

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. КЛАССИФИКАЦИЯ ГАЭС	7
1.1. Классификация по схеме аккумулярования	7
1.2. Классификация по длительности цикла аккумулярования.....	7
1.3. Классификация по схеме концентрации напора.....	8
2. ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ГАЭС.....	13
2.1. Основные положения, исходные данные.....	13
2.2. Определение полезного объема бассейнов ГАЭС	13
2.3. КПД цикла аккумулярования.....	15
2.4. Параметры ГАЭС по результатам водно-энергетических расчетов.....	15
2.5. Режимный график работы ГАЭС.....	16
3. ОБРАТИМЫЕ ГИДРОМАШИНЫ ГАЭС.....	18
3.1. Классификация	18
3.2. Методика подбора обратимых гидромашин с использованием обобщенных эмпирических зависимостей.....	22
3.3. Подбор обратимых гидромашин по четырехквadrантным универсальным характеристикам.....	24
3.4. Влияние характеристик обратимых гидромашин на выбор диапазона рабочих напоров ГАЭС.....	28
4. КОНСТРУКЦИИ И КОМПОНОВКИ СООРУЖЕНИЙ ГАЭС	29
4.1. Верхние бассейны	29
4.2. Водоприемники-водовыпуски верхних бассейнов	33
4.3. Водоприемники-водовыпуски нижних бассейнов	35
4.4. Водоводы ГАЭС	38
4.4.1. Компоновка, классификация	38
4.4.2. Верховые деривационные водоводы	38
4.4.3. Верховые станционные водоводы.....	39
4.4.4. Низовые водоводы ГАЭС	44
4.5. Здания ГАЭС.....	46
4.5.1. Наземные здания ГАЭС	46
4.5.2. Подземные здания ГАЭС.....	51
4.5.3. Полуподземные здания ГАЭС.....	56
4.6. Нижние бассейны ГАЭС.....	57

5. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ГАЭС	59
5.1. Виды переходных процессов ГАЭС с обратимыми двухмашинными гидроагрегатами.....	59
5.2. Пуски обратимых агрегатов в насосный режим работы.....	60
5.3. Сбросы нагрузки.....	61
5.4. Процессы потери привода	64
5.5. Перевод обратимых агрегатов ГАЭС из одного режима работы в другой.....	65
6. ПРИНЦИПЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЭС.....	67
6.1. Основные положения методики.....	67
6.2. Определение составляющих затрат по ГАЭС	67
6.3. Определение затрат по альтернативному варианту ГТУ	68
6.4. Пример расчета экономической эффективности ГАЭС	69
6.5. Технико-экономическое обоснование максимальной скорости в энергетическом водоводе ГАЭС	73
6.6. Определение составляющих суммарных затрат при расчете экономически наивыгоднейшей скорости в водоводе ГАЭС.....	74
6.6.1. Затраты по энергетическому водоводу ГАЭС	74
6.6.2. Затраты по заменяющей ГТУ и ее топливной базе	74
6.6.3. Затраты по топливной базе ТЭС	74
6.7. Пример расчета экономической скорости в напорном водоводе ГАЭС.....	75
Заключение.....	77
Контрольные вопросы.....	77
Библиографический список.....	78

ВВЕДЕНИЕ

Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) — это специальный тип гидроэлектростанции, работающей как в режиме генерации, так и в режиме потребления электроэнергии. Основное назначение — уменьшение неравномерности графика нагрузки энергосистемы за счет потребления энергии в часы минимума нагрузок и выдачи ее в часы максимального энергопотребления.

При проектировании и эксплуатации ГАЭС решается большой комплекс вопросов, многие из которых схожи с решаемыми для речных ГЭС. В то же время имеется и специфика, которая присуща только этому особому типу гидроэнергетических установок.

Учебное пособие состоит из шести глав. В главе 1 дана общая классификация ГАЭС, показаны состав и компоновки основных сооружений. В главе 2 представлена методика водно-энергетических расчетов. Глава 3 посвящена основному гидроэнергетическому оборудованию. В главе 4 дано описание подходов к проектированию отдельных гидросооружений ГАЭС. В главе 5 представлены классификация и описания переходных процессов. В главе 6 приведены методики экономического обоснования.

В учебном пособии даны практические примеры расчетов, а также справочный материал, позволяющий использовать его при выполнении курсовых и дипломных проектов.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ГАЭС

1.1. Классификация по схеме аккумулярования

Схема аккумулярования определяется условиями заполнения верхнего бассейна, обеспечивающего запас потенциальной энергии ГАЭС. По этому показателю различают:

– ГАЭС простого аккумулярования (далее — ГАЭС), характерным признаком которой является отсутствие притока воды в верхний бассейн. Потери воды на испарение и фильтрацию компенсируются притоком в нижний бассейн;

– ГЭС – ГАЭС, имеющие приточность в верхний бассейн, достаточную для того, чтобы, срабатывая его в турбинном режиме, давать существенную дополнительную выработку энергии. ГЭС – ГАЭС имеют в составе основного оборудования как турбинные гидроагрегаты, так и обратимые или насосные. Необходимым для таких станций является наличие в нижнем бьефе бассейна с объемом воды, достаточным для обеспечения работы в насосном режиме.

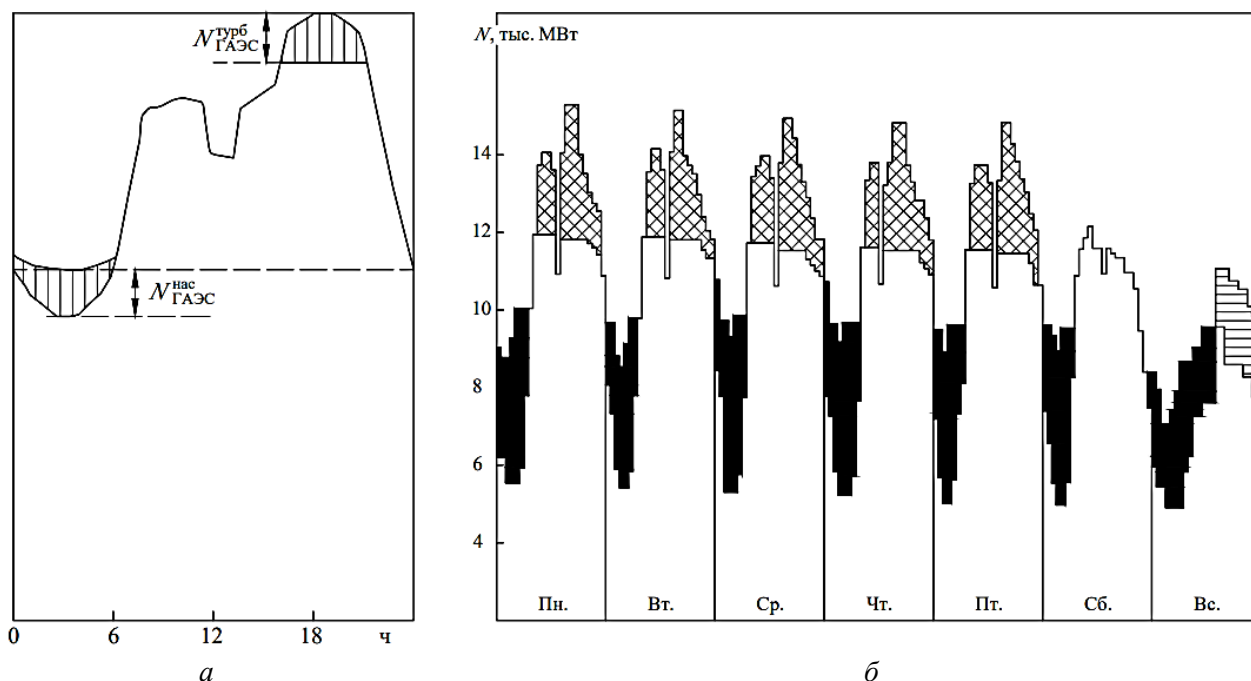
На ГАЭС простого аккумулярования выработка в режиме разряда (турбинном) на 25...30 % меньше, чем при работе в режиме заряда (насосном). На ГЭС – ГАЭС выработка в режиме разряда больше, чем в режиме заряда, и она зависит от объема притока в верхний бассейн.

1.2. Классификация по длительности цикла аккумулярования

Под **циклом аккумулярования** понимают период, за который происходят полная сработка и наполнение бассейна ГАЭС. По длительности цикла различают ГАЭС с суточным и недельным циклом аккумулярования.

На рис. 1.1 показан режим работы ГАЭС с *суточным* циклом аккумулярования. Режим заряда продолжается обычно в течение 5...6 ч ночного периода, а режим разряда — в течение 3...5 ч в вечерний период максимальных нагрузок потребителей. Время работы ГАЭС изменяется в течение года в соответствии с трансформацией графиков нагрузки энергосистемы.

На рис. 1.1, б показан режим работы ГАЭС с *недельным* циклом аккумулярования. Дополнительный заряд — потребление энергии происходят в два выходных дня, его энергия распределяется между пиковыми периодами пяти рабочих суток.



1.3. Классификация по схеме концентрации напора

На ГАЭС могут быть реализованы все известные схемы концентрации (создания) напора: деривационная, плотинная и комбинированная.

Деривационная схема получила наибольшее распространение. Напор создается за счет естественного перепада высот на местности между верхним и нижним бассейнами, которые связаны напорными водоводами. Состав сооружений для варианта с *наземным* расположением основных сооружений представлен на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Схема сооружений ГАЭС простого аккумулятивного типа с наземным расположением сооружений

В наземном варианте два бассейна, верхний и нижний, соединены открытыми напорными водоводами. Здание ГАЭС расположено в примыкании к нижнему бассейну. Низовой водоприемник-водоотпуск входит в состав здания ГАЭС, верховой — размещен в примыкании к верхнему бассейну.

Верхний бассейн обычно выполняется в виде искусственной емкости, образованной выемкой и ограждающими невысокими грунтовыми плотинами. Основание верхнего бассейна «чистой» ГАЭС тщательно изолируется для исключения фильтрации.

Нижний бассейн обычно образуется на небольшом водотоке. В этом случае в состав сооружений нижнего бассейна входят: глухая (бетонная или грунтовая) плотина; водосливная плотина с донными отверстиями для промыва наносов; рыбопропускное сооружение (при необходимости). Приточность в нижний бассейн используется для обеспечения первичного наполнения верхнего бассейна, а также восполнения потерь воды на испарение и фильтрацию.

Состав сооружений ГЭС – ГАЭС с *подземным* расположением основных сооружений показан на рис. 1.3. Конструкция верхнего и нижнего бассейнов та же, что и в наземном варианте. Здание ГАЭС — подземного типа в виде двух (реже – трех) параллельных выработок. В выработке, ближней к верхнему бассейну, располагаются аварийно-ремонтные затворы; в средней выработке — гидроагрегаты и проточная часть обратимых гидромашин (турбинные камеры и отсасывающие трубы), краны машзала, системы и хозяйства, электрическая часть генераторного напряжения; в выработке со стороны нижнего бассейна — ремонтные затворы отсасывающих труб.

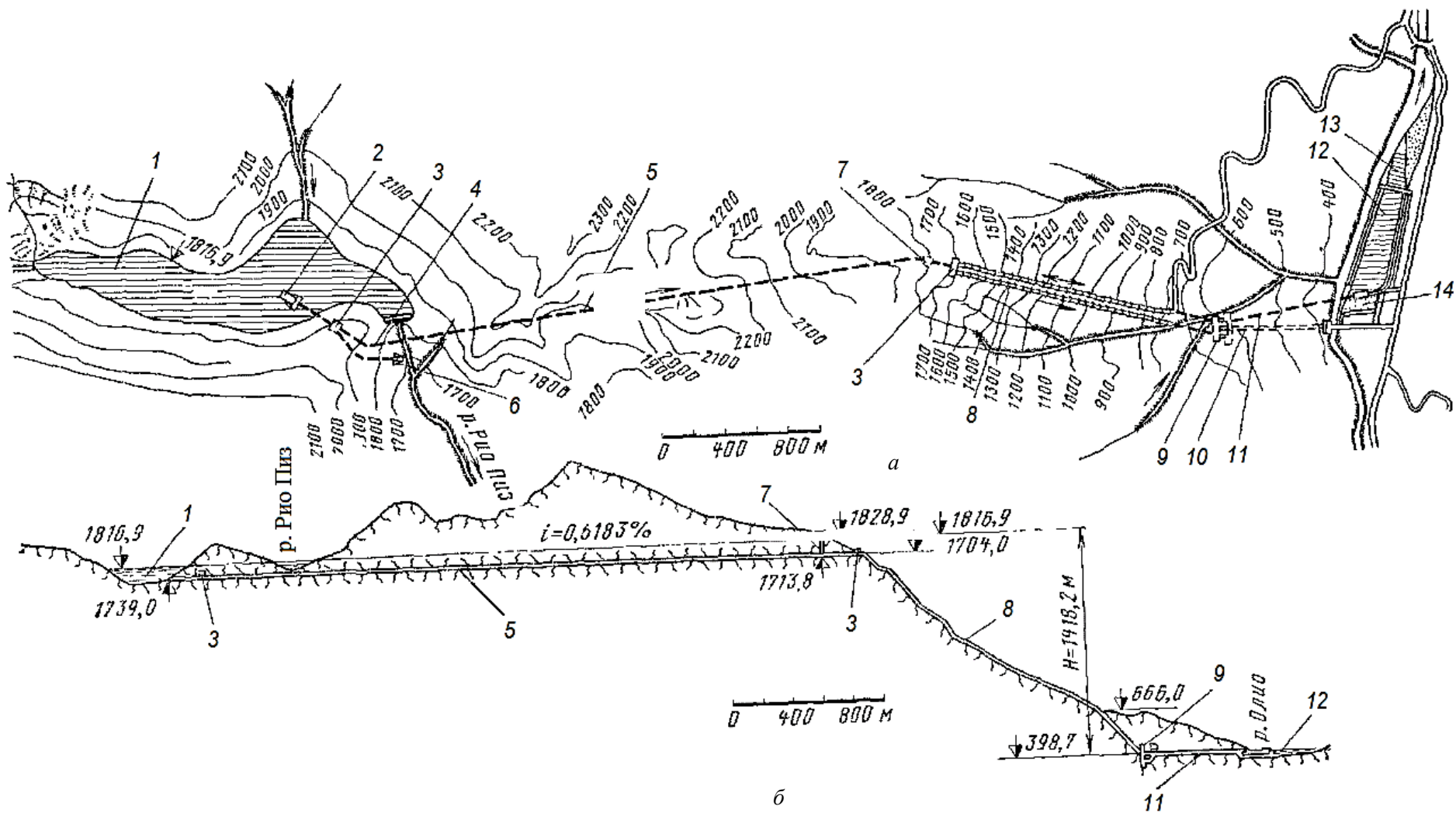


Рис. 1.3. ГЭС – ГАЭС с подземным расположением сооружений:

- a* — план; *б* — разрез по напорному тракту; 1 — верховой бассейн; 2 — водоприемник-водовыпуск; 3 — помещение затворов; 4 — плотина верхнего бассейна; 5 — верховой деривационный водовод; 6 — подходная штольня; 7 — уравнильный резервуар; 8 — верховой станционный водовод; 9 — подземное здание; 10 — транспортный туннель; 11 — низовой водовод; 12 — нижний бассейн; 13 — водосливная плотина; 14 — ОРУ

При длине подводящих водоводов менее 1000 м они, как правило, наклонные и индивидуальные — по количеству гидроагрегатов. При длине более 1000 м экономичнее будет сооружение одного магистрального деривационного водовода с развилкой на индивидуальные водоводы. Для уменьшения гидроудара при переходных процессах, в конце деривационного водовода устанавливается уравнивающий резервуар. Также он устанавливается и на отводящих напорных водоводах, если их длина превышает 150...200 м (подробно см. в разд. 4.4.4).

Возможно применение деривационной схемы создания напора на существующих каскадах речных ГЭС. В этом случае реализуется схема ГЭС – ГАЭС, которая использует в качестве бассейнов существующие водохранилища. Примером такого решения является проект Переволокской ГЭС – ГАЭС на р. Волге, использующей в качестве верхнего бассейна водохранилище Жигулевской ГЭС, а в качестве нижнего — водохранилище Саратовской ГЭС (рис. 1.4). Установленная мощность Переволокской ГЭС – ГАЭС намечалась равной 2450 МВт. Общее количество агрегатов — 21, из которых 6 агрегатов общей мощностью в турбинном режиме 450 МВт — обратимые [4].

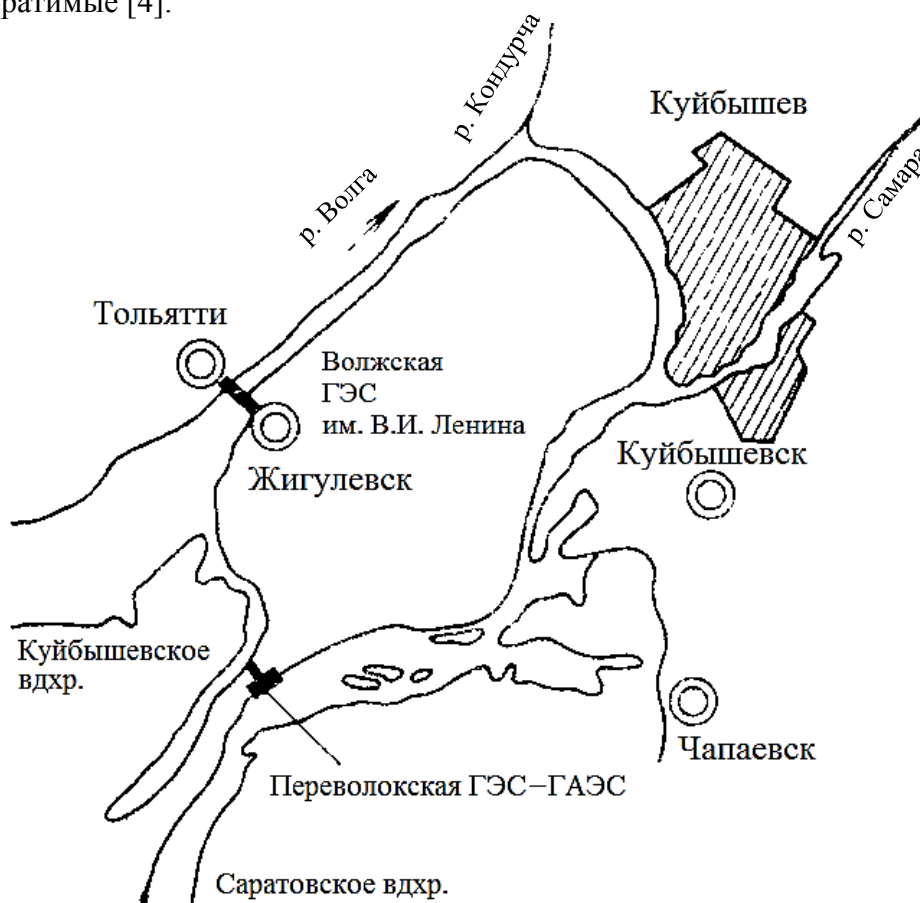


Рис. 1.4. Схематический план Переволокской ГЭС – ГАЭС (проект 1990 г.)

Деривационная схема создания напора характерна также для ГАЭС с подземным бассейном (рис. 1.5).

Устройство искусственных нижних бассейнов на большой глубине может быть оправдано тогда, когда отсутствуют естественные перепады рельефа, необходимые для создания эффективных ГАЭС, и имеются благоприятные геологические условия для устройства крупных подземных сооружений. Как показывает анализ стоимости ГАЭС мощностью 1000 МВт при наземном и подземном расположении нижних бассейнов, последние более эффективны, если напор ГАЭС примерно в 3 раза превышает напор сравниваемого наземного варианта [4; 5].

При напорах до 1000 м на ГАЭС могут быть установлены многоступенчатые обратимые гидромашины, на напоры до 1500 м — трех- или четырехмашинные.

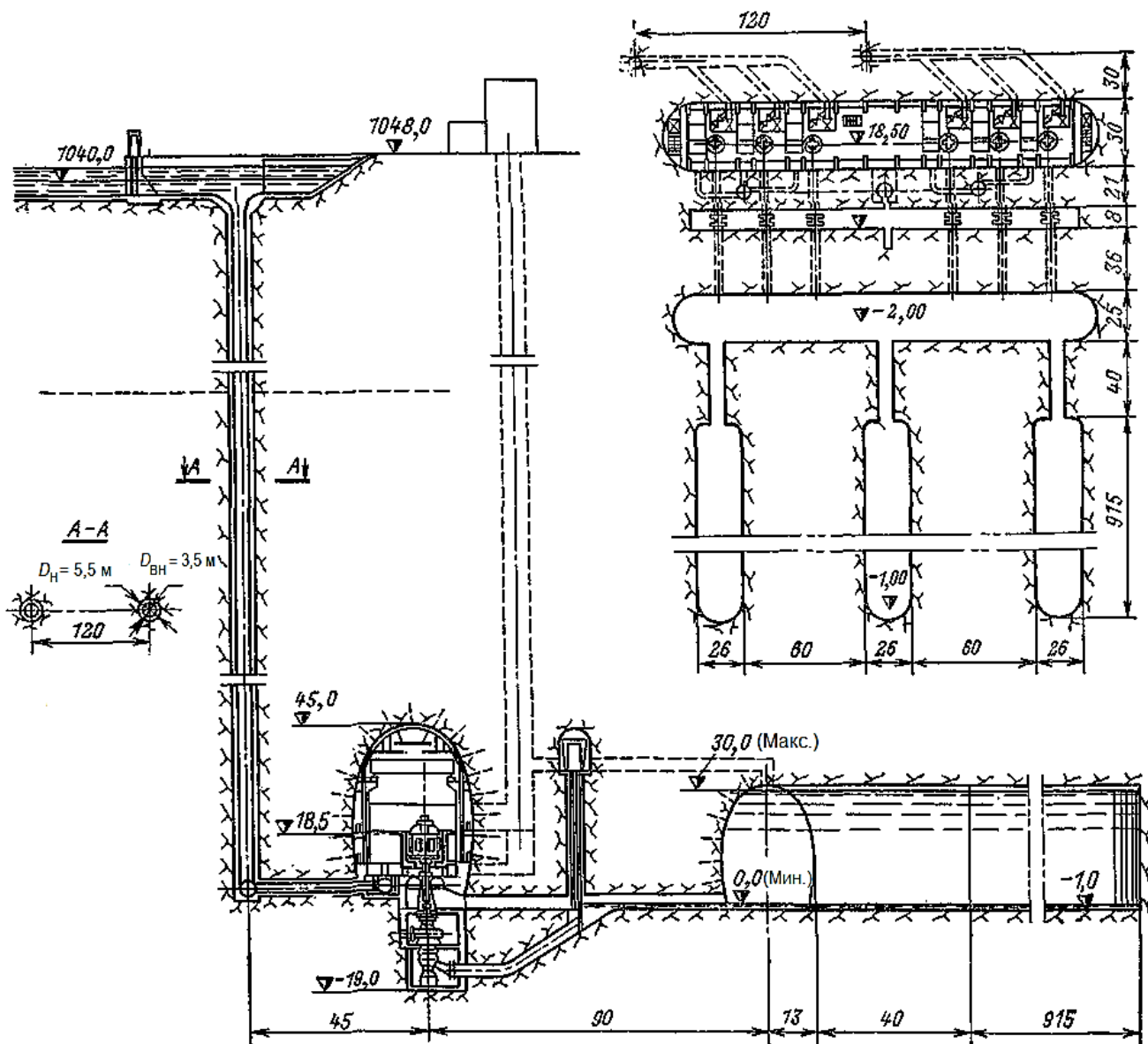


Рис. 1.5. ГАЭС с подземным нижним бассейном и трехмашинными обратимыми агрегатами

По условиям напряженно-деформированного состояния скального массива предельно возможной глубиной заложения ГАЭС с подземным бассейном считают 1200...1300 м. Высокий напор позволяет существенно уменьшить объем верхнего бассейна, что положительно сказывается на показателях экономической эффективности. Дополнительным положительным фактором является возможность типизации таких ГАЭС в части оборудования, конструкций и методов производства строительного-монтажных работ.

Плотинная схема создания напора является характерной для ГЭС – ГАЭС. В машинном зале таких станций наряду с агрегатами ГЭС устанавливаются обратимые агрегаты с насос-турбинами. ГЭС – ГАЭС позволяют в период межени увеличить объем воды, поступающий в водохранилище верхнего бьефа, и получить дополнительную выработку в турбинном режиме. Такие станции не отличаются по составу сооружений от классической приплотинной или русловой ГЭС. Однако требуется наличие нижнего бассейна, который должен быть создан нижележащим гидроузлом (рис. 1.6).

Комбинированная схема создания напора может быть реализована на ГЭС – ГАЭС в системе переброски стока. Пример такой станции показан на рис. 1.7. Верхний и нижний бассейны создаются плотинами на соседних водотоках. Основная составляющая напора обеспечивается деривацией, как правило напорной, за счет естественного перепада высот на местности.

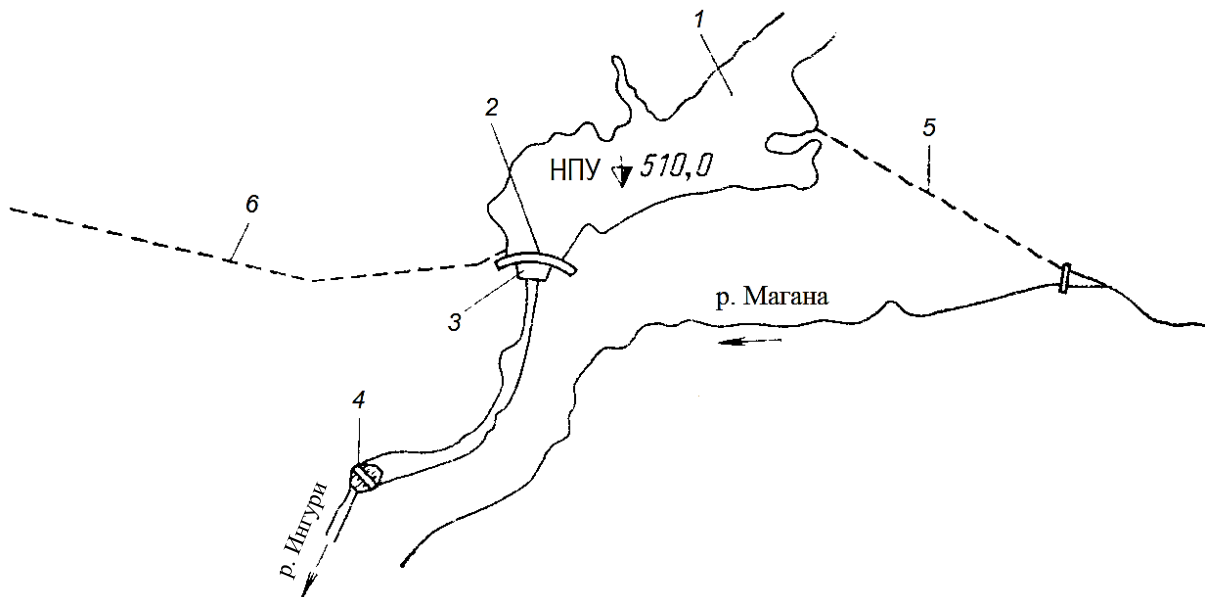


Рис. 1.6. ГЭС – ГАЭС с плотинной схемой создания напора (проект):
 1 — водохранилище Ингури ГЭС; 2 — плотина; 3 — приплотинное здание ГЭС – ГАЭС;
 4 — земляная плотина; 5 — туннель переброски р. Маганы; 6 — напорная деривация Ингури ГЭС

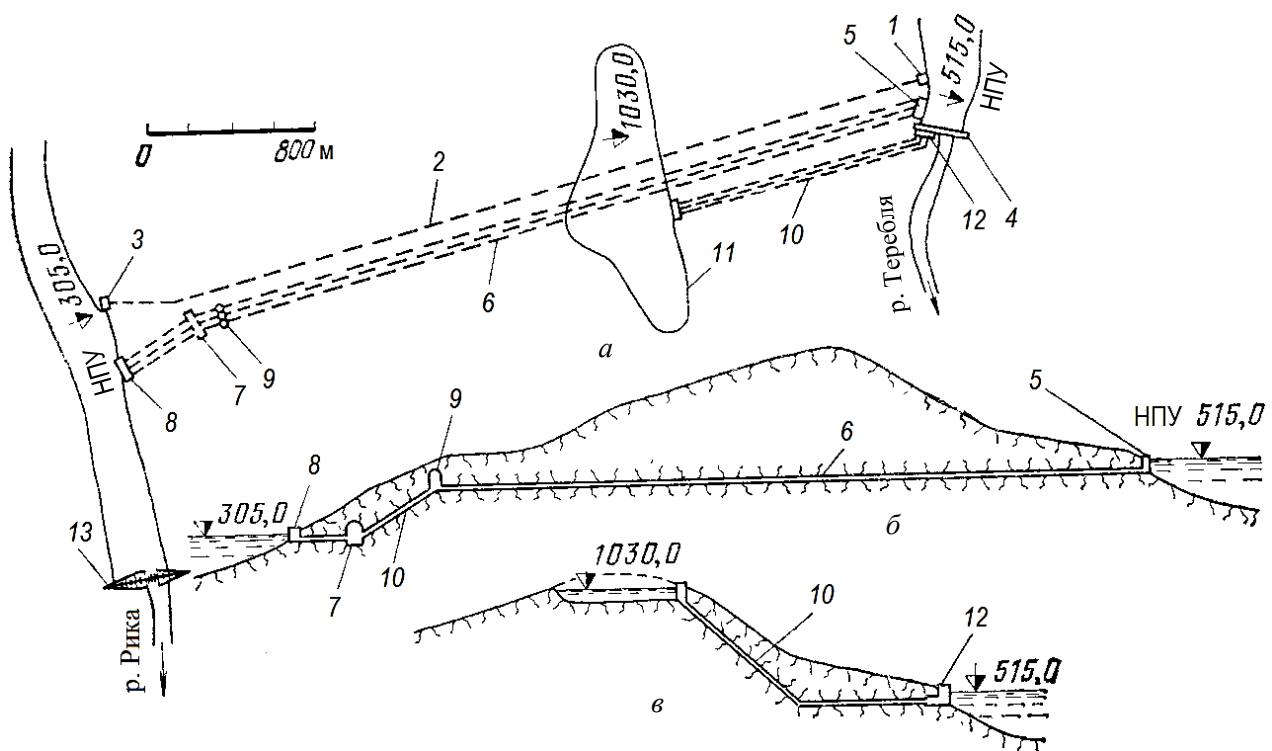


Рис. 1.7. ГЭС – ГАЭС с комбинированной схемой концентрации напора:
 а — план; б — разрез по напорному энергетическому тракту ГЭС; в — то же ГАЭС;
 1 — водоприемник ГЭС; 2 — деривационный туннель ГЭС; 3 — здание ГЭС; 4 — плотина;
 5 — водоприемник ГАЭС; 6 — подводящие низконапорные туннели ГАЭС;
 7 — подземный машинный зал ГАЭС; 8 — водоприемник-водовыпуск ГАЭС;
 9 — уравнильные резервуары ГАЭС; 10 — подводящие высоконапорные туннели ГАЭС;
 11 — верхний бассейн ГАЭС; 12 — здание ГАЭС; 13 — плотина нижнего бассейна

2. ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ГАЭС

2.1. Основные положения, исходные данные

Водно-энергетические расчеты (ВЭР) ГАЭС — важный исходный этап проектирования. В отличие от ГЭС проектная выработка и установленная мощность ГАЭС в режиме генерации являются исходными параметрами. В качестве исходного принимается и наиболее напряженный суточный график нагрузки энергосистемы, в котором предполагается работа ГАЭС.

Искомыми параметрами являются объемы верхнего и нижнего бассейнов, диапазон изменения напоров, расходов и мощностей ГАЭС, режимы сработки и наполнения бассейнов, параметры насосного режима работы, потери напора.

Параметры ГАЭС уточняются в процессе водно-энергетических расчетов. Состав исходных данных представлен в табл. 2.1. В ходе расчетов добавляются исходные данные по батиграфическим характеристикам бассейнов, параметрам водоводов и основного оборудования ГАЭС.

Таблица 2.1

Пример исходных параметров для выполнения ВЭР ГАЭС

Параметр	Размерность	Значение
Установленная мощность турбинного режима	кВт	1 200 000
Время работы в расчетном суточном графике нагрузки энергосистемы	ч	5
Суточная выработка турбинного режима	кВт·ч	6 000 000
Средний напор турбинного режима	м	98

Выработка энергии \mathcal{E} в проектных расчетах обычно принимается как произведение установленной мощности ГАЭС на расчетную продолжительность ее использования. При детальном расчете должны быть учтены изменения отдаваемой мощности за период турбинного режима ГАЭС.

2.2. Определение полезного объема бассейнов ГАЭС

Полезный объем бассейнов ГАЭС $W_{\text{пол}}$ в значительной мере зависит от выработки и напора $H_{\text{турб}}$. Установив на расчетном перспективном графике суточной нагрузки желаемую зону работы ГАЭС, можно определить выработку турбинного режима и в первом приближении — необходимый полезный объем $W_{\text{пол}}$, м³, бассейнов ГАЭС [4; 5; 7]:

$$W_{\text{пол}} = \frac{367,2\mathcal{E}}{H_{\text{турб}} \eta_{\text{турб}} \eta_{\text{ген}}}, \quad (2.1)$$

где \mathcal{E} , $H_{\text{турб}}$, $\eta_{\text{турб}}$, $\eta_{\text{ген}}$ — соответственно расчетная суточная выработка энергии ГАЭС, средний напор, КПД турбины и генератора.

В дальнейшем полезный объем бассейна может корректироваться с учетом фактического изменения напора ГАЭС. Для этого в расчет вводятся данные по батиграфическим характеристикам бассейнов. Выполняется расчет изменения уровней в бассейнах во времени с учетом заданного режима работы ГАЭС в наиболее напряженном графике нагрузки энергосистемы, потерь напора, а также фактических расходов турбинного и насосного режимов с учетом характеристик гидромашин.

В условиях отсутствия приточности полезный объем будет равен максимальному объему, поступающему в него через гидроагрегаты ГАЭС.

Суммарный объем бассейна ГАЭС в общем случае складывается из трех составляющих: полезного, мертвого и аварийного объемов. *Мертвый* объем назначается по условиям допустимой сработки бассейна при работе в турбинном режиме, чтобы не допустить засасывания воздуха в водовод через водоприемник; *аварийный* — исходя из заданного времени работы ГАЭС в турбинном режиме в течение 0,5...1,0 ч.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru