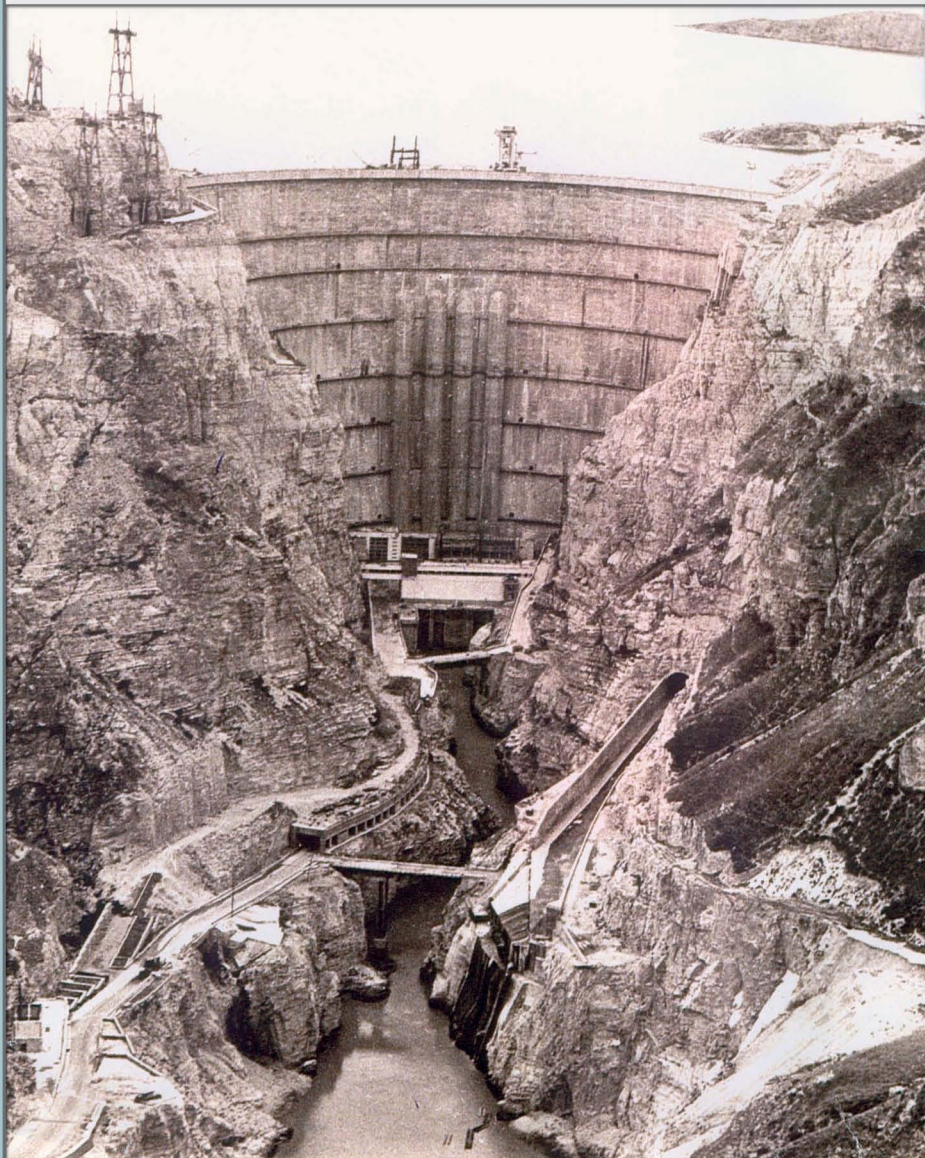


**Б.М. ЕРАХТИН
В.М. ЕРАХТИН**



**СТРОИТЕЛЬСТВО
ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ
В РОССИИ**

Б.М. Ерахтин
В.М. Ерахтин

СТРОИТЕЛЬСТВО ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РОССИИ

(Учебно-справочное пособие гидростроителя)



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва 2007

Рецензенты: кафедра технологии, организации и экономики строительства Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (зав. кафедрой, проф., д.т.н. *Н.И. Ватин*); кафедра водных путей и гидротехнических сооружений Волжской государственной академии водного транспорта (зав. кафедрой, доц. *А.А. Сазонов*); гл. научн. сотр. Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева, д.т.н. *В.Б. Судаков*.

Ерахтин Б.М., Ерахтин В.М.

Строительство гидроэлектростанций в России. Учебно-справочное пособие для вузов и инженеров гидростроителей. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 732 с.

ISBN 978-5-93093-494-6

В настоящей работе прослеживается путь развития отечественного гидростроительства и обосновывается возможность подъема экономики России путем качественной перестройки ее энергетики на базе национального богатства страны – неисчерпаемых водно-энергетических ресурсов ее рек.

Авторами – активными участниками строительства многих гидроузлов – на основе анализа технической литературы и многолетнего производственного опыта рассматриваются вопросы организации строительства и управления работами при возведении крупных ГЭС, расположенных на территориях, веками входивших в состав России. Все они построены ее специалистами, ее техникой и нередко методами, существенно отличавшимися от зарубежных.

Работа рассчитана на строителей и проектировщиков гидротехнических сооружений, студентов гидротехнических факультетов высших учебных заведений, а также на специалистов, занимающихся вопросами экономики и развития страны.

ISBN 978-5-93093-494-6

© Б.М. Ерахтин,
В.М. Ерахтин, 2007

Оригинал-макет является собственностью Издательства АСВ

СОДЕРЖАНИЕ

Обозначения основных величин.....	3
Основные индексы в формулах	3
Основные сокращения	4
Предисловие.....	9
Введение.....	14
Глава 1. Основы организации гидротехнического строительства.....	18
1.1. Выбор ГЭС.....	18
1.2. Организация проектирования ГЭС.....	20
1.3. Формы организации строительства ГЭС	25
1.4. Строительные и монтажные организации в гидростроительстве	27
1.5. Периоды (этапы строительства гидроэлектростанций).....	30
Глава 2. Компоновка сооружений и организация строительства гидроузла ...	33
2.1. Компоновка гидроузлов по производству работ.....	33
2.2. Гидроузлы с русловыми ГЭС и земляными плотинами.....	35
2.3. Гидроузлы с бетонными плотинами и приплотинными ГЭС.....	40
2.4. Гидроузлы с грунтовыми плотинами и береговыми ГЭС	45
2.5. Гидроузлы в узких створах.....	50
2.6. Деривационные ГЭС.....	54
2.7. Гидроузлы с плотинами из укатанного бетона.....	59
Глава 3. Пропуск строительных расходов.....	63
3.1. Схема пропуска расходов и расчетный строительный расход	63
3.2. Пропуск расходов секционированием русла	65
3.2.1. Гидравлический расчет секционирования русла	68
3.3. Обеспечение судоходства в период строительства ГЭС	82
3.4. Пропуск расходов в узких створах	86
3.4.1. Гидравлический расчет безнапорного тоннеля.....	88
3.4.2. Гидравлический расчет напорного тоннеля	92
3.5. Пропуск строительных расходов комбинированным способом.....	98
3.5.1. Комбинированный пропуск расходов при грунтовых плотинах....	98
3.5.2. Комбинированный пропуск расходов при бетонных плотинах	101
3.6. Выбор способа пропуска строительных расходов	109
3.7. Сооружение строительных тоннелей	113
3.7.1. Конструкция тоннеля и производство работ	113
3.7.2. Основы организации тоннельных работ.....	115
3.7.3. Организация тоннельных работ на Чиркейской ГЭС.....	118
Глава 4. Перекрытие русел рек.....	126
4.1. Цель и время перекрытия русла	126
4.2. Способы перекрытия русел	127
4.3. Схема перекрытия и подготовка к замыканию прорана	142
4.4. Организация работ по замыканию прорана.....	148
4.5. Гидравлический расчет перекрытия.....	150
4.6. Выбор способа и схемы перекрытия	165
Глава 5. Строительство и эксплуатация котлованов гидроузлов.....	168
5.1. Организация котлованов и перемычки	168
5.2. Конструкции перемычек.....	171
5.2.1. Земляные перемычки	171
5.2.2. Каменно-земляные перемычки	174
5.2.3. Ряжевые перемычки	176
5.2.4. Перемычки из шпунта.....	182

5.2.5. Бетонные перемычки	189
5.2.6. Перемычки смешанной конструкции	190
5.3. Расчет перемычек	192
5.4. Разборка и выбор перемычек	199
5.5. Эксплуатация котлованов гидроузлов.....	204
5.5.1. Начальное осушение котлованов.....	204
5.5.2. Открытый водоотлив	205
5.5.3. Грунтовое водопонижение	208
5.6. Организация работ по осушению котлованов.....	211
5.7. Расчет начального осушения котлованов	218
Глава 6. Подготовка створов и разработка котлованов гидроузлов.....	225
6.1. Подготовка узких створов к основным работам	225
6.2. Обеспечение безопасности работ в котлованах высоких плотин	233
6.3. Разработка скальных котлованов гидроузлов	241
6.4. Разработка береговых примыканий высоких плотин	251
6.5. Разработка котлованов при недостаточной устойчивости бортов	259
6.6. Продолжительность и темпы разработки котлованов	268
Глава 7. Организация бетонных работ при строительстве гидроузлов	272
7.1. Проблемы бетонирования массивных сооружений	272
7.1.1. Технология укладки бетона при возведении гидротехнических сооружений	272
7.1.2. Обеспечение массивности и трещиностойкости бетонных плотин	281
7.1.3. Проблемы бетонирования плотин при отрицательных температурах	289
7.2. Методы бетонирования высоких плотин	293
7.2.1. Бетонирование плотин кабель-кранами	293
7.2.2. Бетонирование плотин кранами с бетоноукладочных эстакад	301
7.2.3. Бетонирование плотин самоподъемными кранами без эстакад	306
7.2.4. Послойное бетонирование плотин с уплотнением вибрированием	313
7.2.5. Послойное бетонирование плотин с уплотнением укаткой	316
7.2.6. Бетонирование плотин конвейерами	323
7.3. Бетонирование массивных армированных гидросооружений	327
7.3.1. Бетонирование зданий гидроэлектростанций	327
7.3.2. Бетонирование откосов земляных плотин	339
7.4. Организация труда рабочих при бетонировании гидросооружений	342
7.5. Продолжительность и темпы бетонирования плотин	346
Глава 8. Бетонирование гидротехнических сооружений при отрицательных температурах	351
8.1. Методы укладки бетона при отрицательных температурах	351
8.2. Бетонирование гидросооружений в инвентарных тепляках	355
8.3. Возведение плотин в подвижных шатрах-цахлах с искусственным климатом	360
8.3.1. Основные положения цеховой технологии бетонных работ	360
8.3.2. Бетонирование плотин в подвижных шатрах-цахлах кранами	363
8.3.3. Послойное бетонирование плотин в подвижных шатрах автосамосвалами	373
8.3.4. Цеховая технология с непрерывно-конвейерной укладкой бетона	381

8.4. Бетонирование зданий ГЭС в условиях искусственного климата	390
8.4.1. Сборно-монолитная технология бетонирования с ТЗП	391
8.4.2. Бетонирование зданий ГЭС в стационарном шатре-цеке	395
8.4.3. Циклично-цеховый способ бетонирования здания ГЭС	401
8.4.4. Выбор способа возведения здания ГЭС в суровом климате ..	406
8.5. Эффективность цеховых технологий и требования к сооружениям и шатрам	408
Глава 9. Проектирование бетонных плотин с учетом производства работ	412
9.1. Технологичность и экономическая эффективность бетонных плотин	412
9.2. Оценка технологичности бетонных плотин	414
9.3. Расчет показателя технологичности оптимальной продолжительности бетонирования плотин	416
9.4. Основные положения проектирования технологичных плотин	422
Глава 10. Организация строительной площадки	426
10.1. Выбор площадки под производственную базу и поселок	426
10.2. Организация транспортных коммуникаций гидроузла	431
10.3. Компоновка стройплощадки и стройгенплан гидроузла	435
10.3.1. Виды стройгенплана и их разработка	435
10.3.2. Мощности и территории объектов производственной базы и поселка	439
10.3.3. Компоновка производственной базы гидроузла	444
10.4. Примеры организации строительных площадок гидроузлов	447
10.4.1. Рижская и Кегумская ГЭС на р. Даугаве	447
10.4.2. Чебоксарская ГЭС на р. Волге	450
10.4.3. Усть-Каменогорская ГЭС на р. Иртыш	452
10.4.4. Бухгарминская ГЭС на р. Иртыш	454
10.4.5. Чиркейская ГЭС на р. Сулак	456
10.5. Организация жилой и производственной базы гидроузлов в современных условиях	460
Глава 11. Календарное планирование при строительстве ГЭС	465
11.1. Календарный план и его структура	465
11.2. Порядок разработки календарного плана гидроузла	473
11.3. Продолжительность и время выполнения критических работ	476
11.4. Некритические работы и итоговые графики	490
11.5. Проектирование календарного плана гидроузла	492
11.6. Календарное планирование в период строительства	498
11.7. Календарное планирование в форме сетевого графика	500
11.7.1. Сетевые графики	500
11.7.2. Правила построения сетевого графика	502
11.7.3. Расчет сетевых графиков	503
11.7.4. Сетевые графики в гидростроительстве	507
11.7.5. Оптимизация сетевых графиков	509
11.7.6. Проектирование сетевого графика строительства гидроузла	510
Глава 12. Управление строительством гидроузла	518
12.1. Теоретические основы управления производством	518
12.1.1. Принципы и методы управления	518
12.1.2. Организация и технология управленческого труда	520
12.1.3. Организация труда руководителя. Стиль руководства	523
12.1.4. Требования к руководителю. Культура руководства	525

12.2. Формирование коллектива гидростроителей.....	527
12.3. Методы и приемы управления строительством гидроузла....	535
12.3.1. Организационная структура как метод управления...	535
12.3.2. Годовое и оперативное планирование как метод управления.....	540
12.3.3. Хозяйственный расчет	545
12.3.4. Организация и оплата труда рабочих как метод управления.....	546
12.3.5. Производительность труда в строительстве и её оценка.....	548
12.3.6. Нормирование и оценка труда рабочих	550
12.3.7. Технический контроль качества работ как метод управления.....	552
12.3.8. Диспетчерская система управления в гидротехническом строительстве	554
12.3.9. Организация управления работами методом СПУ	555
12.3.10. Материально-техническое снабжение как метод управления работами.....	557
12.3.11. Руководство работами при пуске агрегатов.....	559
12.4. Управление строительством в пусковой период	560
12.5. Управление строительством отдельных гидроузлов.....	565
12.5.1. Управление строительством Бухтарминской ГЭС.....	565
12.5.2. Управление строительством Чебоксарской ГЭС	568
Приложение 1. Действующие и строящиеся ГЭС России и республик бывшего СССР (мощностью более 30 МВт).....	576
Приложение 2. Объемы, характеристики производства работ и публикации по построенным ГЭС	593
Приложение 3. Материалы по гидроэлектрификации России.....	601
Приложение 4. Гидравлические и производственные характеристики горных пород и искусственных креплений.....	616
Приложение 5. Характеристики перекрытий русел крупных рек при строительстве ГЭС	621
Приложение 6. Характеристики строительных и изоляционных материалов	630
Приложение 7. Характеристики землеройных механизмов для гидростроительства	639
Приложение 8. Производство бетонных работ и механизмы для возведения гидротехнических сооружений	641
Приложение 9. Графики среднемесячной высотной интенсивности бетонирования плотин	660
Приложение 10. Нормативы для компоновки строительной площадки	670
Приложение 11. Справочные материалы для разработки календарного плана гидроузла.....	677
Приложение 12. Соотношение между некоторыми единицами физических величин	687
Приложение 13. Публикации по построенным ГЭС России.....	688
Литература	727

ПРЕДИСЛОВИЕ

Отечественной гидротехникой накоплен большой опыт сооружения гидроузлов всех типов в самых различных природных условиях. Советскими гидростроителями построены уникальные ГЭС на нескальных основаниях, в сложнейших гидрологических, геологических и топографических условиях возведен целый ряд гидроузлов с высокими и сверхвысокими плотинами, освоено строительство крупных гидроэлектростанций в крайне неблагоприятных для гидроэнергостроительства природно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера. Такие гидроэлектростанции как Днепрогэс, Куйбышевская и Сталинградская на Волге, Братская и Усть-Илимская на Ангаре, Красноярская и Саяно-Шушенская на Енисее, Чиркейская на Сулаке, Ингурская на Ингури, Токтогульская на Нарыне, Нурекская на Вахше и Колымская на Колыме относятся к лучшим образцам мирового гидростроительства.

Однако технически возможный к использованию гидроэнергетический потенциал наших рек освоен еще незначительно (~ 8 %). Особенно велики запасы гидроэнергии на реках Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера, отличающихся крайне неблагоприятными для гидростроительства природными условиями. Освоение энергоресурсов этих и других рек страны является важнейшей задачей российских гидротехников.

Гидростроительство России, однако, за последние два десятилетия резко снизило свои темпы и уступило позиции одного из лидеров мирового плотиностроения. За этот период не начато ни одной новой ГЭС, а работы по завершению открытых в XX веке гидротехнических объектов ведутся крайне медленно. В результате многие гидротехнические коллективы прекратили существование, а кадры гидростроителей с их бесценным опытом практически утрачены. Мировое же плотиностроение, освоив технологию возведения плотин из укатанного бетона, ушло далеко вперед как по темпам работ и производительности труда, так и по снижению стоимости гидросооружений.

Преодоление отставания в проектировании и строительстве новых гидроузлов ложится на поколение российских гидростроителей, в значительной мере утративших опыт своих предшественников. Для успешного решения этой задачи нужно не только готовить молодых специалистов гидротехников, но и одновременно вооружать работающий на стройках инженерно-технический персонал опытом предшествующих поколений по организации работ и решению возникающих в процессе строительства ГЭС вопросов. Необходимо дать возможность расширения своих знаний каждому работающему на строительной площадке инженерно-техническому работнику.

С этой целью в настоящей работе, наряду с освещением опыта отечественного и мирового гидростроительства, изложены важнейшие вопросы организации гидротехнического строительства в объеме программы гидротехнических факультетов вузов и те справочные сведения, которые не всегда можно найти на стройплощадке. А поскольку успех строительства гидросооружений во многом зависит от их конструкции, то рассмотрены и некоторые вопросы проектирования гидротехнических сооружений с учетом требований производства работ.

Предлагаемая книга написана на базе обобщения и анализа опыта отечественного и зарубежного гидростроительства с позиций современных тенденций развития последнего. Основу её составляет более чем 50-летний опыт производственной, проектной и научно-педагогической деятельности авторов на строительстве Усть-Каменогорской, Бухтарминской, Чиркейской, Токтогульской, Чебоксарской, Капчагайской, Рижской, Кегумской, Крапивинской, Подужемской, Чир-Юртской-2 и Хоабинь ГЭС, в Алма-Атинском филиале Гидропроекта и на гидротехническом факультете в Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете. В ней отражены также результаты личного ознакомления авторов со строительством многих отечественных и ряда зарубежных ГЭС, а также широко использованы данные специальной литературы, отраслевых периодических изданий и материалы фотоархивов Усть-Каменогорской, Бухтарминской Чиркейской ГЭС (фото Б.В. Деркача), Рижской и Кегумской ГЭС (фото В. Сокола), Токтогульской, Саяно-Шушенской, Колымской Чебоксарской и др. ГЭС. Все названия гидроузлов даны во избежание путаницы по их наименованиям, принятым во время строительства.

Работа состоит из введения, 12 глав, приложений и списка литературы. Во введении рассмотрено значение водно-энергетических ресурсов для экономики России. В главе 1 изложены общие вопросы организации гидротехнического строительства в нашей стране и даны краткие характеристики организаций, осуществляющих проектирование и строительство речных гидроузлов. В главе 2 – вопросы организации строительства речных гидроузлов в зависимости от их компоновки и конструкции. В последующих трех главах рассматриваются вопросы производства гидротехнических работ в русле реки: пропуска строительных расходов, перекрытия русел, строительства перемычек и эксплуатации котлованов. Теоретические положения по ним сопровождаются изложением применяемых методик расчетов и, как правило, примерами из практики. Во многих случаях в тексте и приложениях приводятся необходимые для их выполнения (но не всегда имеющиеся на стройплощадке) справочные данные.

В 6, 7 и 8-ой главах освещены вопросы подготовки котлованов к основным работам, производства земельно-скальных работ, технологии и органи-

зации бетонирования плотин и зданий гидроэлектростанций. Приводятся примеры выполнения этих работ на построенных гидроузлах. В качестве примеров авторами выбирались преимущественно гидроузлы, менее освещенные в литературе и часто являвшиеся полигонами для освоения новых технологий и методов работ.

В 9 главе излагаются принципы проектирования бетонных плотин с учетом производства работ и методика определения оптимальных темпов и продолжительности бетонирования их на основании количественной оценки технологичности сооружения.

В главе 10 кратко освещены вопросы организации строительной площадки и производственных баз при строительстве отечественных гидроузлов, а в главе 11 – основные положения применяемых в практике гидростроительства методов календарного планирования с использованием линейных и сетевых графиков, приведены примеры разработки календарного плана и сетевого графика строительства гидроузла.

В заключительной 12 главе изложены теоретические основы управления производством и рассмотрены применявшиеся на практике приемы и методы управления работами при строительстве крупных гидроузлов. Приведены примеры организации управления коллективами гидростроителей на построенных ГЭС.

Литература дана в двух видах: общая, связанная с изложением текста книги, и публикации в периодических изданиях для ознакомления читателей с решением отдельных вопросов практики гидростроительства по первоисточникам.

При выборе приложений авторы руководствовались потребностью оперативного получения справочных данных для выполнения часто встречающихся на производстве расчетов и обоснования принимаемых на стройплощадках производственных решений.

Иначе обстоит дело с приложениями 1 и 2. Включение их в книгу преследует несколько целей. Во-первых, отдать дань уважения и благодарности всем коллективам строителей ГЭС и их руководителям, обеспечившим за короткий исторический период выход отечественной гидротехники на ведущие позиции в мире. Во-вторых, облегчить молодым гидротехникам возможность ознакомления с опытом возведения построенных гидроузлов непосредственно по первоисточникам. В-третьих, попытаться охарактеризовать вклад отдельных коллективов и выдающихся гидростроителей в развитие отечественного гидростроительства.

Оценка вклада гидротехнических коллективов проведена авторами на основании изучения публикаций в технической литературе (преимущественно в отраслевых журналах) и личного ознакомления со многими гидро-

техническими стройками страны. При этом авторы уверены, что каждая (и большая, и малая) стройка внесла что-то новое в технологию или организацию строительства гидроузла и только отсутствие официальных публикаций не дает возможности должным образом отметить их.

К числу выдающихся гидростроителей, данные о которых помещены в книге, авторы отнесли известных руководителей – новаторов (преимущественно участников сооружения нескольких гидроузлов), существенно повлиявших на становление отечественной школы гидростроительства разработкой и внедрением новых прогрессивных технических решений и методов производства работ.

Однако по опыту известно, что каждый руководитель строки отдавал все свои силы порученному делу. Поэтому нельзя не отметить и руководителей строек, внесших заметный вклад в становление и развитие отечественного гидростроительства: Бакулина А.В., Баранова М.И., Батенчука Е.Н., Богаченко П.Т., Борисова В.И., Вавилова А.С., Вайнруба Е.Г., Веселаго Г.С., Винничека А.Н., Гончарова И.Д., Иванцова Н.М., Кирсанова Ю.П., Комзина И.В., Конько В.В., Короткого М.Ф., Кузьменко Б.Т., Лашеннова С.Я., Левушкина В.И., Моисеева С.Н., Плотникова В.А., Садовского С.И., Саркисова А.А., Севенарда Ю.К., Семенова А.Н., Серова А.А., Серого З.Л., Строкова Г.И., Толкачева Л.А., Фриштера Ю.И., Хухлаева Г.А., Цискаришвили М.А., Эбралидзе М.С.

Из работников гидротехнических строек, внесших немалый вклад в развитие гидро- строительства, следует выделить Алексеева К.В., Волынского А.С., Гершановича Г.Л., Гладуна В.И., Горлова Г.Т., Десфонтейнеса М.Н., Долматова А.П., Загряжского А.А., Когодовского О.А., Коробова А.И., Лискуна Е.Е., Марчука А.Н., Медведева В.М., Мельникониса А.А., Петрова Г.Д., Пехтина В.А. Подруцкого И.Е., Поспелова Б.В., Севостьянова В.И., Складенко А.В., Соболева М.М., Стеклова В.Ю., Шангина В.С., Шилова В.А.

Успехи советских гидростроителей были бы невозможны без умелого руководства отраслью, достижений гидротехнической науки и коллективов специализированных организаций, смелых проектных решений многих главных инженеров проектов.

Среди руководителей специализированных организаций следует выделить Барковского М.А., Полушкина К.П. (Спецгидроэнергомонтаж); Гончарова С.П., Ликина В.В., Миловидова М.Ф., Мартенсона В.Я., Орла М.И., Полонского Г.А., Бителева Б.Е., Саблина И.Д. (Гидромонтаж); Мешерякова А.М., Дмитриева Н.В., Жебенева О.П., Мамченкова Н.И., Розина М.Н. (Гидроспецстрой); Неймана В.А., Садовникова К.М., Дукстанского З.М. (Гироэлектромонтаж); Фогельсона С.В., Платонова В.А., Лопатина Н.А., Гурьева Б.Г. (Гидромеханизация).

Из числа главных инженеров проектов, способствовавших совершенствованию методов строительства разработкой технологичных компоновок и конструкций сооружений, нельзя не отметить Александрова И.Г., Александрова Б.К., Гаврильца М.А., Егорова А.В., Колеганова В.В., Конненко-ва Г.И., Кузьмина К.К., Левитского Л.А., Листрового П.П., Малышева Н.А., Миронова М.А., Михайлова А.В., Мосткова М.А., Суханова Г.К., Телешева В.И., Тер-Аствацатуряна И.А., Хлебникова И.В., Хренова Д.Н. По проектам большинства из них построено по несколько ГЭС, а принятые в них технические решения нередко решающим образом способствовали успеху строительства гидроузла.

Значительный вклад в совершенствование практики отечественного гидростроительства внесли ведущие руководители отрасли и работники проектных организаций: Боссовский Л.М., Дегтярев В.М., Зиневич Н.И., Красильников М.Ф., Иванов В.Г., Кудояров Л.И., Михайлов Л.П., Можжевитинов А.Л., Моисеев И.С., Новожилов В.Д., Тригер И.А., Ферингер Б.П., Шайтанов В.Я., Яновский П.М., а также ученые-гидротехники: Белов А.В., Васильев П.И., Васильев Ю.С., Гришин М.М., Избаш С.В., Кузьмин С.А., Леви И.И., Маслов Н.Н., Мостков В.М., Недрига В.П., Нечипорович А.А., Павловский Н.Н., Покровский Г.И., Розанов Н.С., Розанов Н.П., Судаков В.Б., Цулукидзе П.П. и другие.

Выдающаяся роль в становлении отечественной гидроэнергетики по праву принадлежит руководившим этой отраслью в военные и послевоенные годы: Дмитриеву И.И., Логинову Ф.Г., Непорожнему П.С., Носову Р.П., Финогенову Я.И.

Авторы понимают, что предлагаемая вниманию специалистов работа, в которой использованы производственные материалы многих строек и данные из нередко не согласующихся между собой литературных источников, не лишена недостатков, а в оценке вклада некоторых коллективов и руководителей в развитие отечественного гидростроительства в отдельных случаях могут иметь место неточности из-за недостаточного освещения его, и будут признательны за замечания и пожелания по ее улучшению.

Авторы выражают глубокую благодарность ректорам ННГАСУ академику РАН Найденко В.В. и профессору, д.т.н., Копосову Е.В., первому проректору члену-корреспонденту РАН Бобылеву В.Н. за всестороннюю помощь в работе над книгой, а также инженерам Камышевой Т.Б. и Гасановой Е.М. – за помощь в компьютерной обработке рукописи. Авторы выражают искреннюю признательность всем сотрудникам ННГАСУ, способствовавшим изданию книги.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Россия – страна, большая часть территории которой по природно-климатическим условиям неблагоприятна для хозяйственной деятельности людей. Более 70% ее занимает Северная климатическая зона (СКЗ) с максимумом отрицательных температур до минус 70⁰С, а области восточнее р. Волги находятся в зоне сурового и особо сурового климата с зимними температурами до минус 43-55⁰С. Любая производственная деятельность на этих территориях требует больших энергетических затрат, что отрицательно отражается на стоимости производимой продукции.

Россия обладает значительными ресурсами полезных ископаемых. Разведанные запасы их обеспечивают страну при современных темпах добычи: нефтью – на 35 лет, газом – на 81 год, углем – на 60-180 лет, железными, медными, никелевыми и молибденовыми рудами – на 40-42 года, цинком и свинцом – на 15-18 лет [52].

Национальным богатством России, однако, являются практически неисчерпаемые водно-энергетические ресурсы ее рек. Энергетический потенциал крупных и средних рек России составляет 2395 млрд кВт·ч и малых рек – 390 млрд кВт·ч [95]. Использование его хотя бы на уровне промышленно развитых стран мира (Япония, Швеция и Германия – 65-90%, США, Канада и Бразилия – 50-55%) способно удовлетворить энергетические потребности страны на обозримое будущее и с избытком компенсировать энергозатраты, вызываемые неблагоприятным географическим расположением ее. Использован же он менее чем на 8%. На необходимость использования Россией этого национального богатства указывают как природно-климатические, так и особенно экономические факторы.

За годы советской власти в стране была создана мощная промышленность по производству практически всех видов выпускаемой в мире продукции. По многим видам производства СССР занимал ведущие позиции в мире. Продукция отечественной промышленности, однако, из-за больших энергетических затрат на производство в неблагоприятных климатических условиях и высокой стоимости транспортных перевозок стоит дороже зарубежной. Затраты на выпуск ее выше по сравнению с европейскими странами в 2,1-2,3 раза, а с США и Японией – в 2,7-2,8 раза. В результате она, как правило, неконкурентоспособна на мировом рынке. По мнению специалистов конкурентоспособность Российской промышленности может быть достигнута лишь «поддержанием внутренних цен на энергоносители и сырье на уровне 40% мировых, а заработной платы в пределах 25-30 % ее уровня в промышленно развитых странах» [52].

Выход России в 90-х годах прошлого столетия на международный рынок с практическим устранением таможенных барьеров поставил отечественную промышленность на грань выживания. Неизбежное же при интенсивной разработке истощение в ближайшие десятилетия ресурсов дешевого сырья и энергоносителей могут полностью лишить ее возможности кон-

куруировать с зарубежными фирмами. В этом случае многие жизненно необходимые отрасли промышленности обанкротятся и прекратят существование, а Россия окончательно превратится из промышленно развитой страны в сырьевой придаток мировой экономической системы. Население ее при этом неизбежно сократится на десятки миллионов человек [52].

Помешать такому развитию событий можно лишь изысканием новых более дешевых источников энергии взамен нефти и газа. Естественной защитой от этого в условиях России является замена электроэнергии ТЭС возобновляемой энергией гидроэлектростанций, стоимость которой до 13 раз меньше чем на тепловых электростанциях.

Современное электропотребление России составляет около одного триллиона кВт·ч в год. По прогнозу РАО ЕЭС России к 2020 году ожидается рост его до 1540 млрд кВт·ч. В Российской Федерации в прошлом столетии были намечены к строительству 898 гидроэлектростанций с выработкой 1195 млрд кВт·ч электроэнергии. К началу XXI века из них было построено около 130 больших и малых ГЭС с годовой выработкой более 160 млрд кВт·ч. К настоящему времени имеются проектные проработки по 680 ГЭС общей мощностью около 230 млн кВт с годовой выработкой более 1000 млрд кВт·ч электроэнергии. Перечень и характеристики этих ГЭС приведены в приложении 3, а часть из них показана на прилагаемой карте-вклейке [16].

Препятствием для полного отказа от потребления электроэнергетики России углеводородного топлива является дисбаланс в производстве гидроэнергии в различных регионах страны. Он, однако, в значительной мере может быть скорректирован техническими и организационными мероприятиями.

Во-первых, переброской на Урал и в Поволжье электроэнергии от крупных восточных ГЭС по линиям электропередачи постоянного тока напряжением 1500 кВ Европейская часть – Сибирь – Дальний Восток.

Во-вторых, максимальным использованием энергопотенциала малых рек, особенно в дефицитных по выработке гидроэнергии регионах страны: Северо-Западном, Центральном, Приволжском и Уральском. Каждый водоток в этих регионах должен использоваться для выработки электроэнергии, а каждый населенный пункт иметь свою малую или большую ГЭС.

В-третьих, строительством новых промышленных предприятий, как правило, в обеспеченных гидроэнергией местностях.

В-четвертых, перебазированием в течение переходного периода (40-50 лет) амортизовавшихся или с устаревшей технологией предприятий и нарушающих экологию региона производств в районы с резервами гидроэнергии (преимущественно на площадки строящихся ГЭС, производственные базы и жилой фонд которых после окончания строительства может быть использован для этих целей).

Представляется целесообразным, например, перебазировать ряд химических и нефтеперерабатывающих предприятий из густо заселенных бассейнов рек Волги и Оки в районы Западной Сибири. При этом будет значи-

тельно улучшено экологическое состояние рек Волжского бассейна и высвобождены мощности нефтепроводов для экспорта сэкономленных при переходе на гидроэнергию нефти и газа в Европу.

В-пятых, сохранением в дефицитных по гидроэнергии регионах (Северо-Западном, Центральном и Приволжском) производства необходимого количества электроэнергии высокоэффективными действующими тепловыми и атомными станциями, а также повсеместно большинством ТЭЦ промышленных предприятий.

В-шестых, переводом всей жилой и бытовой сферы Сибири и Дальнего Востока на электрическое и электробойлерное теплоснабжение.

Гидроэлектрификация России в современных условиях, в отличие от известного плана ГОЭЛРО, решавшего задачу количественного обеспечения страны электроэнергией в кратчайшие сроки, позволяет качественно преобразовать ее электроэнергетику и попутно решить многие трудно решаемые проблемы.

Главная из них – это проблема сохранения отечественной промышленности. Переход на возобновляемую энергию ГЭС со снижением за счет её дешевизны затрат на добычу и переработку полезных ископаемых в самых отдаленных районах страны позволяет полностью удовлетворить условия достижения конкурентоспособности продукции российской промышленности на мировом рынке и этим обеспечить сохранность отечественной промышленности независимо от наличия нефти и газа.

Попутно при строительстве множества ГЭС, в том числе в самых удаленных местностях страны, решаются проблемы:

строительства современных дорог на всей территории России и хозяйственного освоения отдаленных районов страны на базе освобождаемых после возведения ГЭС благоустроенных городов и поселков гидростроителей;

создание на базе существующих новых водохранилищ единой внутренней водно-транспортной системы России от Балтийского и Черного морей до Тихого океана;

повышения занятости населения и обеспечения значительной его части жильем;

замены изношенного оборудования ТЭС и АЭС путем замещения последних новыми гидростанциями;

снижения затрат на реконструкцию и эксплуатацию жилищно-коммунального хозяйства городов и поселков, переводимых на электрическое и электробойлерное теплоснабжение с ликвидацией ТЭЦ, котельных и многокилометровых тепловых сетей;

улучшения экологической обстановки во многих промышленных районах страны и уменьшения на 35-40 % выбросов углекислого газа в атмосферу (парникового эффекта).

Гидроэлектрификация страны требует направления на гидростроительство в течение примерно 40 лет по 2,0-2,5 млрд долларов в год и ежегодного ввода на ГЭС в течение этого времени по 5-6 млн. кВт новых мощностей.

Выполнимость этой задачи подтверждается вводом в СССР в 70-х годах прошлого столетия по 10-13 млн кВт энергетических мощностей в год, в том числе до 3,5 млн кВт на гидроэлектростанциях [94].

При гидроэлектрификации по мере ввода новых мощностей на ГЭС должны выводиться в резерв или ликвидироваться соответствующие мощности на тепловых электростанциях и сокращаться потребление электроэнергией углеводородного топлива. В результате все затраты на качественную реконструкцию энергетики России компенсируются низкой себестоимостью энергии на новых ГЭС и продажей сэкономленного топлива за рубеж. Ожидаемая при этом прибыль (особенно при сохранении в переходный период существующих цен на электроэнергию) столь значительна, что позволит в полной мере компенсировать возможные убытки от остановки полностью амортизированных ТЭС и сохранения тех из них, которые являются основными потребителями угледобывающих предприятий (приложение 3.1).

Однако для финансирования гидроэнергостроительства на первом этапе (в течение примерно 10 лет) необходимо будет привлечь все возможные источники – федеральный бюджет, бюджеты субъектов Федерации, средства РАО ЕЭС и заинтересованных отраслей промышленности, а также свободные средства населения.

За счет федерального бюджета целесообразно строить наиболее крупные ГЭС мощностью более 2-3 млн кВт, за счет средств РАО ЕЭС – гидроэлектростанции мощностью более 500 тыс кВт и за счет бюджетов субъектов Федерации – гидроэлектростанции меньшей мощности.

Особенно целесообразно привлечение средств населения и мелких предпринимателей путем организации в каждом из субъектов Федерации АО по строительству ГЭС под гарантии региональных администраций с систематической выплатой процентов на вложенный капитал. При некотором удорожании стоимости гидроэлектростанций это будет существенно способствовать популяризации гидроэлектрификации и претворению ее в жизнь [0.10].

Массовое гидроэнергостроительство с неизбежным вмешательством в природные условия многих регионов требует кардинального повышения культуры проектирования и строительства этих сооружений в части воздействия на окружающую среду. Строительство гидроэлектростанций, как свидетельствует мировой опыт, должно и может не ухудшать, а улучшать условия жизни людей.

Возможность реализации изложенной программы развития гидроэнергетики России в сжатые сроки основывается на успешном строительстве в нашей стране в прошлом столетии гидроэлектростанций в самых неблагоприятных природно-климатических условиях. Излагаемый ниже опыт отечественного гидроэнергостроительства призван способствовать решению новым поколением гидростроителей выпавших на его долю задач.

Глава 1. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

1.1. Выбор ГЭС

Географическое положение намечаемой к строительству ГЭС определяется схемой использования гидроэнергетических ресурсов реки с учетом возможности и экономической целесообразности передачи ее электроэнергии потребителям. Такие схемы разработаны по каждому региону страны для большинства крупных и средних рек с указанием расположения наиболее перспективных по природным условиям створов будущих ГЭС. По мере более глубокого изучения рек они постоянно уточняются [95].

Примером схемы использования гидроэнергетических ресурсов реки может служить схема использования гидроэнергоресурсов рек Волжского бассейна. Этой схемой первоначально была определена возможность строительства на Волге и ее притоках гидроэлектростанций в 75 створах. Из них к 80-м годам прошлого века были построены 14 ГЭС: 8 на Волге (Иваньковская, Угличская, Рыбинская, Горьковская, Чебоксарская, Куйбышевская, Саратовская, Сталинградская), 3 на Каме (Камская, Воткинская, Нижнекамская), Сходнинская на канале Москва-Волга, Павловская на р. Уфе и Широковская на Косье. К этому же времени строительство гидроэлектростанций в 21 створе по экономическим, социальным и другим причинам было признано нецелесообразным (3 створа на Суре, 4 – на Уфе, по два на реках Белая, Чусовая, Ай и Вильва, по одному на Инзере, Косье, Усьве и Серебрянке). Анализ еще 12 створов указывает на нецелесообразность строительства в них в обозримом будущем ГЭС с потенциальной выработкой 8446 кВт·ч электроэнергии (около 1,7% электропотребления региона). К ним относятся: Нижне-Волжская ГЭС, строительство которой может нанести непоправимый ущерб рыбным запасам осетровых на Каспии и сельскому хозяйству Волго-Ахтубинской поймы; 8 створов на Оке и Клязьме в густонаселенных районах Московской (2 створа), Нижегородской (2 створа), Рязанской (2 створа), Калужской и Владимирской областей; один створ в верховьях Волги и два на р. Тверца в Тверской области. В оставшихся 26 створах могут быть построены ГЭС общей мощностью 7765 МВт с выработкой 11065 млн кВт·ч электроэнергии (приложение 2). Пять из них: Переволоцкую, Калининскую и Старицкую на Волге, Понышскую на Чусовой и Нижнесуянскую на Уфе – намечалось построить в конце прошлого столетия, а еще 12 предполагалось начать после 2000 года [0.12].

По соображениям экономики и организации работ строительство ГЭС целесообразно выполнять каскадами с последовательным выполнением однотипных работ на нескольких гидроузлах каскада поточным методом. Однако требуемые при этом капиталовложения превосходят возможности любого государства, а вводимые энергетические мощности трудно эффективно использовать. Поэтому выбор ГЭС для строительства производится, как

правило, на основании сравнения нескольких конкурирующих вариантов и зависит от многих факторов. В первую очередь от возможности удовлетворения энергетических, транспортных или водохозяйственных потребностей ближайших промышленных и народнохозяйственных комплексов; природных условий; экономической эффективности будущего сооружения; размеров затопления водохранилищем ценных земель; степени удаленности от магистральных дорог и пр. Такой подход к строительству ГЭС четко прослеживается в выполненной в XX веке программе гидроэнергетического строительства в СССР (приложение 1).

В современных условиях, в связи с изменением социально-экономического строя в нашей стране, существовавший ранее порядок строительства ГЭС требует корректив.

Во-первых, в Европейской части страны целесообразно в первую очередь строить гидроузлы с наименьшей себестоимостью электроэнергии и минимумом затопления полезных земель водохранилищами, а в восточных регионах ее – большие и малые гидроэлектростанции для обеспечения электроэнергией предприятий горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности и в местах возможного расположения новых промышленных комплексов.

Во-вторых, при выборе створа для ГЭС, водохранилище которой располагается на территории нескольких административно-территориальных образований страны, крайне важно заблаговременно выявлять источники компенсации затрат на эксплуатацию водохранилища.

В условиях рыночной экономики при негосударственной или смешанной собственности намеченной к строительству ГЭС таким источником могут быть только доходы от выработки электроэнергии. Потому до начала строительства её должен быть согласован вопрос о распределении этих доходов между заинтересованными сторонами. Наиболее справедливым представляется распределение их пропорционально степени использования гидроэлектростанцией гидроэнергетического потенциала реки каждого из административно-территориальных образований с учетом объема затоплений их земель водохранилищем и факта строительства ГЭС. Отсутствие решения этого вопроса к началу строительства ГЭС может повлечь неблагоприятные последствия для эксплуатации ее.

Примером может служить Чебоксарская ГЭС на р. Волге мощностью 1404 МВт с проектной годовой выработкой электроэнергии 3530 млн кВт-ч, построенная в Чувашии в 86 км ниже выклинивания водохранилища Куйбышевской ГЭС. Используемый ею статический напор составляет 15 м, из которого 5% приходится на Республику Мари Эл и 95% – на Нижегородскую область. Как следствие этого годовая выработка ею электроэнергии при НПУ на 89% обеспечивается за счет гидроэнергорес-

сурсов Марийской республики и Нижегородской области и только на 11% – за счет потенциальных энергоресурсов чувашского участка Волги и Суры .

Водоохранилище Чебоксарской ГЭС, протяженностью по Волге 341 км, затопливает 168 тыс. га земель и угодий, из которых на Марийскую Республику и Нижегородскую область приходится соответственно около 45 и 40%. В целях уменьшения затоплений на водохранилище построены 15 инженерных защит с более чем 130 км дамб и 32 насосными станциями. Из них только 3 самые небольшие защиты расположены в Чувашии (рис. 1.1).

Введенная в действие в 1981 году, при напоре в две третьих от статического, Чебоксарская ГЭС уже более 20 лет находится во временной эксплуатации. Из-за возражений Нижегородской области и Республики Мари Эл дальнейшее наполнение водохранилища приостановлено по причине отказа владельцев ГЭС компенсировать эксплуатационные затраты по нему. В результате построенные сооружения гидроузла используются неэффективно, а инженерные защиты постепенно разрушаются вследствие временного характера крепления дамб ниже отметки существующего водохранилища [0.10].

1.2. Организация проектирования ГЭС

Разработке проекта любой ГЭС предшествуют многолетние инженерные изыскания в конкурирующих створах и глубокое изучение природных условий строительства: топографии, геологии, климата, гидрологического и ледового режима реки.

При изучении режима реки и климата используются наблюдения Гидрометеослужбы РФ. Инженерно-геологические и гидрологические изыскания выполняются специальными изыскательскими партиями (экспедициями) по заданиям соответствующих проектных институтов. В процессе инженерных изысканий ими должны быть установлены фильтрационные и физико-механические свойства горных пород и строительных материалов, изменение расходов и уровней водотока в течение года, ледовый и термический режим реки, движение взвешенных и донных наносов и пр. Недостаточно тщательное выполнение изысканий в створе будущей ГЭС (особенно инженерно-геологических) может повлечь негативные последствия для строительства гидроузла.

В проекте Миатлинской ГЭС на р. Сулак мощностью 220 МВт при напоре 60 м, например, построенной в узком, глубиной более 500 м, каньоне с крутым левым бортом и более пологим, покрытым многометровым слоем делювиальных отложений, правым, была принята компоновка основных сооружений с водосливной арочной плотиной высотой 87 м и расположенным в русле приплотинным зданием ГЭС на 2 агрегата. Устойчивость делювия на правом склоне ущелья по результатам инженерно-геологических изысканий не вызвала сомнений при проектировании. Однако после разработки котлована под основные сооружения и подрезки им правого склона устойчивость делювиальных отложений на нем выше здания ГЭС была на-

рушена и они начали сползать в русло реки. Строительство гидроэлектростанции в русле стало технически сложным и экономически нецелесообразным. От утвержденной компоновки пришлось отказаться, здание ГЭС перенести на левый берег на 1,7 км вниз по течению реки с проходкой к нему деривационного тоннеля (рис. 1.2). Строительство гидроузла было задержано на несколько лет, а стоимость его существенно увеличилась.

Проектирование речных гидроэлектростанций и связанных с их возведением сооружений выполняют в нашей стране специализированные институты, преимущественно Гидропроект им. С.Я.Жука и Ленгидропроект, выступающие в качестве генеральных проектных организаций. Каждый из этих институтов осуществляет проектирование ГЭС в пределах определенного региона страны, ориентировочно: Гидропроект – для Европейской части и Сибири, Ленгидропроект – для Крайнего Севера, Дальнего Востока и Дагестана на Северном Кавказе.

Проектно-изыскательский институт Ленгидропроект, расположенный в Санкт-Петербурге, является старейшей в области гидростроительства проектной организацией страны (создан в 20-х годах XX века). По его проектам построены более 60 гидроэлектростанций, в том числе первенцы отечественной гидроэнергетики – Волховская и Днепровская ГЭС, крупнейшие в стране Саяно-Шушенская и Красноярская ГЭС на Енисее; первые ГЭС в бассейне Амура – Зейская и Бурейская, на Оби – Новосибирская и в Восточной Сибири – Усть-Хантайская, Мамаканская, Вилюйские и Тельмамская; каскады крупных ГЭС на Иртыше (Бухтарминская, Усть-Каменогорская и Шульбинская в Казахстане), на Сулаке (Чиркейская, Миатлинская и Ирганайская в Дагестане) и на Колыме (Колымская и Усть-Среднеканская); возведены каскады гидроэлектростанций на реках Ковде, Суне, Выге, Кеми и Свири в Карелии; Туломе, Ниве, Вороньей и Серебрянке на Кольском полуострове; на Алмаатинке в Казахстане. По проектам и с технической помощью Ленгидропроекта строился целый ряд ГЭС за рубежом, в том числе Бхакра в Индии, Саньмынься в Китае и некоторые другие. О высокой квалификации этого института говорит и тот факт, что технические решения в проектах Волховской и Свирских ГЭС легли в основу разработанной советскими гидротехниками теории возведения гидросооружений на слабых (нескальных) основаниях, а конструктивные решения сооружений Саяно-Шушенской, Чиркейской, Красноярской и некоторых других ГЭС вплотную приблизились к лучшим образцам мирового плотиностроения.

Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт Гидропроект им. С.Я.Жука в Москве длительный период являлся головной проектной организацией Советского Союза по изысканиям и проектированию крупных гидроэнергетических и гидротехнических объектов и сооружений. Он имел отделения или филиалы в Ленинграде, Ташкенте, Харькове, Тбилиси, Ереване, Баку, Алма-Ате, Красноярске и Куйбышеве. В его состав входили также научно-исследовательский сектор, конструкторское бюро, Угличский экспериментальный ремонтно-механический завод, Ленинградский ремонтно-механический экспериментальный завод, Центральная база оборудования и экспериментальная база. По его проектам построены не-

сколько десятков крупных ГЭС и гидротехнических объектов. В их числе: канал Москва-Волга, Волго-Донской канал, Волжский и Камский каскады в составе 14 ГЭС, Загорская ГАЭС, каскады гидроэлектростанций на Ангаре (Братская, Усть-Илимская, Богучанская, Иркутская), на реках Северного Кавказа, на р. Даугаве в Латвии, на р. Нарыне в Киргизии (Токтогульская и Курпсайская), на реке Вахше (Нурекская и Рогунская ГЭС) в Таджикистане и т.д., а также целый ряд крупных гидротехнических объектов за рубежом (Ассуанская ГЭС в Египте, ГЭС Наглу в Афганистане, ГЭС Хоабинь и Хадита во Вьетнаме и др.).

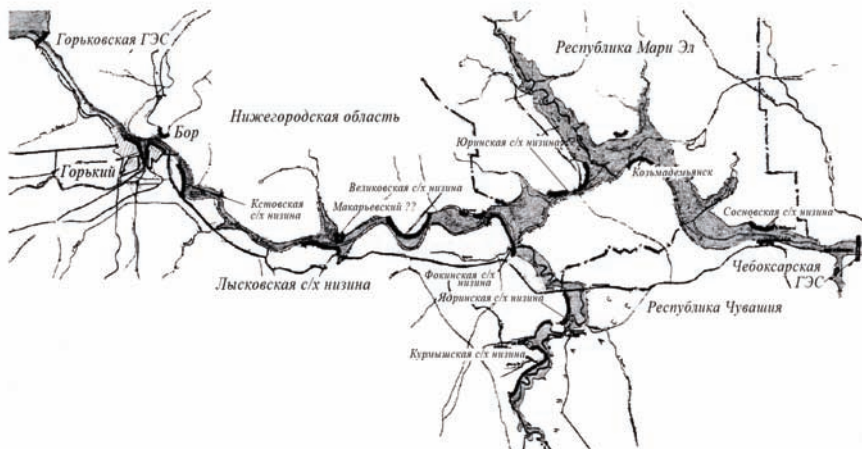


Рис. 1.1. Схема водохранилища Чебоксарской ГЭС на р. Волге с расположением основных инженерных защит сельхознизин и населенных пунктов

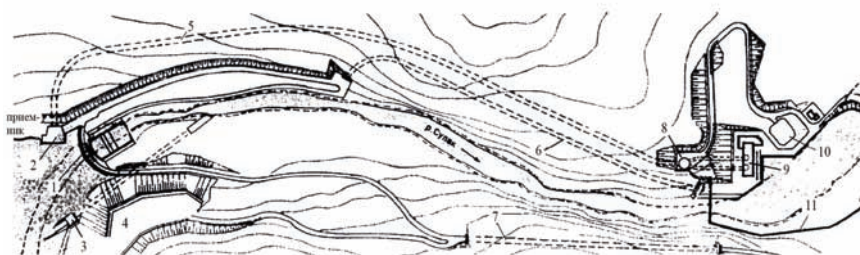


Рис. 1.2. Миатлинская ГЭС на р. Сулак с измененной компоновкой сооружений вследствие оползня делювиальных отложений на правобережном склоне: 1 – плотина, 2 – водоприемник деривационного тоннеля, 3 – строительный ионнель, 4 – упорный контр-банкет правобережного склона, 5 – подводный тоннель к ГЭС, 6 – левобережный транспортный тоннель, 7 – правобережный транспортный тоннель, 8 – уравнильный резервуар, 9 – здание ГЭС, 10 – ОРУ 110 кВ, 11 – водопровод

Для руководства проектными работами по ГЭС генпроектировщик назначает главного инженера проекта – специалиста, имеющего опыт проектирования и строительства подобных объектов. На него возлагается ответственность за качество проекта, обеспечение утвержденных технико-экономических показателей при строительстве и координация работы всех организаций и подразделений над отдельными частями проекта.

Проект основных сооружений разрабатывается группой специалистов при главном инженере проекта. Проектирование специальных и вспомогательных сооружений, организации строительства и производства работ, разработку смет, гидравлические и статические исследования, дополнительные инженерные изыскания и другие проектные работы выполняют по заданию главного инженера проекта специализированные отделы институтов или привлеченные к проектированию гидроузла на правах субподрядчиков сторонние научно-исследовательские организации (ВНИИГ им Б.Е.Веденеева, НИС Гидропроекта или вузы).

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е.Веденеева – один из старейших научно-исследовательских институтов страны, расположен в Санкт-Петербурге и является головным в области гидротехнического строительства. На него возложена координация научно-исследовательских работ, выполняемых различными научными и проектными организациями и вузами. В г. Красноярске, Нарве и Ивангороде институт имеет экспериментальные базы для проведения модельных и крупномасштабных исследований гидроузлов, гидротехнических сооружений, их элементов и технологических схем. Основными направлениями его деятельности являются: обоснование и оптимизация компоновок гидроузлов, исследования гидравлики сооружений, русел и акваторий (в том числе пропуска строительных расходов и перекрытия русел); исследования ледовых проблем бьефов и сооружений; исследования оснований (в том числе в области инженерной геологии и механики грунтов) грунтовых и подземных сооружений; исследования бетонных и железобетонных сооружений (в том числе разработки в области технологии бетона и бетонных работ); обеспечение безопасности гидротехнических сооружений; совершенствование нормативной базы отрасли, т.е. разработка новых стандартов, нормативных документов и пособий к ним на основе обобщения научных исследований, практики проектирования, строительства и эксплуатации энергетических объектов. Без научно-технической помощи этого института в процессе проектирования, строительства или эксплуатации не обошлось возведение практически ни одного гидротехнического объекта страны и ни одно строительство по российским проектам гидросооружений за рубежом.

Научно-исследовательский сектор (НИС) Гидропроекта им. С.Я.Жука располагается в пригороде Москвы вблизи Сходненской ГЭС и дополнительно включает Волгоградский и Горьковский отделы исследований, расположенные в Волгограде и в Нижегородской области. Он выполняет теоретические, экспериментальные и натурные исследования, связанные с проектированием и строительством гидротехнических сооружений. В лабораториях, на полигонах и на стройках НИС ведет ги-

гидравлические, фильтрационные, гидроэнергетические и сейсмические исследования сооружений, испытания гидромеханического, энергетического и электротехнического оборудования, исследует прочность и напряженное состояние конструкций под действием статических и динамических нагрузок, дает оценку работы оснований, подбирает строительные материалы, выполняет наблюдения за работой сооружений в натуре.

Для оперативного решения возникающих в процессе строительства ГЭС технических вопросов, разработки и привязки к местным условиям отдельных рабочих чертежей генеральным проектировщиком организуются на строительных площадках группы рабочего проектирования (ГРП). На них возлагается также авторский надзор за соблюдением проектных решений в ходе строительства.

В зависимости от сложности ГЭС проектируются в одну или две стадии. На первой стадии разрабатывают проект основных сооружений со сводным сметным расчетом и проектом организации строительства (ПОС). В проекте основных сооружений решаются вопросы выбора конструкции и компоновки сооружений, расчета их прочности и устойчивости, определяются объемы работ и технико-экономические показатели ГЭС.

Сметную стоимость ГЭС на стадии проекта устанавливают по укрупненным сметным нормативам, прейскурантам и аналогам. При этом стоимость каждого из основных сооружений, включаемых в главу 2 СФР, определяют расчетом по объемам работ и укрупненным показателям, а стоимость работ по остальным главам и разделам СФР принимают в процентном отношении от суммарной стоимости главы 2 (приложение 11.1).

ПОС является важнейшим документом проекта. Он призван служить основой для планирования и организации всего комплекса работ по строительству ГЭС. В нем устанавливают: способ пропуска расходов реки в период производства работ в русле, общую схему организации строительства, состав и мощности предприятий производственной базы, источники обеспечения строительства всеми видами материалов и ресурсов, объемы и последовательность выполнения основных и подготовительных работ; методы, темпы и сроки производства работ по всем объектам строительства; потребность в рабочих кадрах, строительном оборудовании и материальных ресурсах; сроки поставки основного оборудования; оптимальные сроки строительства в целом и его очередей; сроки ввода в действие производственных мощностей; планы финансирования по годам строительства и технико-экономические показатели по основным видам работ и строительству в целом.

На второй стадии проектирования ГЭС разрабатываются рабочие чертежи и сметы к ним. По сложным объектам выполняются дополнительные проработки и исследования, уточняющие технические решения проекта.

Техническая документация второй стадии проекта ГЭС включает общие и детализировочные рабочие чертежи по каждому объекту гидроузла, ведомости строительных и монтажных работ, ведомости потребности в строительных материалах, конструкциях и оборудовании; сметы, составленные на основании объемов работ по рабочим чертежам и единичным расценкам и учитывающие, как правило, фактические методы производства работ на стройплощадке; проекты производства основных видов работ (ППР).

ППР обычно содержат: стройгенплан объекта; графики выполнения работ по нему; графики поступления на объект основных материалов, конструкций и оборудования; графики работы основных строительных машин; технологические карты и схемы выполнения сложных работ; рабочие чертежи временных зданий и сооружений и внутрипостроечных дорог; мероприятия по технике безопасности.

Разработке проектов особо крупных и сложных ГЭС нередко предшествует составление ТЭО – технико-экономического обоснования проекта. В нем определяют основные параметры и ориентировочную стоимость гидроузла, которая не подлежит изменению на последующих стадиях проектирования. Стоимость проектных и изыскательских работ при этом в целом составляет примерно 2,5% от капитальных вложений или до 4% от сметной стоимости строительно-монтажных работ проектируемой ГЭС.

Все разработанные проекты ГЭС подлежат согласованию и утверждению в установленном порядке. Проекты наиболее крупных и важных для народного хозяйства сооружений (особенно при строительстве их с участием капиталовложений из госбюджета) утверждаются после прохождения экспертизы Госстроя РФ Советом Министров Российской Федерации. Проекты прочих гидроузлов проходят ведомственную (в том числе, экологическую) экспертизу и утверждаются ведомствами-заказчиками.

1.3. Формы организации строительства ГЭС

В строительстве применяют два способа выполнения работ: хозяйственный и подрядный. При хозяйственном способе строительство и эксплуатация объекта осуществляются одной организацией. Строительная организация является нередко временной и после окончания стройки ликвидируется. Как следствие она слабо заинтересована в развитии собственной производственной базы, в совершенствовании методов работ, в повышении квалификации кадров и не может обеспечить высокие показатели строительства.

При подрядном способе эксплуатирующая объект организация является заказчиком, а строящая – подрядчиком. Таким разделением функций достигаются: широкая специализация строительно-монтажных организаций,

постоянная заинтересованность их в развитии собственной производственной базы, совершенствовании строительной техники, в разработке и внедрении прогрессивных методов работ, в непрерывном повышении квалификации кадров, лучшем использовании строительных механизмов и оборудования и, как следствие, – более высокие показатели производства.

До 50-х годов прошлого века строительство ГЭС в нашей стране осуществлялось преимущественно хозяйственным способом. Однако вследствие значительной продолжительности строительного цикла на ГЭС и практически постоянного характера строительных и монтажных коллективов, переходивших без перерывов со строительства одной ГЭС на другую, присущие этому способу недостатки мало отражались на результатах работ. Более того, так как на строителях лежала ответственность за соблюдение сметного лимита, то они были заинтересованы во всемерном снижении непроизводительных затрат из смет и перерасходы по ним были редки.

В середине 50-х годов в связи с переходом большинства строительных отраслей в нашей стране на более прогрессивный подрядный способ строительства последний был принят и в гидростроительстве. В результате гидростроители утратили заинтересованность в снижении сметной стоимости ГЭС и в значительной мере стимулы для повышения качества работ. Это повлекло многократное превышение сметного лимита по многим строившимся гидроузлам и нанесло несомненный ущерб качеству строительства их. В последнее время имеет место тенденция частичного возрождения хозяйственного способа в гидростроительстве, в частности, внедрением метода строительства «под ключ».

Функции заказчика при строительстве ГЭС в условиях рыночной экономики могут выполнять районные энергетические управления (АО «Энерго»), подчиненные им дирекции строящихся ГЭС либо организованные для финансирования строительства таких объектов акционерные общества (АО «ГЭС»), а обязанности подрядчика – территориальные строительные управления или тресты, специализирующиеся на строительстве гидротехнических объектов.

В обязанности заказчика входит: обеспечение разработки и утверждения проектно-сметной документации и финансирования работ по годам строительства, размещение заказов и обеспечение поставки заводами-изготовителями всех видов технологического оборудования; систематический контроль за выполнением работ в соответствии с проектом по объемам, стоимости и качеству; приемка и оплата выполненных работ, приемка в эксплуатацию законченных объектов и комплексов сооружений.

Обязанности подрядчика заключаются в выполнении строительномонтажных работ в соответствии с проектом, техническими условиями (ТУ) и согласованными сроками; в опробовании и испытании смонтированного технологического оборудования и сдаче заказчику полностью законченного объекта.

Строительная организация, являясь генподрядчиком, как правило, привлекает для выполнения отдельных видов работ специализированные организации, работающие на правах субподряда. При этом генподрядчик несет перед заказчиком ответственность за весь комплекс работ, включая выполняемые субподрядчиком.

Взаимоотношения между заказчиком и подрядчиком регламентируются генеральным договором, заключаемым на весь период строительства ГЭС. К нему ежегодно (кроме первого года) сторонами заключаются дополнительные соглашения, которыми уточняются перечни объектов и объемов работ на очередной год, сроки представления заказчиком проектно-сметной документации, сроки поставки технологического оборудования и другие вопросы по регулированию хода строительства.

Генеральный договор готовится подрядчиком. Заказчик при этом представляет ему: утвержденный титульный список с распределением по годам строительства капвложений, объемов работ и вводов в действие производственных мощностей; проект и сводную смету объекта; акт об отводе земель под строительство; каталог единичных расценок и ценников; внутрипостроечный титульный список на первый год строительства; график поставки в первом году технологического оборудования.

Документом для финансирования строительства и расчетов между заказчиком и подрядчиком за выполненные работы является сводная смета, утверждаемая одновременно с проектом. Оплата выполненных подрядчиком работ производится заказчиком через банк на основании актов приемки законченных работ и объектов.

1.4. Строительные и монтажные организации в гидростроительстве

В строительстве ГЭС участвуют два вида организаций: генподрядные общестроительные управления или тресты и субподрядные специализированные тресты или объединения (фирмы).

Генподрядные управления и тресты являются территориальными строительными организациями. Они ведут строительство промышленных, гражданских и гидротехнических сооружений в одной или нескольких областях страны (как правило, в бассейне какой-либо крупной реки) и выполняют все виды гидротехнических и общестроительных работ (кроме монтажа технологического оборудования). В своем составе они могут иметь общестроительные (СМУ, ПМК, участки) и специализированные подразделения по строительству и эксплуатации дорог, линий и сооружений энергоснабжения, теплоснабжения и связи: отделы, управления или конторы материально-

технического снабжения (УПТК, КМТС) и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ).

Основу производственной мощности генподрядных управлений составляют кадры квалифицированных гидростроителей, парк общестроительных механизмов и транспортных средств, собственная жилая и производственная база. В состав последней обычно входят ремонтно-эксплуатационные предприятия строительных машин и транспорта, предприятия по производству металлоконструкций, лесоматериалов и деревянных конструкций, сборного железобетона, стройматериалов и т.п. Число и характер структурных подразделений и подсобных предприятий зависят от объемов работ, производственных условий, характера и компоновки сооружений и природных особенностей стройплощадки. Число строительных участков, являющихся ведущей структурной единицей на строительстве ГЭС, не ограничивается и определяется численностью рабочих и производственной необходимостью.

Специализированные тресты и объединения являются, как правило, общереспубликанскими и располагаются в крупных городах. Они выполняют работы своего профиля как на территории страны, так и за рубежом. На площадках строящихся ГЭС они организуют специализированные управления или участки (в зависимости от объема работ) и работают на правах субподряда. Основу их производственной мощности составляют кадры высококвалифицированных специалистов узкого профиля, собственный парк специальных машин, свои заводы по изготовлению механизмов, оборудования и конструкций своего профиля, проектные конторы (или институты) и экспериментальная база. Это позволяет им оперативно совершенствовать конструкции и технологию работ, создавать новые более производительные механизмы для выполнения своих работ и достигать более высоких, по сравнению с общестроительными организациями, производственных показателей. Доля участия специализированных организаций в общем объеме работ при возведении ГЭС в зависимости от характера сооружений составляет от 15 до 40%.

К общестроительным организациям, способным выполнять строительство гидроэлектростанций на территории Российской Федерации и за рубежом, в настоящее время относятся:

Братскгэсстрой, сооружающий гидроэлектростанции и сопутствующие им крупные промышленные комплексы в бассейне реки Ангары. Этим крупнейшим гидротехническим коллективом построены Братская и Усть-Илимская ГЭС с высокими бетонными плотинами, мощные производственные базы, крупные города и крупнейшие в стране целлюлозно-бумажные комбинаты при каждой из них, а в настоящее время заканчивается строительство четвертой ступени Ангарского каскада Богучанской ГЭС.

Учебно-справочное пособие гидростроителя

Борис Михайлович **Ерахтин**
Виктор Михайлович **Ерахтин**

СТРОИТЕЛЬСТВО ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РОССИИ

Редактор: *С.А. Елизарова, Н.А. Воронова*
Компьютерная верстка: *О.В. Лютова*
Дизайн обложки: *Н.С. Кузнецова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Сдано в набор 17.12.05

Подписано к печати 14.05.07. Формат 60х90/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. 46 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>