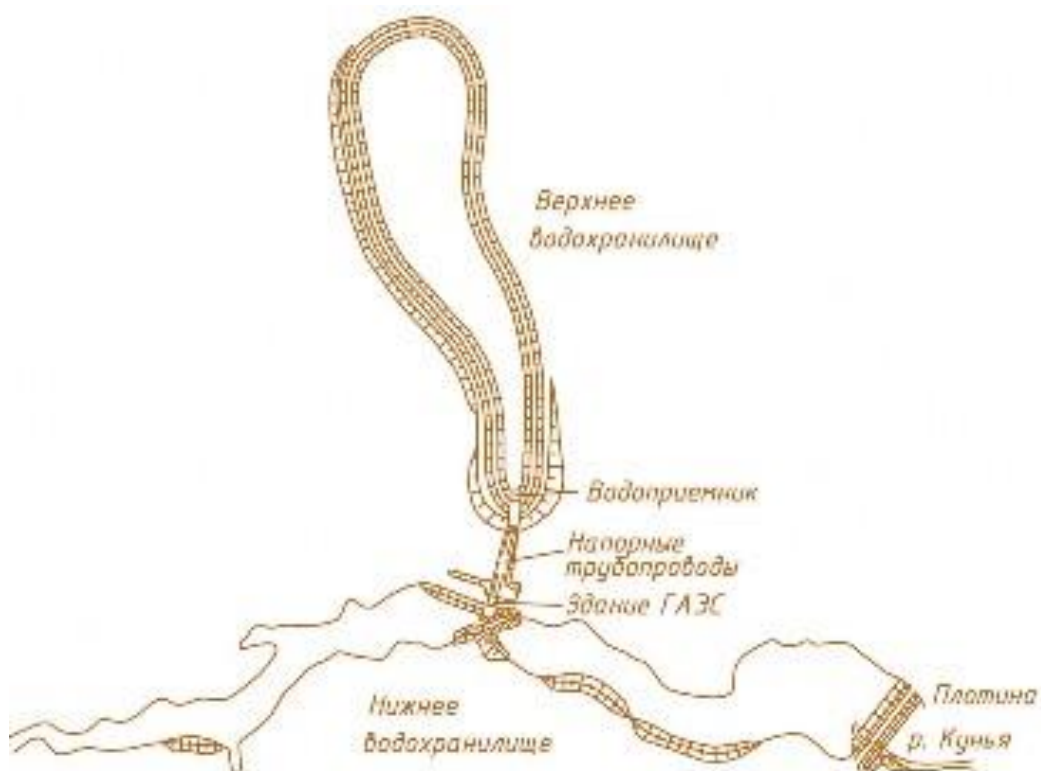


Рисунок 1.14 – Схема функционирования Загорской ГАЭС, Россия

На вышеуказанной схеме видно, что ГАЭС имеет водохранилище значительных размеров с учетом нижнего размещения здания ГАЭС и суженных напорных трубопроводов в целях увеличения поступательной силы воды в гидротурбины с последующим увеличением количества оборотов, позволяющая значительно увеличить мощность генерации электроэнергии. Также на стороне р. Кунья имеется плотина необходимая для хранения водных ресурсов в засушливые периоды года и бесперебойной подачи водных ресурсов в верхнее водохранилище.

Основным функционалом ГАЭС является компенсация дневных и вечерних пиковых нагрузок в мегаполисах и городах. В дневной период при пиковых нагрузках производится слив водных ресурсов из водохранилища с последующей генерацией электроэнергии и продажей в оптовом рынке электроэнергии и мощности при повышенном тарифе вследствие компенсации пиков.

Затем в ночной период, где тарифы на электроэнергию низкие производится переброска водных ресурсов обратно в водохранилище с помощью мощных насосов в целях подготовки ГАЭС на компенсацию следующих пиковых нагрузок. В связи с этим главным экономическим составляющим ГАЭС является огромная разница тарифов на электроэнергию в дневной и ночной период. На рисунке 1.14 представлен график работы ГАЭС с зависимости от времени года.

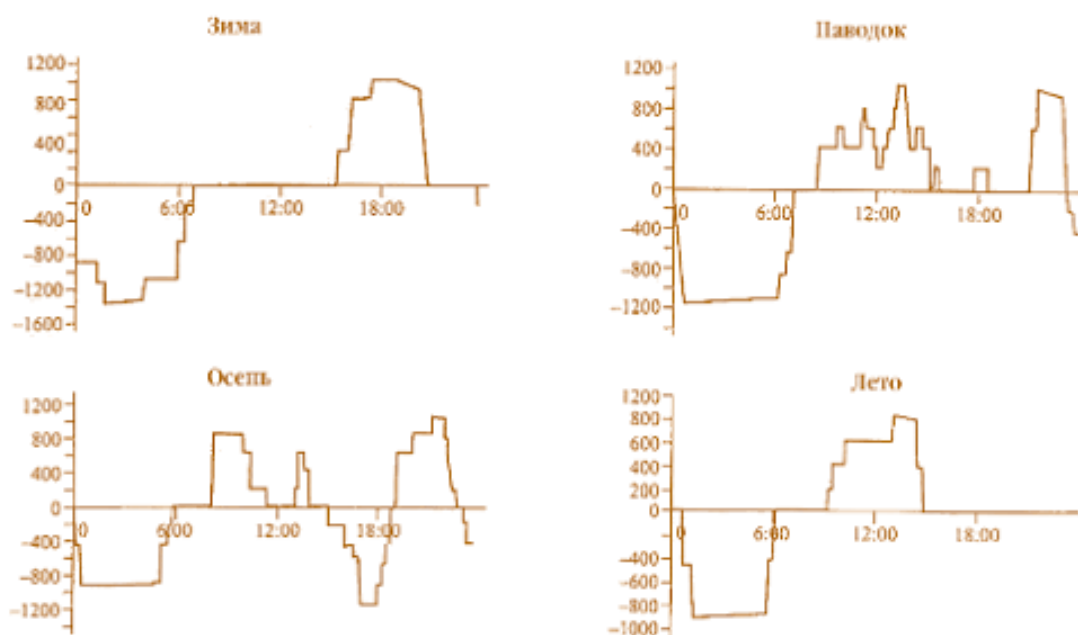


Рисунок 1.14 – График работы ГАЭС на различные сезоны эксплуатации

Далее в таблице 1.3 представлен анализ преимуществ и недостатков ГАЭС.

Таблица 1.3 – Преимущества и недостатки ГАЭС

Вид ГЭС	Преимущества	Недостатки
Гидроаккумулирующий	<ul style="list-style-type: none"> - экологическая безопасность - повышенная надежность в эксплуатации - выравнивание графиков нагрузки - компенсация пиковых нагрузок - отсутствие вредных выбросов в атмосферу 	<ul style="list-style-type: none"> - сложность эксплуатации при отрицательных температурах - высокие требования к инженерным изысканиям (ИЭИ, ИГМИ и т.д.) - отчуждений значительных площадей под водохранилище - возможность развития тектонической активности.

1.6 Основные технико-энергетические параметры ГАЭС

Статический напор $H_{ст}$, как и на ГЭС, равен разности уровней верхнего и нижнего водоемов и в процессе работы ГАЭС меняется при их сработке и наполнении. Изменения уровней в водоемах при работе ГАЭС могут достигать 30 м.

В турбинном режиме напор (нетто) меньше статического на величину гидравлических потерь при движении воды в водоводах в соответствии с формулой 1.6:

$$H_T = H_{CT} - h_{nom.m} \quad (1.6)$$

где H_T – напор ГАЭС нетто, м; H_{CT} – статический напор ГАЭС, м; $h_{nom.m}$ – величина гидравлических потерь при движении воды в водоводах.

В насосном режиме развиваемый напор больше статического на величину гидравлических потерь при обратном движении воды в водоводах в соответствии с формулой 1.7:

$$H_T = H_{CT} + h_{nom.n} \quad (1.7)$$

где H_T – напор ГАЭС нетто, м; H_{CT} – статический напор ГАЭС, м; $h_{nom.n}$ – величина гидравлических потерь при обратном движении воды в водоводах.

Далее гидравлические потери в водоводах, зависящие от их длины, шероховатости стен, площади поперечного сечения, скорости воды, местных сопротивлений, могут составлять от 1% статического напора ГАЭС (H_{CT}) при приплотинной схеме до 10% при деривационной схеме, где КПД ГАЭС вычисляется по формуле 1.8.

$$\eta_{ГАЭС} = \frac{\mathcal{E}_T}{\mathcal{E}_H} \quad (1.8)$$

где $\eta_{ГАЭС}$ – КПД ГАЭС, о.е.; \mathcal{E}_T – годовая выработка электроэнергии от ГАЭС при движении воды в водоводах (турбинный режим), кВт·ч; \mathcal{E}_H – годовое потребление электроэнергии ГАЭС при обеспечении обратного движения воды в водоводах (насосный режим), кВт·ч.

Далее на современных ГАЭС с обратимыми гидроагрегатами (двухмашинная схема) к.п.д. цикла достигает 75%, например, на ГАЭС Ренкхаузен (ФРГ) и на Днестровской ГАЭС.

На ГАЭС при трехмашинной схеме за счет увеличения к.п.д. турбин и насосов к.п.д. цикла достигает 79%, например, на ГАЭС Вианден (Люксембург) мощностью 900 МВт.

Мощность и выработка электроэнергии в турбинном режиме ГАЭС зависят от напора и объема используемой воды в цикле аккумуляирования и определяются как для ГЭС, выработка электроэнергии обычно рассчитывается как произведение установленной мощности на расчетное время ее использования в турбинном режиме вычисляется с помощью формул 1.3-1.5.

1.7 Виды гидротурбин в ГЭС

Одним из наиболее распространенных активных гидротурбина являются ковшовые. Принципиальная схема ковшовой турбины представлена на рисунке 1.15.

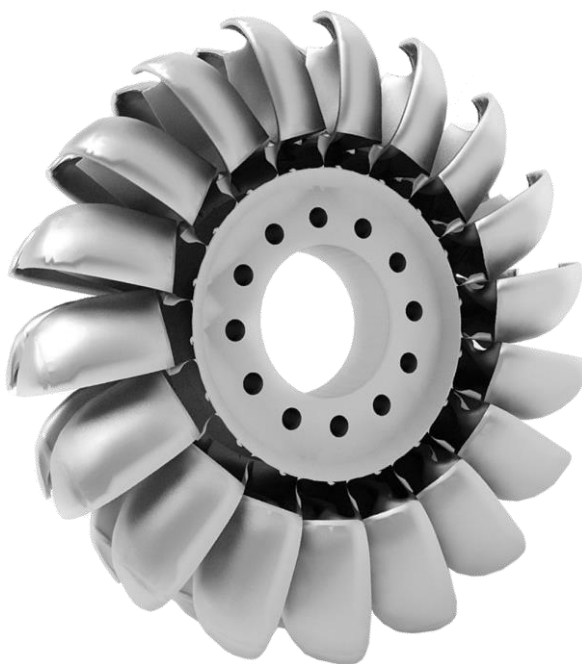


Рисунок 1.15 – Внешний вид ковшовой гидротурбины (тип Пелтон)

Вышеуказанный тип гидротурбин применяется при небольших расходах воды на высоких и сверхвысоких напорах до 2000 метров, недостижимых для других типов турбин, как правило, в горной местности. Эти турбины значительно проще остальных в конструктивном плане.

Далее на рисунке 1.16 представлена общая схема применения ковшовых гидротурбин внутри ГЭС.

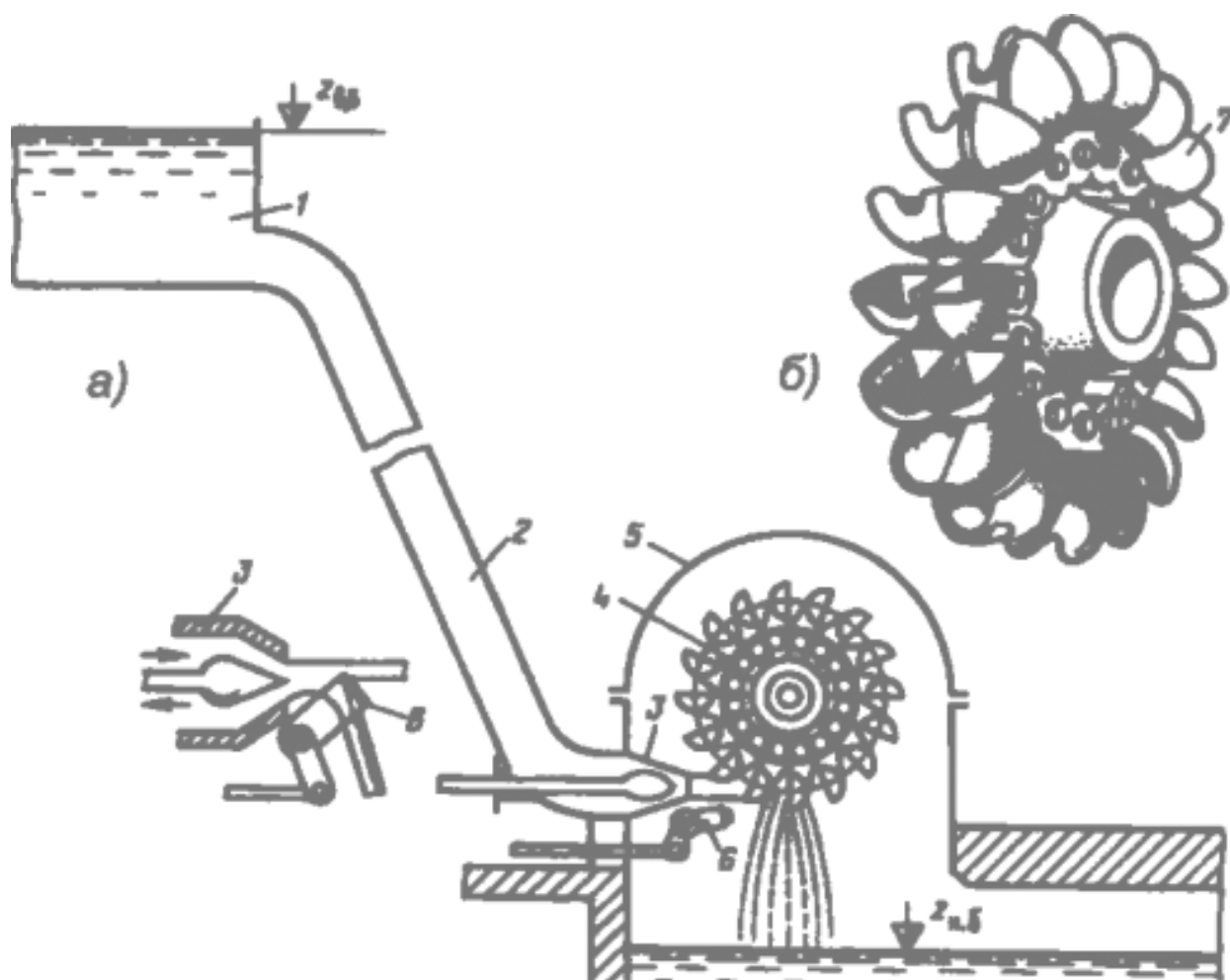
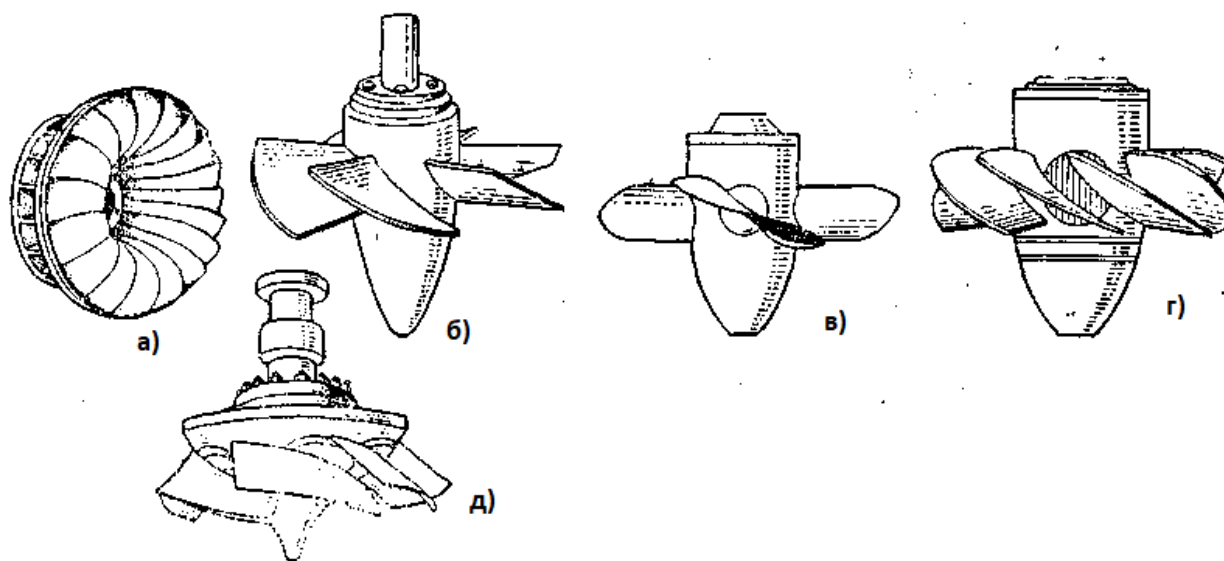


Рисунок 1.16 – Общая схема применения ковшовых гидротурбин внутри ГЭС

Рабочее колесо ковшовой турбины расположено в воздушном пространстве. Рабочее колесо снабжено ковшеобразными лопастями (ковшами) (7), каждая из которых последовательно принимает на себя высокоскоростную струю. Внутри сопла (3) имеется регулирующая игла. Игла перемещается вдоль оси потока и меняет диаметр выходящей из сопла струи, тем самым регулируя расход воды (мощность). Игла открывается-закрывается медленно (во избежание гидравлического удара). Для быстрого отвода струи от рабочего колеса в ковшовой турбине имеется отклонитель (6). Рабочее колесо, сопло и отклонитель заключены в закрытый кожух (5). Вода, отдав свою энергию рабочему колесу, стекает в отводящий канал (нижний бьеф). В

настоящее время выпускаются ковшовые турбины с несколькими соплами на одной турбине.

Далее приводится информация по реактивным гидротурбинам. К реактивным гидротурбинам относятся: *радиально-осевые пропеллерные, поворотн-лопастные (включая двухперовую) и диагональные*. Общие виды реактивных гидротурбин ГЭС представлены на рисунке 1.17.



а) радиально-осевой; б) пропеллерный; в) поворотн-лопастной; г) двухперовой; д) диагональный

Рисунок 1.17 – Общие виды реактивных гидротурбин ГЭС

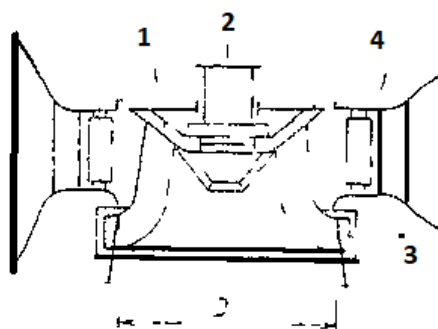
Для реактивных гидротурбин характерны следующие основные признаки:

- Рабочее колесо располагается полностью в воде, поэтому поток воды отдает энергию одновременно всем лопастям рабочего колеса.
- Перед рабочим колесом только часть энергии воды находится в кинетической форме, остальная же — потенциальная энергия, соответствующая разности давлений до и после колеса.
- Избыточное давление p/pg по мере протекания воды по проточному тракту рабочего колеса расходуется на увеличение относительной скорости, т. е. на создание реактив-ного давления потока на лопасти. Изменение направления потока за счет, кривизны лопастей приводит к

возникновению активного давления потока. Таким образом, действие потока на лопасти рабочего колеса складывается из реактивного воздействия, возникающего из-за увеличения относительной скорости, и активного давления, возникающего из-за изменения направления потока.

Радиально-осевые турбины (РО) (за рубежом их называют турбинами Френсиса) характерны тем, что вода при входе на рабочее колесо движется в радиальной плоскости, а после рабочего колеса — в осевом направлении, и используются в довольно широком диапазоне напоров — от 30—40 м до 500— 550 м. Такой большой диапазон обеспечивается конструктивными изменениями рабочего колеса и всей турбинной установки.

Затем на рисунке 1.18 представлена схема рабочего колеса радиально-осевой гидротурбины ГЭС.



1 – ступица; 2 – лопасти; 3 – нижний обод; 4 – лопатки направляющего аппарата

Рисунок 1.18 – Схема рабочего колеса радиально-осевой гидротурбины ГЭС

На вышеуказанном рисунке видно, что рабочее колесо радиально-осевой турбины состоит из ряда лопастей – 2 сложной пространственной формы, равномерно распределенных по окружностям ступицы – 1 (верхний обод) и нижнего обода – 3. Все три части объединены между собой и представляют одну жесткую конструкцию. Число лопастей может колебаться от 9 для низконапорных до 21 для высоконапорных турбин.

Дополнительно на рисунках 1.19 и 1.20 представлены внешние виды осевой и радиально-осевой гидротурбины для малой, мини или микро ГЭС соответственно.

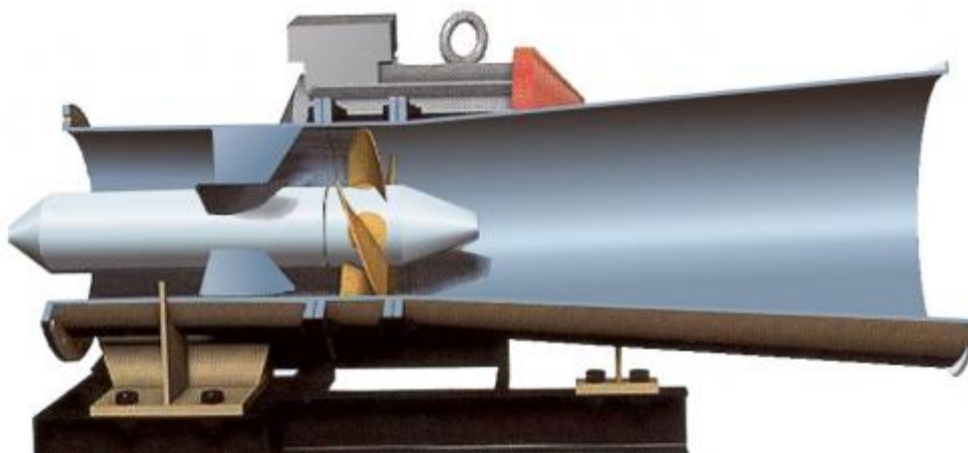


Рисунок 1.19 – Внешний вид осевой гидротурбины для малой, мини или микроГЭС

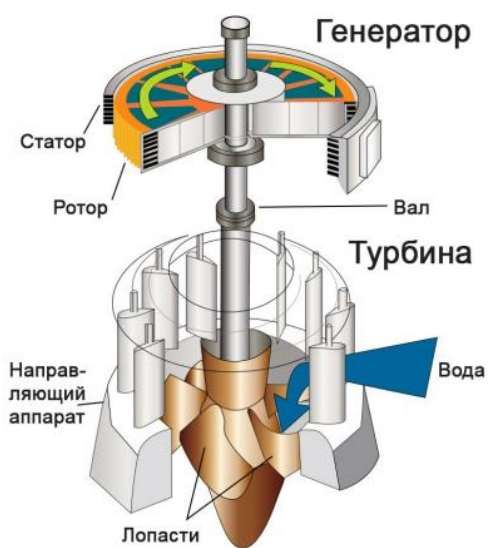
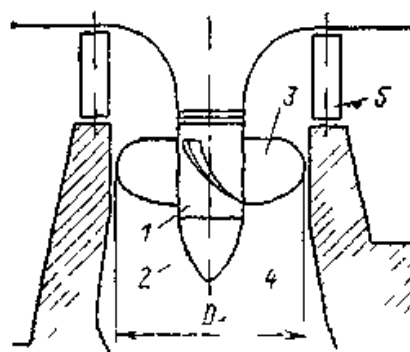


Рисунок 1.20 – Внешний вид радиально-осевой гидротурбины ГЭС

Пропеллерные турбины (Пр). Рабочее колесо такой турбины располагается в камере ниже направляющего аппарата. Поэтому между направляющим аппаратом и рабочим колесом осуществляется нерабочий поворот потока. На лопасти рабочего колеса поток поступает только в осевом направлении, из-за чего такие турбины называются осевыми.

Затем на рисунке 1.21 представлена схема рабочего колеса пропеллерной гидротурбины ГЭС.



1 – втулка; 2 – обтекатель; 3 – лопасти; 4 – камера рабочего колеса;
5 – лопатки направляющего аппарата

Рисунок 1.21 – Схема рабочего колеса пропеллерной гидротурбины ГЭС

Поворотно-лопастные турбины (ПЛ). По конструктивному выполнению поворотно-лопастные турбины (за рубежом их называют турбины Каплана) отличаются от пропеллерных только тем, что у них лопасти рабочего колеса в процессе работы могут поворачиваться вокруг своих осей, перпендикулярных оси вала. В этой связи на рисунке 1.22 представлен внешний вид конструкции поворотно-лопастной гидротурбины ГЭС.

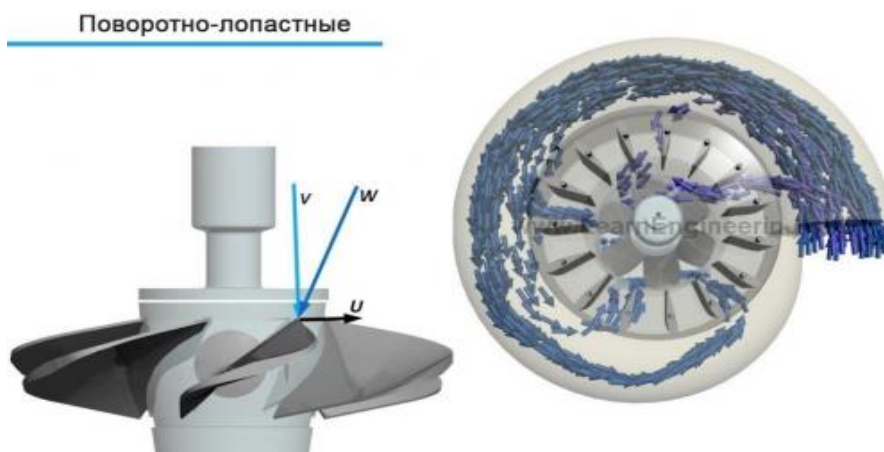


Рисунок 1.22 – Внешний вид конструкции поворотно-лопастной гидротурбины ГЭС

Двухперовая турбина. Увеличение числа лопастей рабочего колеса поворотно-лопастной турбины по мере повышения используемого напора приводит к возрастанию относительного диаметра втулки (d_{vm}/D_1) и последующему ухудшению энергетических качеств турбины. Для смягчения этого недостатка применяются спаренные (двухперовые) рабочие лопасти,

имеющие общий фланец и общую цапфу (рисунок 1.23), что позволяет повысить пропускаемый турбиной расход. Двухперовые турбины не имеют пока широкого распространения.

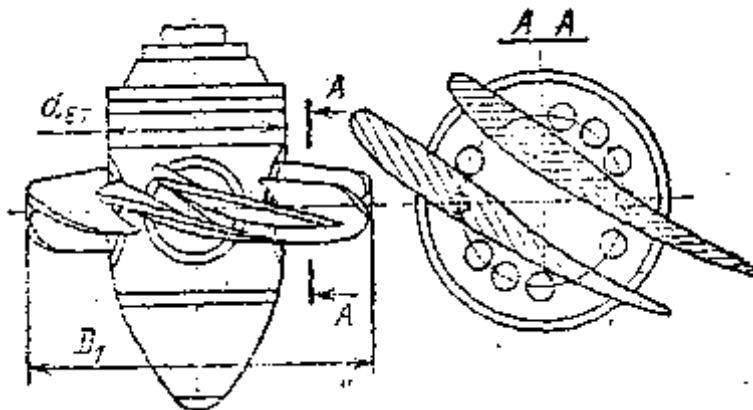


Рисунок 1.23 – Рабочее колесо двухперовой турбины

Диагональные турбины (Д). Появление этих турбин обусловлено теми же причинами, что и двухперовых, т. е. стремлением обеспечить возможность работы осевых турбин двойного регулирования в области напоров, используемых радиально-осевыми турбинами.

Отличие диагональных турбин от поворотно-лопастных заключается в конструкции рабочего колеса, которая представляет собой конусо-образную втулку с расположенными на ней под некоторым углом к оси вращения колеса лопастями (число их доходит до 14), могущими поворачиваться вокруг своих осей. При этом втулка рабочего колеса, несмотря на свои относительно большие размеры по сравнению с втулкой у поворотно-лопастных турбин не создает стеснения потока. Благодаря этому за рабочим колесом нет участка с резким расширением сечения, как в осевых турбинах, что в сочетании с другими особенностями диагональных турбин обеспечило им более высокие энергетические и кавитационные качества. Максимальное значение КПД диагональной турбины на 1,5—2,5% выше, чем осевой.

Также необходимо отметить выбор гидротурбин ГЭС, который подбирается в зависимости от напора ГЭС и расхода воды через водовод ГЭС,

где на рисунке 1.24 представлена диаграмма выбора типа гидротурбин для малой ГЭС.

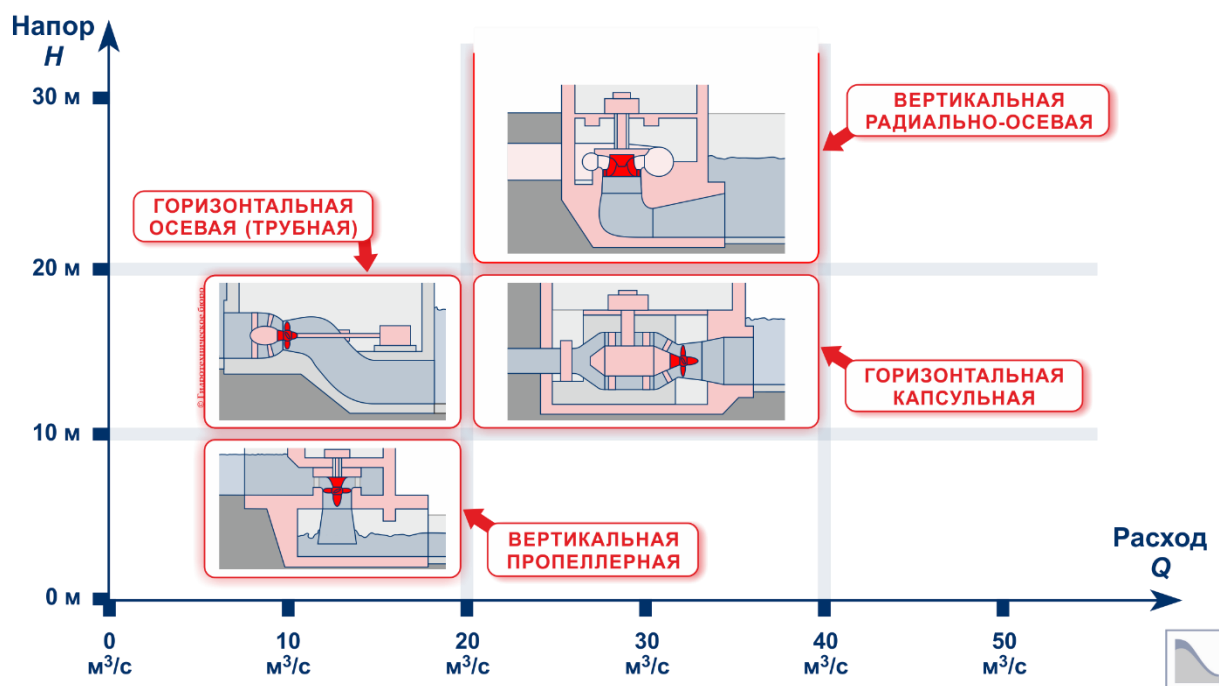


Рисунок 1.24 – Диаграмма выбора гидротурбины для малой ГЭС

В виде рекомендаций несколько упрощая, можно задать основные диапазоны напоров и расходов воды, и этим диапазонам будут соответствовать различные типы гидротурбин:

1. Напор ГЭС менее 10 м, расход гидротурбины 5—20 м³/с: тип гидротурбины — вертикальная пропеллерная гидротурбина, конструкция здания малой МГЭС — здание с прямоугольной турбинной камерой.

2. Напор ГЭС 10—20 м, расход гидротурбины 5—20 м³/с: тип гидротурбины — горизонтальная осевая гидротурбина с вертикальным генератором.

3. Напор ГЭС менее 20 м, расход гидротурбины 20—40 м³/с: тип гидротурбины — горизонтальная трубная гидротурбина.

4. Напор ГЭС свыше 20 м, расход гидротурбины 20—40 м³/с: тип гидротурбины — вертикальная радиально-осевая гидротурбина (турбина Френсиса).

1.8 Основные типы плотин для ГЭС

Плотина является одним из главных составляющих всех видов плотинных ГЭС различного типа мощности. В данном подразделе представлены основные типы плотин для ГЭС с приведением графических интерпретаций с подробным описанием.

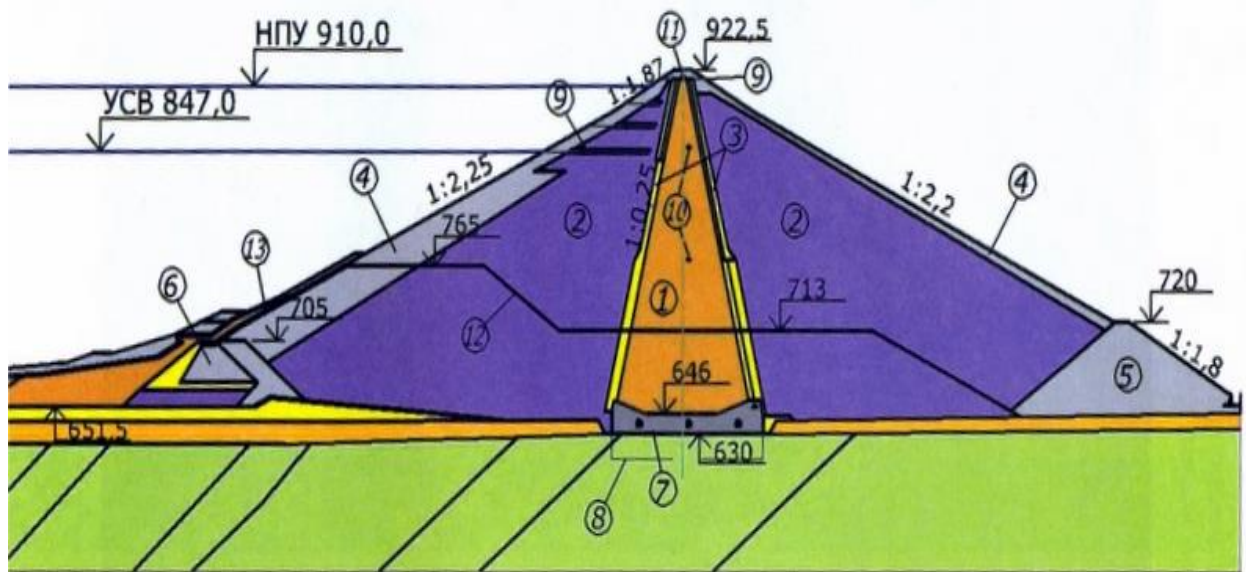
Все плотины можно грубо разделить на две группы: грунтовые и бетонные (различную экзотику, вроде металлических, тканевых или деревянных плотин мы можем проигнорировать как в современной гидроэнергетике практически не используемую).

1.8.1 Грунтовые плотины для ГЭС

Как следует из их названия, грунтовые плотины строятся из грунтовых материалов — *песка, суглинка, камня*. Все они гравитационные, т.е. их устойчивость обеспечивается за счет их веса. Преимуществами грунтовых плотин является *простота и технологичность их создания, использование легкодоступных местных материалов, высокая сейсмоустойчивость*. Недостатками — *необходимость специальных мер по борьбе с фильтрацией, более сложные и дорогие водосбросные сооружения, неустойчивость при переливе воды через гребень*.

Грунтовые плотины разделяются в зависимости от используемого при их создании материала — на земляные, каменные и каменно-земляные. Грунтовые плотины получили самое широкое распространение, особенно на равнинных гидроузлах, где они входят в состав напорного фронта в 99% случаев.

В качестве примера грунтовой плотины на рисунке 1.25 представлена общая конструкция плотины Нурекской ГЭС на р. Вахш.



Нурекская плотина на р. Вахш
 1 – ядро из материала конуса-выноса (скелетный материал); 2 – упорные призмы из гравийно-галечникового грунта; 3 – переходные зоны; 4 – пригрузка откосов горной массой; 5 – низовой банкет из горной массы; 6 – верховая перемычка; 7 – бетонная пробка; 8 – укрепительная цементация; 9 – антисейсмические пояса; 10 – смотровая галерея 2х2 м; 11 – смотровая галерея 4х4 м на гребне ядра; 12 – контур плотины первой очереди; 13 – временный экран плотины первой очереди

Рисунок 1.25 – Общая конструкция плотины Нурекской ГЭС на р. Вахш

1.8.2 Бетонные плотины для ГЭС

Бетонные плотины делятся на три большие группы — гравитационные, контрфорсные и арочные.

Гравитационные плотины сохраняют устойчивость за счет своего веса. Они просты, надежны, технологичны, легко совмещаются с водосбросными сооружениями и зданиями ГЭС, в связи с чем получили очень широкое распространение. От низконапорных водосбросных плотин русловых гидроузлов до высотных плотин в горах — везде можно увидеть этот тип плотин. Основной недостаток — данный вид плотины требует много бетона.

На рисунке 1.26 представлена общая конструкция гравитационной бетонной плотины Красноярской ГЭС.

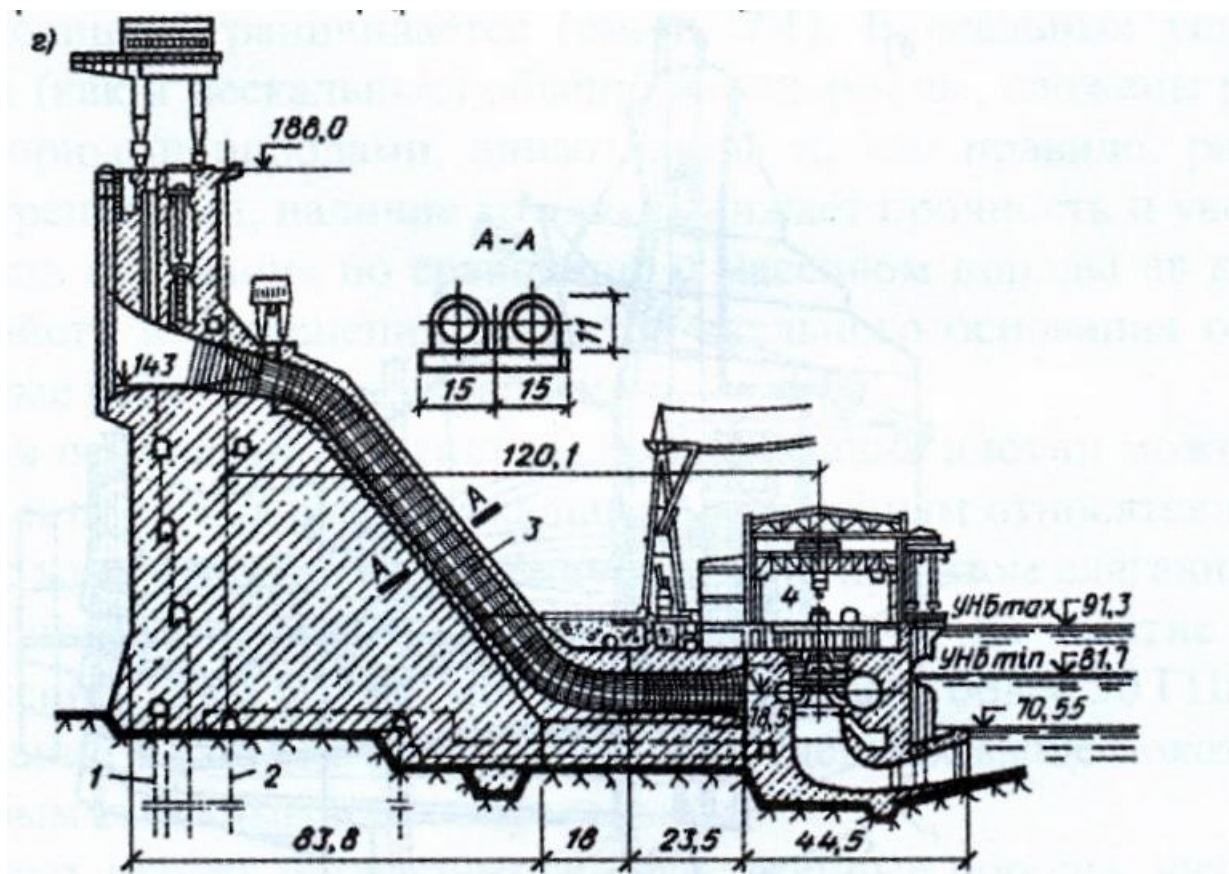


Рисунок 1.26 – Общая конструкция гравитационной бетонной плотины Красноярской ГЭС

Контрфорсные плотины работают главным образом не за счет веса, а за счет передачи усилий на основание с помощью специальных подпорных стенок — контрфорсов. Данный тип конструкции плотины ГЭС требует значительно меньше бетона, но существенно сложнее в строительстве и имеется необходимость проведения различных инженерных изысканий (ИГМИ, ИЭИ и т.д.) высокого качества.

На рисунке 1.27 представлены общие конструкции типов контрфорсных плотин ГЭС с приведением функциональных составляющих.

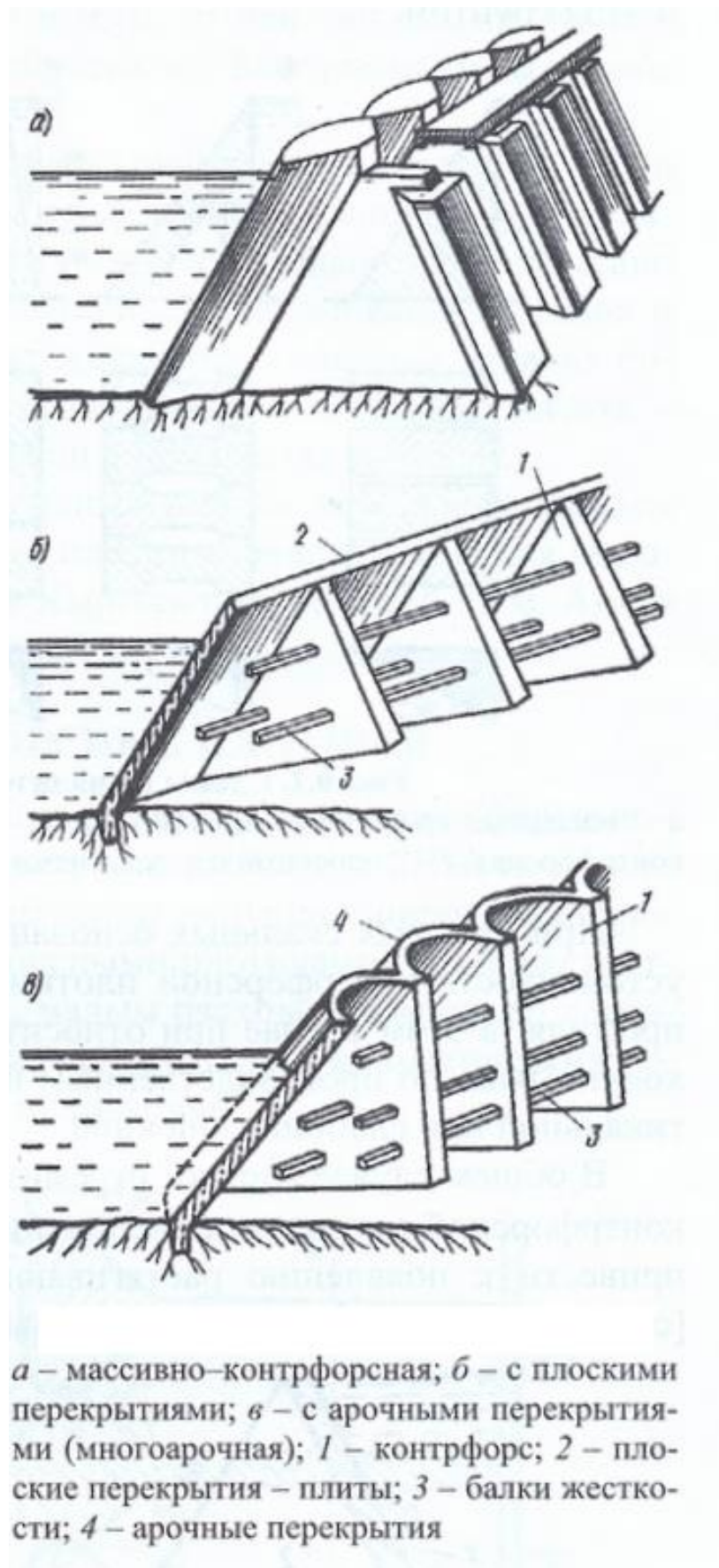


Рисунок 1.27 – Общие конструкции типов контрфорсных плотин ГЭС с приведением функциональных составляющих

1.8.3 Арочные плотины для ГЭС

Арочные плотины передают давление воды в берега. Бетон в них работает на сжатие, а в этом случае его прочность очень велика.

Поэтому, арочные плотины могут быть очень тонкими и экономичными.

Минусами арочных плотин является невозможность их строительства в широких створах, а также наличие особых требований к качеству и конфигурации склонов.

На рисунке 1.28 представлена общая конструкция арочной плотины ГЭС.

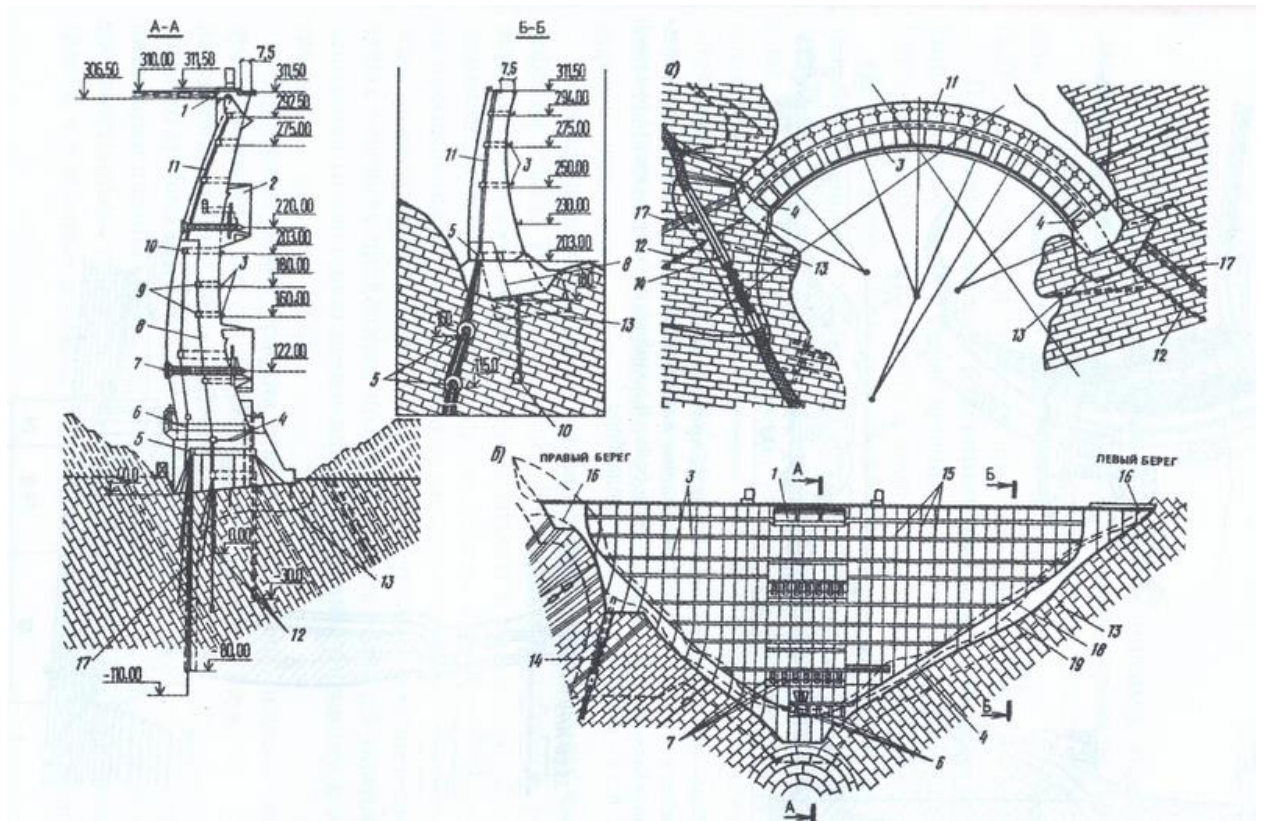


Рисунок 1.28 – Общая конструкция арочной плотины ГЭС при разных проекциях.

Далее на рисунке 1.29 представлен внешний вид арочной плотины Чиркейской ГЭС.

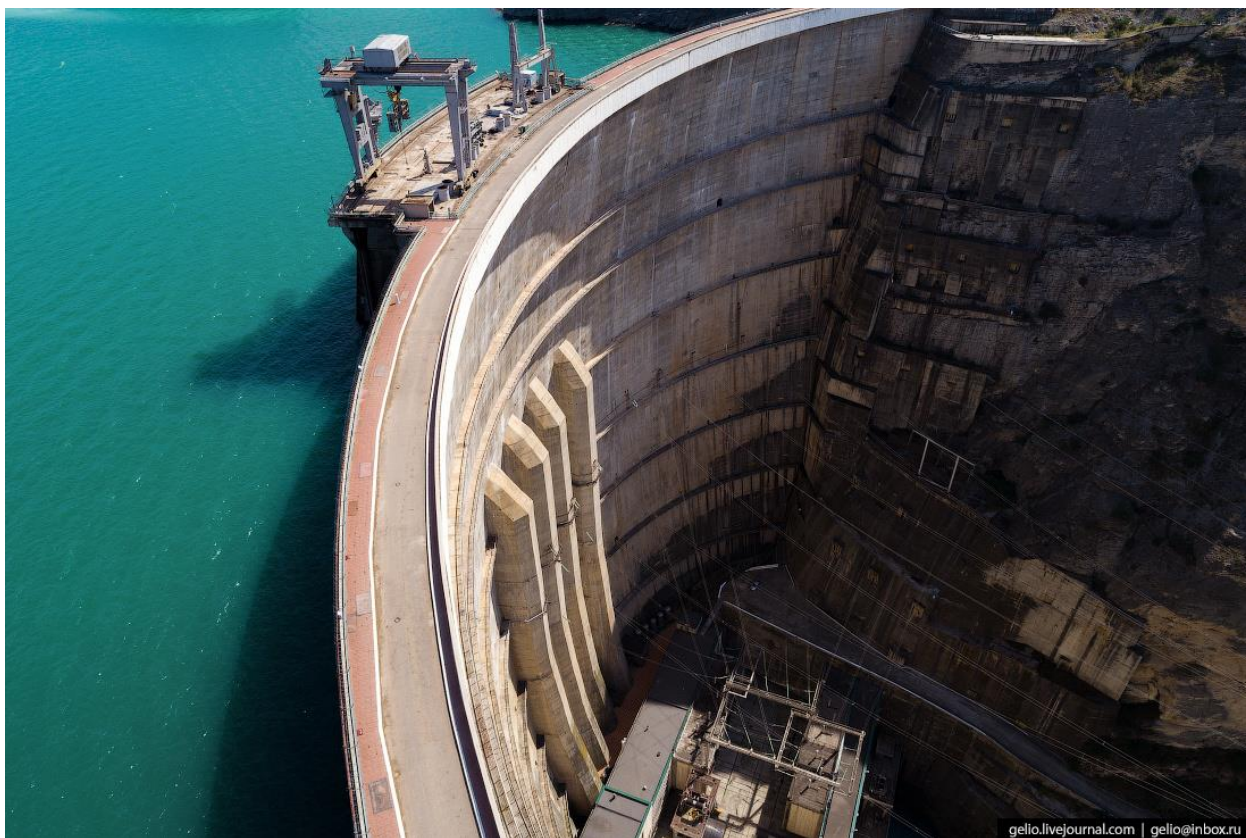


Рисунок 1.29 – Внешний вид арочной плотины Чиркейской ГЭС

1.9 Бесплотинные мини-ГЭС

В настоящий момент применение альтернативных решений в области малой гидроэнергетики без применения плотинных сооружений в виде бесплотинных ГЭС является одним из приоритетных направлений развития в области малой автономной энергетики. Автором данного пособия представлены различные способы применения и строительства бесплотинных ГЭС.

Малая гидроэлектростанция или малая ГЭС (МГЭС) – гидроэлектростанция, вырабатывающая сравнительно малое количество электроэнергии и состоящая из гидроэнергетических установок с установленной мощностью от 1 до 3000 кВт.

На рисунке 1.30 представлена общая схема мини-ГЭС.

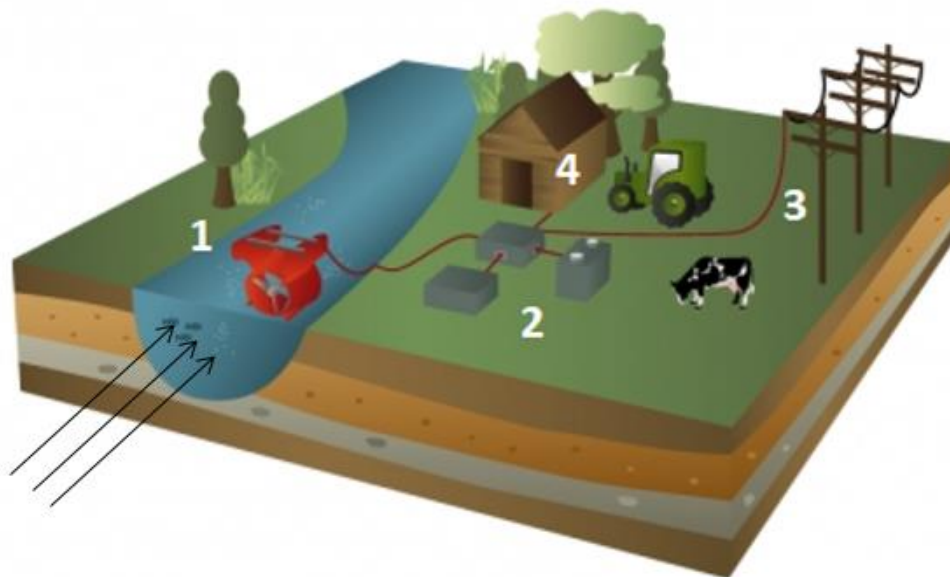


Рисунок 1.30 – Общая схема работы мини-ГЭС

На вышеуказанном рисунке видно, что принцип работы мини-ГЭС довольно простое, а именно водный поток под определенным течением речки проходит через гидротурбины – 1, приводя ее в движение, где производится генерация электроэнергии. Далее сгенерированная электроэнергия подается к потребителю – 4, а также излишки электроэнергии направляются в систему накопления энергии (АКБ) – 2 и к линиям электропередачи – 3 для других потребителей электроэнергии.

Однако надо отметить важный момент, а именно необходимость размещения защитной сетки ко входу и выходу рабочего колеса гидротурбины мини-ГЭС в целях предотвращения попадания крупных твердых предметов и объектов рыбной фауны (рыбы) в лопасти гидротурбины.

1.9.1 Водяное колесо в виде мини-ГЭС

Водяное колесо – это колесо с лопастями, установленное перпендикулярно поверхности воды. Колесо погружено в поток меньше чем наполовину. Вода давит на лопасти и вращает колесо. Существуют также колеса-турбины со специальными лопатками, оптимизированными под струю

жидкости. Но это достаточно сложные конструкции скорее заводского, чем самодельного изготовления.

На рисунке 1.31 представлен внешний вид водяных колес в виде мини-ГЭС.



Рисунок 1.31 – Внешние виды водяных колес в виде мини-ГЭС

С точки зрения простоты изготовления и получения максимального КПД с минимальными затратами, данная конструкция бесперебойно эксплуатируется и часто применяется на практике, где на рисунке 1.32 представлен три вида конструкций водяных колес.

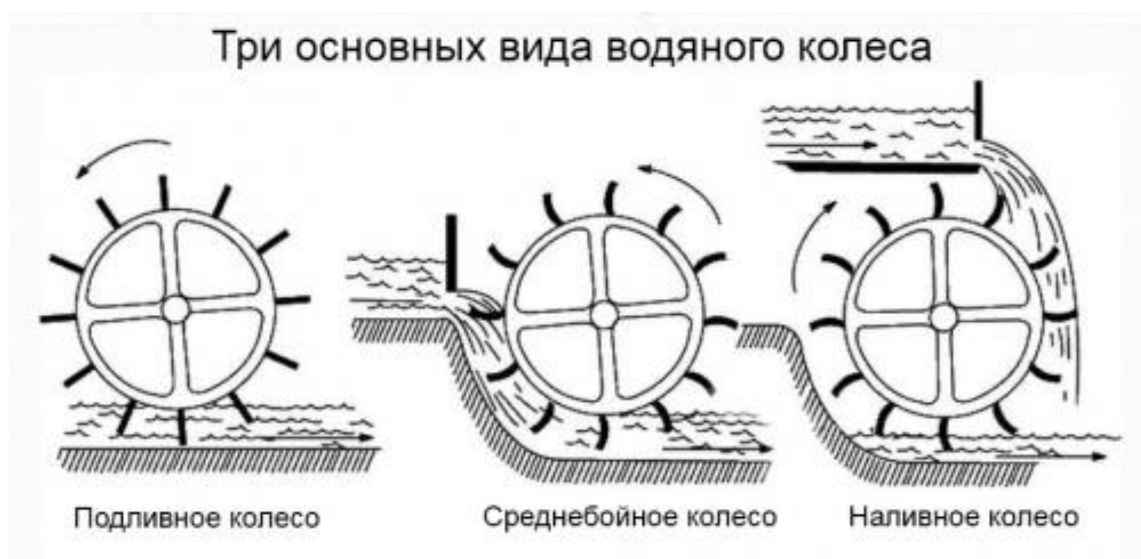


Рисунок 1.32 – Три основных вида водяных колес для мини-ГЭС

1.9.2 Гирляндная мини-ГЭС

Гирляндная мини-ГЭС – представляет собой трос, с жестко закрепленными на нем роторами. Трос перекинут с одного берега реки на другой. Роторы как бусы нанизаны на трос и полностью погружены в воду. Поток воды вращает роторы, роторы вращают трос. Один конец троса соединен с подшипником, второй с валом генератора.

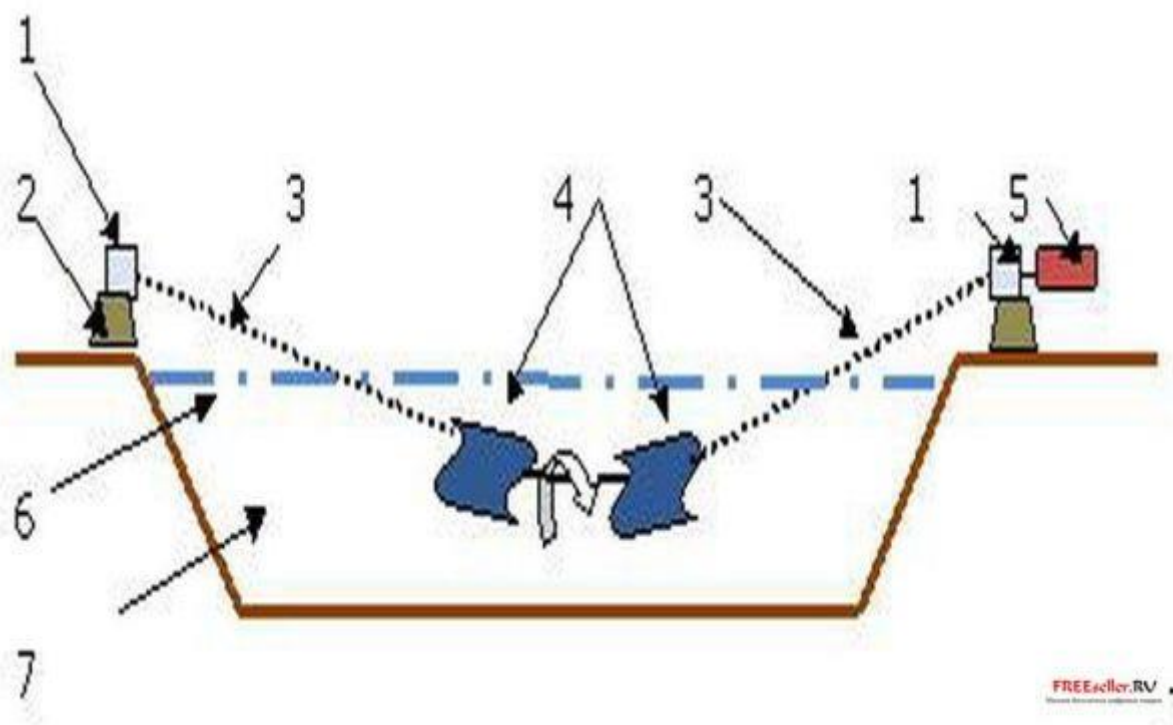
Преимущества гирляндной мини-ГЭС: простота в эксплуатации и процедурах монтажа и демонтажа установка, низкие капитальные затраты, малая зависимость от уровня воды на реке и т.д.

Недостатки гирляндной мини-ГЭС: большая материалоемкость, опасность для окружающих (длинный подводный трос, скрытые в воде роторы, перегораживание реки), низкий КПД.

На рисунках 1.33-1.34 представлены внешние виды и конструкции гирляндной мини-ГЭС.



Рисунок 1.33 – Внешний вид гирляндной мини-ГЭС



1 – подшипник; 2 – опора; 3 – металлический трос; 4 – гидроколесо (турбина); 5 – электрогенератор; 6 – уровень верхнего течения реки; 7 – русло реки

Рисунок 1.34 – Схема работы гирляндной мини-ГЭС

В качестве гидроколёс (роторов), в тросовом гидроприводе мини-ГЭС можно использовать несколько «крыльчаток», изготовленных из тонкого металлического листа, диаметром около полуметра, по типу детской игрушки - пропеллера из квадратного листа бумаги. В качестве гибкого вала целесообразно использовать обычный стальной трос диаметром 10...15 мм.

Если опоры 2 с подшипниками 1 и электрогенератором 5 установить на дно реки, и подшипники с генератором поднять выше уровня реки, а всё это сооружение разместить по оси течения, то результат, практически будет тот же. Эта схема целесообразно применяется для очень «узких речек» но с глубиной более 0,5 метра. Тепловую энергию в такой ГЭС можно получить путем подключения электронагревателей к электрогенератору.

Роторы гирляндой ГЭС, как правило, располагаются в ядре потока (на 0,2 глубины от поверхности летом и 0,5 глубины от поверхности льда зимой). Глубина реки в месте установки гирляндой ГЭС не превышает 1,5 м. При

глубине реки более 1,5 м. вполне возможно использовать роторы, расположенные в два ряда [9].

Гирляндная мини-ГЭС применяется в электроснабжении малых и отдаленных потребителей электроэнергии, а именно: объекты агропромышленного комплекса, промышленные охотничьи хозяйства, туристические объекты и т.д.

1.9.3 Ротор Дарье для мини-ГЭС

Ротор Дарье – это вертикальный ротор, который вращается за счет разности давлений на его лопастях. Разница давлений создается за счет обтекания жидкостью сложных поверхностей. Эффект подобен подъемной силе судов на подводных крыльях или подъемной силе крыла самолета. Фактически, МГЭС данной конструкции идентичны одноименным ветрогенераторам, но располагаются в жидкостной среде.

Ротор Дарье сложен в изготовлении, в начале работы его нужно раскрутить. Но он привлекателен тем, что ось ротора расположена вертикально и отбор мощности можно производить над водой, без дополнительных передач. Такой ротор будет вращаться при любом изменении направления потока. Как и у его воздушного собрата, КПД ротора Дарье уступает КПД МГЭС пропеллерного типа.

На рисунках 1.35-1.37 представлены внешние виды и конструкции роторов Дарье для мини-ГЭС.



Рисунок 1.35 – Конструкция мини-ГЭС с вертикальным ротором



Рисунок 1.36 – Внешний вид компактной мини-ГЭС модели «Ротор» (Южная Америка)

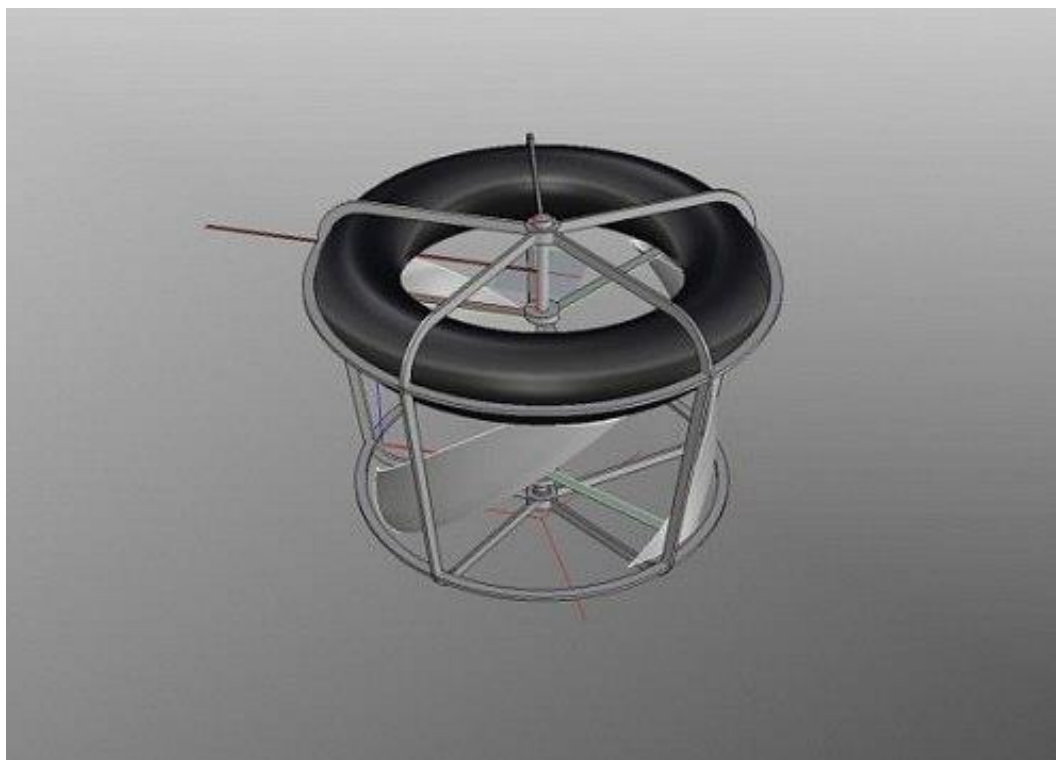


Рисунок 1.37 – Общий вид конструкции компактной мини-ГЭС модели «Ротор» (Южная Америка)

Ключевые преимущества «Ротора» в том, что он прост, надежен, имеет низкую стоимость и не требует специальных навыков для установки и обслуживания.

1.9.4 Пропеллерный мини-ГЭС

Пропеллер – это подводный «ветряк» с вертикальным ротором. В отличие от воздушного, подводный пропеллер имеет лопасти минимальной ширины. Для воды достаточно ширины лопасти всего в 2 см. При такой ширине будет минимальное сопротивление и максимальная скорость вращения. Такая ширина лопастей выбиралась для скорости потока 0.8-2 метра в секунду. При больших скоростях, возможно, оптимальны другие размеры.

Пропеллер движется не за счет давления воды, а за счет возникновения подъемной силы, как с крылом самолета. Лопасти пропеллера движутся поперек потока, а не следуют потоком в направлении течения.

Какое количество лопастей оптимально для гидроустановки? Главное требование, которое накладывают устройства, подключенные к гидроколесу – это частота вращения. Мощность установки задана речкой. Центробежному насосу и генератору необходима максимально высокая частота вращения. С уменьшением частоты их габариты увеличиваются. Насосы есть и других типов имеют малую частоту вращения, но они сложнее по конструкции, чем центробежный насос и менее надежны.

В целях увеличения частоты вращения необходимо уменьшение количества лопастей до 2 или до 1 лопасти. Данное нововведение не отразится на величину мощности генерации. Частота вращения однолопастного пропеллера в 1,5 раза выше, чем у двухлопастного.

Переход к одной лопасти дает двукратное увеличение высоты подъема воды насосом. Но при одной лопасти давление на ось получается несимметричное. Возникают знакопеременные нагрузки частотой единицы герц на саму установку и на ее крепление к земле. Это обстоятельство надо учитывать при конструировании.

На рисунках 1.38-1.40 представлены внешние виды пропеллерной мини-ГЭС.



Рисунок 1.38 – Внешний вид самодельной пропеллерной мини-ГЭС



Рисунок 1.39 – Внешний вид самодельной пропеллерной мини-ГЭС

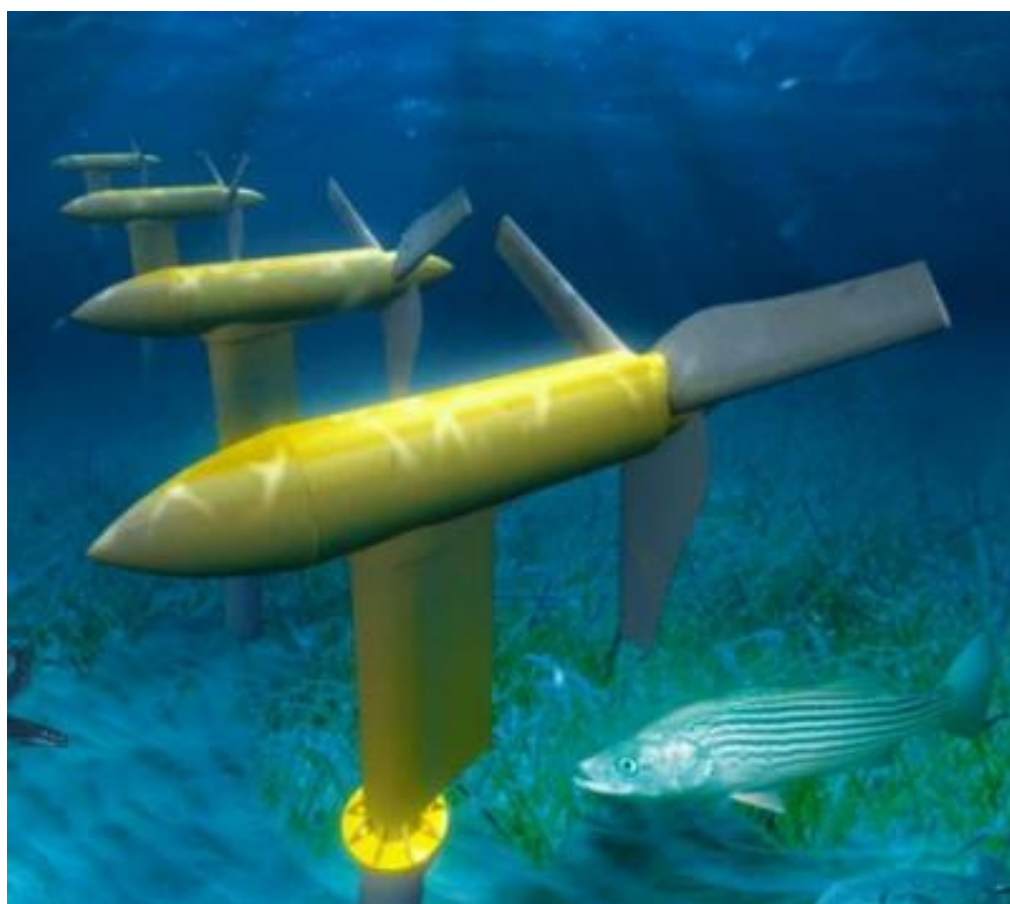


Рисунок 1.40 – Внешний вид пропеллерной мини-ГЭС морского исполнения

1.9.5 Бесплотинная мини-ГЭС Николая Ленёва

В ходе изучения бесплотинных мини-ГЭС необходимо особо отметить энергетическую установку Николая Ленева, которая имеет довольно высокие электроэнергетические показатели генерации.

На рисунках 1.41-1.44 представлены внешние виды и конструкции энергоустановки.

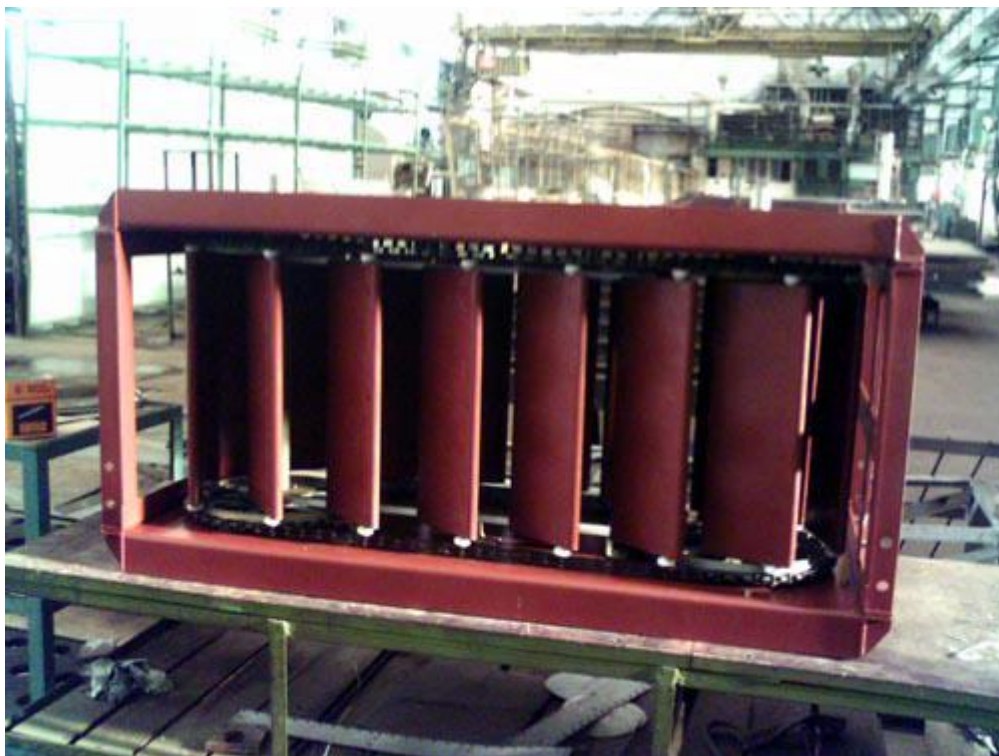


Рисунок 1.41 – Внешний вид бесплотинной ГЭС Николая Ленева

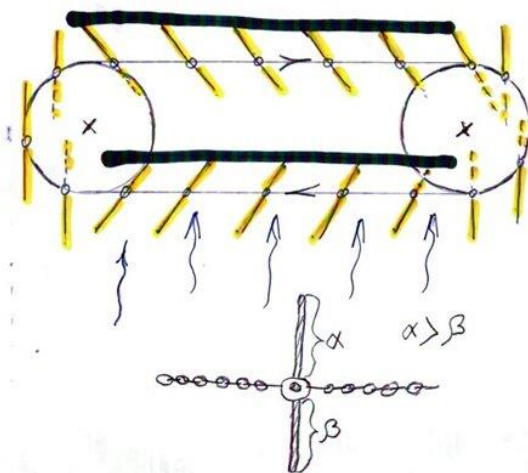


Рисунок 1.42 – Схема работы бесплотинной ГЭС Николая Ленева



Рисунок 1.43 – Внешние виды установки Николая Ленева во время натурных испытаний



Рисунок 1.44 – Внешний вид бесплотинной ГЭС Николая Ленева

Конструкция представляет собой систему (два ряда) лопастей прямоугольной формы (плоская пластинка) оси которых делят их на две ($1/2$) не равные части, большая из которых всегда (за счёт действия потока) находится за осью дальше по потоку. Тем самым достигается минимальное её вращение вокруг своей оси и, следовательно, наименьшие турбулентные завихрения. Оси лопастей, своей верхней и нижней частями, в свою очередь, закреплены на верхней и нижней, замкнутых в кольца - цепях ПРЛ (либо на любом другом гибком элементе). Цепи передают усилие через звёздочки (рабочие колёса) на два вертикальных вала, с которых механическая энергия движущейся среды (воды, воздуха и т.д. и т.п.) через гибкую муфту и промежуточный вал передаётся на валы электрогенераторов. Валы установки через подшипники скольжения (качения) жёстко закреплены на каркасе

установки, имеющим закрытые на $2/3$ боковые и глухую нижнюю стенки, что не препятствует поступлению дополнительной воды из окружающего потока через верх и $1/3$ боковых стенок установки. В одном каркасе рационально размещать минимум три установки. Положение лопастей по отношению к основному потоку регулируется неподвижными направляющими для цепи и подвижными для большей из сторон лопасти, а, меняя расстояние между подвижной направляющей для лопасти и неподвижной для цепи, мы задаем необходимый угол поворота между лопастью и направлением основного потока от 0 до 450, добиваясь тем самым оптимального режима работы установки либо останавливая её полностью. Таким образом, поток воздействует на лопасть фактически перпендикулярно, под 900. Один из валов установки имеет натяжное устройство, регулирующее натяжение цепей. Лопасты должны иметь свободу вращения на своих осях, а оси так же свободно вращаться в креплениях к цепям. Между лопастью и местом крепления к цепи на осях должны устанавливаться ролики, которые и будут катиться по неподвижным направляющим, удерживая тем самым цепь постоянно в перпендикулярном положении относительно направления основного потока.

В отличие от ныне существующих источников электроэнергии данная конструкция создавалась "подручной", приемлемой для ручного изготовления, монтажа и обслуживания. Она позволяет использовать комплектующие из уже выпускающегося на сегодня оборудования, как-то сельскохозяйственная техника, отслужившего свой срок автотранспорта и прочего подходящего "железа". Данная установка многократно удешевляет изготовление первого изделия, которое окупается в течение 3-4 месяцев в условиях центральной части России.

1.9 Краткие выводы по разделу

В ходе обзора существующих технологий в области гидроэнергетики необходимо выделить следующие контрольные точки:

1. Строительство плотинных ГЭС требует не только значительных людских и материальных ресурсов, но и высокого качества проведения всех видов инженерных изысканий в особенности в условиях холодного климата и многолетней мерзлоты ввиду сложности строительства плотин на грунт с многолетней мерзлотой.
2. Существуют различные типы ГЭС в зависимости от различных внешних параметров, но в последнее время приоритетными являются гидроаккумулирующие для крупных городских центров и деривационные для небольших населенных пунктов в гористой местности.
3. Существуют различные типы гидротурбин для ГЭС, которые в основном подбираются в зависимости от величины водного потока, напора ГЭС и типа технологии.
4. Существуют различные типы плотин для ГЭС, которые в свою очередь классифицируются в основном от типа используемого материала, а именно грунтовые и бетонные.
5. В целях электроснабжения объектов АПК и небольших населенных пунктов в сельской местности возможно применение мини ГЭС с применением гирляндных, бесплотинных, пропеллерных ГЭС.
6. Применение объектов гидроэнергетики в условиях Якутии предпочтительнее на территории южной части региона и на горных реках Верхоянского хребта.

ГЛАВА 2 ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ

В данной главе автором учебного пособия заданы различные виды заданий, а именно:

- Тематические рефераты.
- Расчетно-графические работы.

2.1 Требования к оформлению самостоятельных и расчетно-графических работ

2.1.1 Требования к выполнению заданий по теме реферата

В рамках выполнения реферат на определенную тему в соответствии с подразделом 2.2 по дисциплине «Общая энергетика» студенту **НЕОБХОДИМА** разработка и выполнение следующих контрольных пунктов:

1. «ВВЕДЕНИЕ» – полное описание направления исследований в соответствии с выбранной тематикой, а именно: приведение внешних параметров и выдвижение предварительного описания предлагаемого технического решения. **НЕОБХОДИМО** указать цель (*только одна цель*) и задачи (не менее трех пунктов) реферат. В основном *целью реферата является разработка технического решения в виде конкретного энергетического объекта на территории Севера с применением объектов возобновляемых источников энергии в целях энергоэффективности и ресурсосбережения.* Рекомендуемый объем – 1-2 листа формата А4.

2. «Исходные данные реферат» – приведение всех технико-экономических исходных данных в зависимости от места расположения объекта исследования с указанием единиц измерения, возможно представление общей схемы электроснабжения. Рекомендуемый объем – 1 лист формата А4.

3. «Анализ внешних параметров населенного пункта» - выбор конкретного населенного пункта и приведение его географических и климатических параметров, такие как: географические координаты; площадь населенного пункта, м²; температура воздуха, °С; относительная влажность, %; осадки, мм; дневная сумма солнечной радиации-горизонтальная, кВт*ч/м² в день; скорость ветра, м/с; температура земли, °С; градусо-дни отопительного сезона (18°С), °С-д; градусо-дни с отрицательной температурой (10°С), °С-д – для каждого месяца в течение года в том числе карты районирования. Кроме того, **НЕОБХОДИМО** указать количество населения в тыс. человек, перечень

производственных (заводы, цехи и фабрики) и социальных (больницы, школы, детские сады и т.д.) объектов и т.д. **РЕКОМЕНДУЕТСЯ** применение таблиц и схем, разработанные на базе лицензированной программы MS Office Excel. Рекомендуемый объем – 3-4 листа формата А4.

4. «Анализ энергопотребления населенных пунктов» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** представить основные параметры топливо- (потребление дизельного топлива и масла) и электропотребления (выработка электроэнергии и отпуск шин) в населенном пункте в зависимости от номера варианта¹ и разработать обобщенный анализ на основании полученных данных по потреблению в том числе расчет экономии топлива за счет внедрения ВИЭ. Рекомендуемый объем – 3-4 листа формата А4.

5. «Выбор технологии производства электроэнергии» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** проведение детального анализа по 3 источникам возобновляемых источников энергии (ветер, солнце и гидро-) с приведением графических интерпретаций, табличных данных, преимуществ и недостатков. В конце данного анализа студентом выбирается конкретный вид ГЭС с обоснованием данного выбора. Рекомендуемый объем – от 2 листов формата А4.

6. «Расчет мощности генерации электростанции» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** проведение технических расчетов возможного объема производства электроэнергии с приведением графиков ежемесячной и годовой генерации электроэнергии от ГЭС. В конце данного раздела студенту **НЕОБХОДИМО** представить установленную мощность электростанции от ГЭС. Рекомендуемый объем – от 4 листов формата А4.

7. «Выбор силового оборудования» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести выбор генерирующего оборудования (модель солнечной панели, ветрового генератора, гидрогенератора, силового инвертора, контроллера заряда и т.д.) в зависимости от типа электростанции с

¹ Показания по выработке электроэнергии и потреблению ГСМ представлены в Приложении №2

указанием основных тактико-технических параметров. Рекомендуемый объем – от 4 листов формата А4.

8. «Технико-экономический расчет» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести расчет переменных и постоянных потерь электроэнергии в ЛЭП внутри системы электроснабжения населенного пункта с выведением годовых эксплуатационных издержек и минимальные приведенные затраты. Рекомендуемый объем – до 2 листов формата А4.

9. «Заключение» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести детальное описание произведенных работ в рамках курсового проекта. Рекомендуемый объем – до 1 листа формата А4.

10. «Список использованной литературы» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести детальное описание² перечня использованной литературы в рамках выполнения курсового проекта в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018 СИБИД Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. Рекомендуемый объем – до 1 листа формата А4.

² Перечень использованных источников необходимо выполнить в соответствии с Приложением 3

2.1.1 Требования к выполнению заданий по расчетно-графической работе

В рамках выполнения расчетно-графической работы (далее – РГР) по дисциплине «Общая энергетика» студенту **НЕОБХОДИМО** выполнение следующих контрольных пунктов:

1. «ВВЕДЕНИЕ» – полное описание задания РГР, приведение внешних параметров и выдвижение предварительного описания предлагаемого технического решения. **НЕОБХОДИМО** указать цель (*только одна цель*) и задачи (не менее трех пунктов) курсового проекта. В основном *целью курсового проекта является разработка системы электроснабжения на базе ГЭС на территории Севера в целях обеспечения экономии ГСМ и повышения надежности энергообеспечения*. Рекомендуемый объем – 1-2 листа формата А4.

2. «Исходные данные РГР» – приведение всех технико-экономических исходных данных в зависимости от номера варианта с **ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ** указанием единиц измерения, возможное представление общей схемы электроснабжения. Рекомендуемый объем – 1 лист формата А4.

3. «Анализ внешних параметров населенного пункта» - приведение всех географических и климатических параметров, такие как: географические координаты; площадь населенного пункта, м²; температура воздуха, °С; относительная влажность, %; осадки, мм; дневная сумма солнечной радиации-горизонтальная, кВт*ч/м² в день; скорость ветра, м/с; температура земли, °С; градусо-дни отопительного сезона (18°С), °С-д; градусо-дни с отрицательной температурой (10°С), °С-д – для каждого месяца в течение года в том числе карты районирования. Кроме того, **НЕОБХОДИМО** указать количество населения в тыс. человек, перечень производственных (заводы, цехи и фабрики) и социальных (больницы, школы, детские сады и т.д.) объектов и т.д. **РЕКОМЕНДУЕТСЯ** применение таблиц и схем, разработанные на базе лицензированной программы MS Office Excel. Рекомендуемый объем – 3-4 листа формата А4.

4. «Анализ энергопотребления населенных пунктов» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** представить основные параметры топливо- (потребление дизельного топлива и масла) и электропотребления (выработка электроэнергии и отпуск шин) в населенном пункте в зависимости от номера варианта³ и разработать обобщенный анализ на основании полученных данных по потреблению в том числе расчет экономии топлива за счет внедрения ВИЭ. Рекомендуемый объем – 3-4 листа формата А4.

5. «Выбор створа ГЭС или место размещения объекта» – в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** проведение поиска наиболее подходящей области для размещения ГЭС с помощью Интернет-ресурса «*Google Map*» в целях строительства ГЭС, где **НЕОБХОДИМО** соответствие требованиям и условиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов" и Статьи 51 Градостроительного кодекса Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 30.04.2021). Кроме того, **НЕОБХОДИМО** приведение детального анализа по выбранному месту размещения ГЭС. Вместе с тем выбранный земельный участок должен иметь значительную площадь в зависимости от мощности генерации ГЭС. Рекомендуемый объем – не менее 4 листов формата А4.

6. «Выбор источника энергии» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** проведение детального анализа по 3 источникам возобновляемых источников энергии (ветер, солнце и гидро) с приведением графических интерпретаций, табличных данных, преимуществ и недостатков. В конце данного анализа студентом выбирается ГЭС с обоснованием данного выбора. Рекомендуемый объем – от 2 листов формата А4.

7. «Расчет мощности генерации электростанции» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** проведение технических расчетов возможного объема производства электроэнергии с приведением графиков ежемесячной и годовой генерации электроэнергии от ВИЭ. В конце данного

³ Показания по выработке электроэнергии и потреблению ГСМ представлены в Приложении №2

раздела студенту **НЕОБХОДИМО** представить установленную мощность ГЭС. Рекомендуемый объем – от 4 листов формата А4.

8. «Выбор силового оборудования» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести выбор генерирующего оборудования (модель солнечной панели, ветрового генератора, гидрогенератора, силового инвертора, контроллера заряда и т.д.) в зависимости от типа электростанции с указанием основных тактико-технических параметров. Рекомендуемый объем – от 4 листов формата А4.

9. «Разработка принципиальной схемы системы электроснабжения» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** разработать принципиальную схему электроснабжения населенного пункта с подключением ГЭС к фидерам потребителей с учетом использования силовых трансформаторов, распределительных устройств, силовых шин, коммутационного оборудования и т.д. Также необходимо выполнение обзорного анализа схемы. Рекомендуемый объем – от 2 листов формата А4

10. «Выбор преобразовательного оборудования» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести выбор повышающего и понижающего силового трансформатора в целях обеспечения увеличения класса напряжения для последующей передачи по ЛЭП к потребителю с учетом определенных требований и условий в соответствии с ПУЭ 7 «Правила устройства электроустановок. Издание 7» и приведением всех технических параметров выбранного оборудования. Рекомендуемый объем – от 2 листов формата А4.

11. «Выбор оборудования ЛЭП» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести выбор типа и материала опоры ЛЭП, определить сечение и марку проводов на основании расчета экономической плотности тока и т.д. Рекомендуемый объем – от 4 листов формата А4.

12. «Технико-экономический расчет» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести расчет переменных и постоянных потерь электроэнергии в ЛЭП внутри системы электроснабжения населенного пункта

с выводением годовых эксплуатационных издержек и минимальные приведенные затраты. Рекомендуемый объем – до 2 листов формата А4.

13. «Заключение» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести детальное описание произведенных работ в рамках РГР. Рекомендуемый объем – до 1 листа формата А4.

14. «Список использованной литературы» - в данном разделе студенту **НЕОБХОДИМО** произвести детальное описание перечня использованной литературы в рамках выполнения курсового проекта в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018 СИБИД Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. Рекомендуемый объем – до 1 листа формата А4.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

1. Статья 47 Воздушного кодекса Российской Федерации" от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 30.04.2021).
2. Статья 51 Градостроительного кодекса Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 30.04.2021).
3. ГОСТ 7.32-2017. МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу
4. ГОСТ Р 7.0.97-2016 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу (СИБИД). Организационно-распорядительная документация. Требования к оформлению документов (с Изменением N 1).
5. ГОСТ 7.12-93 СИБИД. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила.
6. ГОСТ 2.109-73 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Основные требования к чертежам (с Изменениями N 1-11).
7. ГОСТ 16350-80 Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей.
8. ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».
9. ГОСТ Р 54531-2011 «Возобновляемые и альтернативные источники энергии»
10. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов".
11. ГОСТ 2.004–88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.
12. ГОСТ 2.104–2006. ЕСКД. Основные надписи.

13. ГОСТ 2.105–95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
14. ГОСТ 2.109–73*. ЕСКД. Основные требования к чертежам.
15. ГОСТ 2.301–68*. ЕСКД. Форматы. ГОСТ 2.303–68*. ЕСКД. Линии.
16. ГОСТ 2.304–81*. ЕСКД. Шрифты чертежные.
17. ГОСТ 2.316–2008. ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения.
18. ГОСТ 2.414–75*. ЕСКД. Правила выполнения чертежей жгутов кабелей и проводов.
19. ГОСТ 2.415–68*. ЕСКД. Правила выполнения чертежей изделий с электрическими обмотками.
20. ГОСТ 2.416–68*. ЕСКД. Условные изображения сердечников магнито- проводов.
21. ГОСТ 2.701–2008. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
22. ГОСТ 2.702–2011. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
23. ГОСТ 2.705–70. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем обмоток и изделий с обмотками.
24. ГОСТ 2.709–89. ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.
25. ГОСТ 2.710–81*. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
26. ГОСТ 2.721–74*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
27. ГОСТ 2.722–68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические.

28. ГОСТ 2.723–68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители.
29. ГОСТ 2.726–68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Токоъемники.
30. ГОСТ 2.727–68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители.
31. ГОСТ 2.728–74*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.
32. ГОСТ 2.729–68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные.
33. ГОСТ 2.730–73*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые.
34. ГОСТ 2.731–81*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электровакуумные.
35. ГОСТ 2.732–68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники света.
36. ГОСТ 2.745–68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Электронагреватели, устройства и установки электротермические.
37. ГОСТ 2.747–68*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений.
38. ГОСТ 2.755–87. ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.
39. ГОСТ 2.756–76*. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств.
40. ГОСТ 2.767–89*. ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Реле защиты.
41. ГОСТ 2.768–90. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники электрохимические, электротермические и тепловые.

42. ГОСТ Р 21.101-2020 НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. Система проектной документации для строительства.

43. ГОСТ 21.110-2013 СПДС. Спецификация оборудования, изделий и материалов.

44. ГОСТ 21.112–87. СПДС. Подъемно-транспортное оборудование. Условные изображения.

45. ГОСТ 21.204–93. СПДС. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта.

46. ГОСТ 21.205–93. СПДС. Условные обозначения элементов санитарно- технических систем.

47. ГОСТ 21.206–93. СПДС. Условные обозначения трубопроводов.

48. ГОСТ 21.403–80. СПДС. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое.

49. ГОСТ 21.404–85. СПДС. Автоматизация технологических процессов.

50. ГОСТ 21.501-2018 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений.

51. ГОСТ 21.508–93. СПДС. Правила выполнения рабочей документации генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов.

52. ГОСТ 21.601–79*. СПДС. Водопровод и канализация. Рабочие чертежи.

53. ГОСТ 21.602-2016 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования.

54. ГОСТ 21.605–82*. СПДС. Сети тепловые (теплотехническая часть). Рабочие чертежи.

55. ГОСТ 21.607–82. СПДС. Электрическое освещение территории промышленных предприятий. Рабочие чертежи.
56. ГОСТ 21.608–84. СПДС. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи.
57. ГОСТ 21.609–83. СПДС. Газоснабжение. Внутренние устройства. Рабочие чертежи.
58. ГОСТ 21.611–85. СПДС. Централизованное управление энергоснабжением. Условные графические и буквенные обозначения вида и содержания информации.
59. ГОСТ 21.613–88. СПДС. Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи.
60. ГОСТ 21.210-2014. Система проектной документации для строительства. Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах.

Образец формы титульного листа для расчетно-графической работы

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.

Аммосова»

Физико-технический институт

Кафедра «Электроснабжение»

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

по дисциплине: «Общая энергетика»

Задание №4 ____

Выполнил:

ФИО (полностью в именительном падеже),

студент группы ЭС- ____

Проверил (а):

Фамилия И.О.,

ученая степень и должность преподавателя

ФТИ СВФУ им. М.К. Аммосова

(подпись)

Якутск, 202__ г.

⁴ Номер варианта определяется по последнему номеру зачетной книжки в соответствии с Приложением №1

Образец формы титульного листа для расчетно-графической работы

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.

Аммосова»

Физико-технический институт

Кафедра «Электроснабжение»

РЕФЕРАТ

по дисциплине: «Общая энергетика»

на тему:

«Название темы»

Выполнил:

ФИО (полностью в именительном падеже),

студент группы ЭС- ____

Проверил (а):

Фамилия И.О.,

ученая степень и должность преподавателя

ФТИ СВФУ им. М.К. Аммосова

(подпись)

Якутск, 202__ г.

2.2 Задания для самостоятельной работы (Рефераты)

Выполнить реферат на последующие темы с объемом не менее 20 листов формата А4, оформленный по требованиям ГОСТ:

1. Актуальность эксплуатации плотинных ГЭС на территории северной части Республики Саха (Якутия).
2. Актуальность эксплуатации плотинных ГЭС на территории южной части Республики Саха (Якутия).
3. Актуальность эксплуатации плотинных ГЭС на территории западной части Республики Саха (Якутия).
4. Актуальность эксплуатации плотинных ГЭС на территории восточной части Республики Саха (Якутия).
5. Актуальность эксплуатации деривационных ГЭС на территории северной части Республики Саха (Якутия).
6. Актуальность эксплуатации деривационных ГЭС на территории южной части Республики Саха (Якутия).
7. Актуальность эксплуатации деривационных ГЭС на территории западной части Республики Саха (Якутия).
8. Актуальность эксплуатации деривационных ГЭС на территории восточной части Республики Саха (Якутия).
9. Актуальность эксплуатации ГАЭС на территории южной части Республики Саха (Якутия).
10. Актуальность эксплуатации ГАЭС на территории центральной части Республики Саха (Якутия).
11. Исследование возможности внедрения малых ГЭС на территории южной части Республики Саха (Якутия).
12. Исследование возможности внедрения малых ГЭС на территории северной части Республики Саха (Якутия).
13. Исследование возможности внедрения малых ГЭС на территории западной части Республики Саха (Якутия).

14. Исследование возможности внедрения малых ГЭС на территории восточной части Республики Саха (Якутия).
15. Исследование возможности внедрения малых ГЭС на территории центральной части Республики Саха (Якутия).
16. Изучение возможности эксплуатации бесплотинных ГЭС на территории центральной части Республики Саха (Якутия).
17. Изучение возможности эксплуатации бесплотинных ГЭС на территории южной части Республики Саха (Якутия).
18. Изучение возможности эксплуатации бесплотинных ГЭС на территории северной части Республики Саха (Якутия).
19. Изучение возможности эксплуатации бесплотинных ГЭС на территории восточной части Республики Саха (Якутия).
20. Особенности выбора типа плотины для малых ГЭС в условиях Севера.
21. Особенности выбора типа плотины для больших ГЭС в условиях Севера.
22. Особенности выбора типа плотины для мини ГЭС в условиях Севера.
23. Особенности выбора типа гидротурбины для плотинных ГЭС в условиях Севера.
24. Особенности выбора типа гидротурбины для бесплотинных ГЭС в условиях Севера.
25. Особенности выбора типа гидротурбины для больших ГЭС в условиях Севера.
26. Особенности выбора типа гидротурбины для малых ГЭС в условиях Севера.
27. Особенности выбора типа гидротурбины для мини ГЭС в условиях Севера.

2.3 Задания для РГР

1. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 50%-го электроснабжения населенного пункта Верхняя Амга на летний период.

2. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 100%-го электроснабжения населенного пункта Верхняя Амга на летний период.

3. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 50%-го электроснабжения населенного пункта Саскылах на летний и осенний периоды.

4. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 100%-го электроснабжения населенного пункта Саскылах на летний и осенний периоды.

5. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 60%-го электроснабжения населенного пункта Белая Гора на летний и осенний периоды.

6. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 100%-го электроснабжения населенного пункта Саскылах на летний и осенний периоды.

7. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 50%-го электроснабжения населенного пункта Чагда на летний и осенний периоды.

8. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 100%-го электроснабжения населенного пункта Чагда на летний и осенний периоды.

9. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 70%-го электроснабжения населенного пункта Чагда на летний и осенний периоды.

10. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 70%-го электроснабжения населенного пункта Саскылах на летний и осенний периоды.

11. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта.

Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 10%-го электроснабжения населенного пункта Саскылах на летний и осенний периоды.

12. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 30%-го электроснабжения населенного пункта Саскылах на летний и осенний периоды.

13. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 100%-го электроснабжения населенного пункта Белая Гора на летний и осенний периоды.

14. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 10%-го электроснабжения населенного пункта Белая Гора на летний и осенний периоды.

15. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 80%-го электроснабжения населенного пункта Белая Гора на летний и осенний периоды.

16. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта.

Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 10%-го электроснабжения населенного пункта Верхняя Амга на летний период.

17. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 20%-го электроснабжения населенного пункта Верхняя Амга на летний период.

18. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 30%-го электроснабжения населенного пункта Верхняя Амга на летний период.

19. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 40%-го электроснабжения населенного пункта Верхняя Амга на летний период.

20. Выполнить технико-экономический расчет строительства ГЭС с обязательным учетом выбора типа ГЭС, перечня его генерирующего оборудования, и определения установленной мощности объекта. Подразумевается, что данный объект предназначен в целях 100%-го электроснабжения населенного пункта Абый на летний период.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

№	Населенный пункт
1.	Верхняя Амга
2.	Кутана
3.	Угоян
4.	Улуу
5.	Чагда
6.	Саскылах
7.	Юрюнг-Хая
8.	Абый
9.	Белая Гора
10.	Кенг-Кюель
11.	Кубергене
12.	Кюсюр
13.	Найба
14.	Намы
15.	Сиктях
16.	Таймылыр
17.	Алысардах
18.	Арылах
19.	Барылас
20.	Батагай

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

№	Населенный пункт	Выработка э/э, тыс. кВт*ч	ОШ, тыс. кВт*ч	Потребление ДТ, т.н.т	Удельный расход ДМ, гр/кВт*ч
1.	Верхняя Амга	16,255	15,936	9,791	12,37
2.	Кутана	687,413	681,708	202,641	3,35
3.	Угоян	350,393	344,867	104,278	2,83
4.	Улуу	485,663	480,216	154,051	3,57
5.	Чагда	455,146	453,166	128,456	3,34
6.	Саскылах	7391,541	7004,498	1837,225	2,99
7.	Юрюнг-Хая	3451,602	3347,223	857,230	1,59
8.	Абый	1073,381	1056,486	287,076	1,43
9.	Белая Гора	8298,609	8082,201	2069,717	3,86
10.	Кенг-Кюель	420,310	392,684	130,820	3,10
11.	Кубергене	847,600	840,640	237,149	3,80
12.	Кюсюр	3599,000	3218,060	874,469	5,90
13.	Найба	1040,754	975,306	301,871	2,07
14.	Намы	837,891	808,653	247,950	2,58
15.	Сиктях	300,290	273,243	90,024	3,88
16.	Таймылыр	1742,769	1621,539	494,004	7,53
17.	Алысардах	87,744	85,763	32,520	47,157
18.	Арылах	879,714	875,791	315,280	457,157
19.	Барылас	93,366	91,099	32,181	46,662
20.	Батагай	21645,139	20673,659	5350,053	7757,580

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Вид источника	Форма описания
Журнальные статьи	Автор. Статья / Авторы // Журнал. – Год. – Номер. – Страницы размещения статьи. Если над статьей работало более 4 человек, то в заглавии один из них не упоминается.
Монографии	Автор. Название. / Авторы – Номер. – Город и издательство, год выпуска. – Страницы, на которых размещена работа. Разрешается не использовать знаки тире при оформлении данного описания, а обходиться лишь точками для разделения отдельных частей. Если при написании использовались труды других авторов, то их можно упомянуть в общем перечислении, либо дописать в квадратных скобках в качестве отдельной части.
Авторефераты	Автор. Название работы: (регалии автора). – Город, год издания. – Количество страниц.
Диссертации	Автор. Название: (после двоеточия можно указать статус работы и регалии автора). – Город, год издательства. – Страницы, на которых размещена работа или общее количество страниц.
Обзоры (аналитика)	Название / Автор. – Город: Издательство, год выпуска. – Количество страниц.
Патенты	Патент РФ Номер, дата выпуска
	Авторы. Название // Патент России Номер, год. Номер бюллетеня.
Материалы конференций	Название. Тема конференции, Город, год выпуска. Количество страниц.
	Автор. Название // Тема конференции (Место и дата проведения) – Город, год выпуска. – Страницы, на которых напечатана работа, либо их количество.
Интернет-документы	URL, дата обращения к ресурсу.
	Название работы / Автор. URL (дата обращения по ссылке).
Учебники	Автор. Название / Авторы. – Город: Издательство, год выпуска. – Количество страниц. При авторстве 4-х и более человек оформление производится аналогично журнальным статьям.
Учебные пособия	Название / (Авторы работ) // Редактор. – Город: Издательство, год выпуска. – Количество страниц.
Словари	Автор. Название / Авторы. – Город: Издательство, год выпуска. – Количество страниц.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Местников, Н. П. Актуальность внедрения малых ГЭС с комбинацией СЭС в условиях Крайнего Севера / Н. П. Местников // XVIII Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов в г. Нерюнгри, с международным участием, посвященной 25-летию со дня образования Технического института (филиала) СВФУ : Материалы конференции. Секции 1-3, Нерюнгри, 30 марта – 01 2017 года. – Нерюнгри: Технический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова" в г. Нерюнгри, 2017. – С. 31-35.
2. Местников, Н. П. Актуальность эксплуатации малых ГЭС в условиях Крайнего Севера / Н. П. Местников // Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук : Сборник научных трудов по материалам международной научной конференции, Санкт-Петербург, 12 декабря 2016 года. – Санкт-Петербург: Международная Научно-Исследовательская Федерация "Общественная наука", 2016. – С. 39-42. – DOI 10.18411/spc-12-12-2016-10.
3. Регионально-отраслевые нормы: «Определение сметной стоимости строительства и проектирования малых и микроГЭС для горных районов Таджикистана». РОСН 2-91, Душанбе, 1991г
4. Бабурин Б. Л., Файн И. И. Экономическое обоснование гидроэнергостроительства. «Энергия», Москва, 1975г.
5. Авазов Т. А., Петров Г. Н. Гидроэнергетика Таджикистана, как основа развития всего энергетического комплекса. Экономика Таджикистана: стратегия развития. Душанбе, 2003г. №3
6. Специализированный сайт "Энергетика, настоящее и будущее". [Электронный ресурс]: режим доступа: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-2/section-2/2-4> (дата обращения: 05.08.2021).
7. Корпоративный сайт ПАО «Русгидро». [Электронный ресурс]: режим доступа: <http://blog.rushydro.ru/?p=3433> (дата обращения: 06.08.2021).
8. Корпоративный сайт АО «ИНСЭТ». [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://inset.ru/produkcija/propeller-turbines/> (дата обращения: 06.08.2021).
9. Б.С. Блинов. Гирляндная ГЭС. Учебное пособие. М.-Л. Госэнергоиздат, 1963 г. 64 стр. [Электронный ресурс]: режим доступа: http://lib.hydropower.ru/books/doc_00025469.pdf (дата обращения: 06.08.2021).

10. Экоток. Альтернативная энергетика. [Электронный ресурс]: режим доступа: http://www.ecotoc.ru/alternative_energy/gidroenergetik/d709/ (дата обращения: 06.08.2021).
11. Местников, Н. П. Актуальность эксплуатации ВЭУ в условиях Крайнего Севера / Н. П. Местников // Электроэнергетика глазами молодежи : труды VI международной научно-технической конференции, Иваново, 09–13 ноября 2015 года. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2015. – С. 260-263.
12. Местников, Н. П. Актуальность эксплуатации малых ГЭС в условиях Крайнего Севера / Н. П. Местников // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей победителей II Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 декабря 2016 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2016. – С. 127-129.
13. Местников, Н. П. Актуальность эксплуатации малых ГЭС в условиях крайнего севера / Н. П. Местников // Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук : Сборник научных трудов по материалам международной научной конференции, Санкт-Петербург, 12 декабря 2016 года. – Санкт-Петербург: Международная Научно-Исследовательская Федерация "Общественная наука", 2016. – С. 39-42. – DOI 10.18411/sprc-12-12-2016-10.
14. Местников, Н. П. Актуальность эксплуатации малых ГЭС при комбинации с СЭС в условиях Крайнего Севера / Н. П. Местников // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Кемерово, 13–15 декабря 2017 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. – С. 148.
15. Местников, Н. П. Актуальность эксплуатации малых ГЭС в условиях Крайнего Севера / Н. П. Местников // Актуальные вопросы энергетики : Материалы 5-й Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной профессиональному празднику "День энергетика", Благовещенск, 20 декабря 2016 года / Ответственный редактор О.А. Пустовая. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. – С. 128-132.
16. Местников, Н. П. Актуальность внедрения малых ГЭС с комбинацией СЭС в условиях Крайнего Севера / Н. П. Местников // МНСК-2017: Экономика : Материалы 55-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 17–20 апреля 2017 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2017. – С. 170-171.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ВИДЕОМАТЕРИАЛЫ

1. Как работает электростанция? [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=z0gqTB0KJI8> .
2. Чиркейская ГЭС. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=DMM7G0fIIoI> .
3. Принцип работы гидроагрегата на примере Бурейской ГЭС. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=UUKVA-YDSA> .
4. Наука 2.0. Элементарно о ГЭС. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=De47OX2oSF8> .
5. Сравнение турбин Пелтона, Френсиса и Каплана. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=6IXliOjof6o> .
6. Как меняют гидротурбины? ПАО «Русгидро». [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=hi5SL4YnbOQ> .
7. Гидротурбина как сердце ГЭС. Мини-курс от РусГидро. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=dyzAwHjKb7Q> .
8. Саратовская ГЭС. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=1EnMsv8rTo0> .
9. Как мы можем построить мини гидроэлектростанцию? [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=WiJiE9sndrg> .
10. Мини ГЭС гидроагрегат 200 кВт. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=5zhc5gFTFY4> .
11. Микро ГЭС на Колбаусе Турочак Горный Алтай. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=v187oIzM5qM> .
12. Определение прогнозной мощности свободнопоточной Мини ГЭС. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=4iUbgvomm3U> .
13. Вихревая гидротурбина. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=V5e3zG8uHOY> .
14. Мини гидроэлектростанция. Китай. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=aYhGd-XzPQo> .
15. Перенос ротора гидрогенератора Саяно-Шушенской ГЭС. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=LWFhulqgjhU> .
16. Самодельная ГЭС. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=V0tlwl5kPPs> .

Учебное издание
Местников Николай Петрович

**ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА**
Учебное пособие. Часть 1.

Дата подписания к использованию 06.09.2021.

Тираж 10 экз. Заказ №

Издательство
Отпечатано с готовых оригинал-макетов
в типографии ООО РИЦ «ОФСЕТ»
677008, г. Якутск, ул. Билибина, 10А, тел. 36-92-91