

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

На правах рукописи

**Телешев
Виктор Иванович**

**Основы и методы проектирования и возведения бетонных
плотин в особо суровых климатических условиях.**

Специальность 05.23.07 - Гидротехническое строительство

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени доктора технических наук

Санкт-Петербург
2003

Диссертация выполнена в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете

Официальные оппоненты

Доктор технических наук, профессор Храпков А.А.

Доктор технических наук, профессор Рассказов Л.Н.

Доктор технических наук, профессор Шайтанов В.Я.

Ведущая организация – ЗАО «НПО Гидроэнергопром»

Защита состоится 3 июня 2003г.

на Заседании диссертационного совета Д 212.229.15 в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете по адресу: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул. 29, Гидрокорпус – 2 (ПГК) ауд. 411.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке СПбГПУ.
Автореферат разослан «.....»2003г.

Учёный секретарь диссертационного совета

доктор технических наук

А.Е. Андреев.

Общая характеристика работы.

Настоящая работа проводилась с 1970г. по 2002г и является обобщением разработок и научных исследований, выполненных лично автором или при его непосредственном участии в институте «Ленгидропроект» и в Санкт-Петербургском политехническом университете в 1956 –2002г.г. и опубликованных в его печатных работах и докладах.

Актуальность темы.

Освоение гидроресурсов страны с 50-х годов XX века все более распространялось на районы Сибири и Дальнего Востока. Эти районы характерны более суровыми климатическими условиями, чем районы Европейской части России. Среднегодовая температура в ряде районов опускается ниже нуля, а амплитуда колебаний температуры достигают 90 – 100 °С. В этот период было начато проектирование и строительство Бухтарминской, Братской, Мамаканской и др. ГЭС с бетонными плотинами. Некоторые из них размещались в особо суровых климатических условиях со средней многолетней температурой ниже минус 3-4°С. Первые же проектные проработки бетонных плотин для этих условий, анализ начального опыта строительства и эксплуатации обнаружили многие неизвестные ранее проблемы, связанные с необходимостью учета условий строительства и эксплуатации, в первую очередь в связи с температурными воздействиями на напряженное состояние.

Традиционно, для умеренных или близких к ним климатических условий применяют бетонные гравитационные плотины с возведением их столбчатыми массивами и омоноличиванием с помощью цементации межстолбчатых швов. Поскольку среднегодовые температуры в этих районах положительны или приближены к 0 , то омоноличивание их с помощью цементации без промораживания массивов было вполне приемлемо.

В иных условиях работают плотины в особо суровых климатических условиях. Внутри большого массивного тела с течением времени устанавливается постоянная температура, близкая к среднегодовой. Изменения температур наружного воздуха при этом сказывается только снаружи, а внутри поддерживается примерно среднегодовая температура. Массивные плотины ведут себя также как массивное тело и внутри их также с течением времени устанавливаются отрицательные температуры близкие к среднегодовым с учетом утепляющего воздействия водохранилища. В этих условиях необходимо было, прежде всего, считаться с возможным раскрытием строительных швов со стороны низовой грани, с раскрытием межстолбчатых швов и с возможным выходом из строя дренажа в основании. Все это вызывало необходимость разработки специальных конструкций бетонных плотин, обеспечивающих надежность и безопасность их эксплуатации в таких условиях.

Автор принимал непосредственное участие в разрешении этих проблем с самого начала их возникновения. Именно с 1956 года началось проектирование, а затем и строительство Мамаканской ГЭС с высокой бетонной плотинной в

районе с особо суровыми климатическими условиями, с чего и началась разработка данной темы. В дальнейшем на протяжении всей своей инженерной, научной и педагогической деятельности автор постоянно занимался проблемами гидростроительства в подобных условиях.

Разработка и исследование автором конструктивных и технологических решений плотин не могли обойтись без анализа и решения ряда организационных вопросов, в частности вопросов последовательности и сроков возведения сооружений. Требовалось продолжить обобщение различных разработок, опыта строительства и выработать дополнительные предложения по этим вопросам.

Целью данной диссертации является :

1. Разработка, исследование и внедрение оптимальных конструктивных и технологических решений, обеспечивающих устойчивость, прочность и надежность эксплуатации высоких бетонных плотин в особо суровых климатических условиях, для чего было необходимо:

- проанализировать опыт проектирования, строительства и эксплуатации бетонных плотин в особо суровых климатических условиях;
- разработать оптимальный тип плотины, позволяющий обеспечивать нужный температурный режим и эксплуатационную надежность;
- разработать рациональный метод омоноличивания плотины, применимый для омоноличивания полностью замороженного бетона;
- выполнить соответствующие расчетно-теоретические и иные исследования для обоснования предлагаемых решений.

2. Обобщение и анализ опыта строительства по обеспечению трещиностойкости бетонных блоков и монолитности сооружений и разработка соответствующих рекомендаций.

3. Обобщение и анализ опыта возведения сооружений в основной период строительства и разработка алгоритма составления календарных планов.

Методической основой выполнения работ являются:

- расчетно-теоретические исследования с использованием общих закономерностей механики твердого тела;
- натурные наблюдения за состоянием сооружений, влиянием отдельных факторов и их анализ;
- анализ опыта проектирования и строительства сооружений.

Научная новизна работы:

1. Предложены, исследованы, реализованы и апробированы на практике следующие новые конструктивно-технологические решения, обеспечивающие надежность эксплуатации бетонных плотин в особо суровых климатических условиях и возможность их использования в перспективе:

1.1 специальная конструкция плотины с замкнутыми внутренними полостями в виде плотины с расширенными швами (плотина Мамаканской ГЭС) и плотины массивно-контрфорсного типа (плотина Зейской ГЭС),

позволяющими обеспечить нужный температурный режим, и улучшить напряженное состояние плотины за счет поддержания в полостях в период эксплуатации положительных температур;

1.2 новый метод омоноличивания плотины путем бетонирования объемных межстолбчатых швов при полностью замороженных бетонных блоках плотины, обеспечивающий требуемые температурные условия при омоноличивании и получение целенаправленного дополнительного «обжатия» верховой грани;

1.3 новое конструктивно-технологическое решение по размещению трубопровода ГЭС в станционной части плотины со «скользящим» швом между обетонированным трубопроводом и основным массивом плотины, позволяющее осуществлять независимое ведение бетонных и монтажных работ и обеспечить более благоприятное напряженное состояние плотины.

2. Разработана и внедрена в практику проектирования методика технико-экономического выбора оптимальных параметров профиля плотины на основе совместного решения уравнений, выражающих условия прочности и устойчивости.
3. Разработаны рекомендации по определению состава мероприятий для обеспечения трещиностойкости бетонных блоков и монолитности сооружений, дана уточненная классификация систем разрезки на блоки бетонирования.
4. Предложена наиболее рациональная схема поэтапного возведения сооружений, определяющая последовательность и продолжительность строительства.
5. Разработан алгоритм составления календарных планов возведения сооружений и его оптимизации на основе анализа интенсивностей работ и их продолжительностей на отдельных этапах.

Практическая значимость:

Разработаны методы научного обоснования конструктивно технологических решений по высоким бетонным плотинам, расположенным в особо суровых климатических условиях и на их основе разработаны и реализованы конкретные решения по плотинам Мамаканской и Зейской ГЭС. Предложенные решения и использованные методы проведения исследований могут быть использованы при проектировании и строительстве бетонных плотин в аналогичных условиях.

Ряд положений работы включены в СНиП–II–54–77 (2.06.06.85) «Плотины бетонные и железобетонные».

Результаты исследований используются в учебном процессе Вузов России гидротехнического профиля, включены в учебники и учебные пособия.

Личный вклад автора.

Диссертант непосредственно участвовал в решении всех проблем проектирования, строительства и эксплуатации плотин в особо суровых

климатических условиях и является автором основных предложенных конструктивно-технологических решений.

Лично автором выполнены также обобщения опыта строительства по рассмотренным в диссертации вопросам технологии бетонных работ и календарному планированию с разработкой конкретных предложений и рекомендаций.

Апробация работы.

Материалы исследований и разработок по теме диссертации докладывались на многих научно – технических конференциях, техсоветах, внедрены в реальные объекты Мамаканской и Зейской ГЭС, а натурные исследования на них показали эффективность принятых решений. Результаты работы используются в проектной практике.

На защиту выносятся:

1 Новые конструктивно-технологические решения бетонных плотин в особо суровых климатических условиях, внедрение которых внесли значительный вклад в развитие гидротехники и экономики страны, а именно:

- конструкция плотины облегченного типа (с расширенными швами или массивно - контрфорсные) с обогреваемыми полостями с поддержанием в них положительных температур в период эксплуатации;
 - столбчатая система разрезки плотины с объёмными межстолбчатыми швами;
 - технология омоноличивания плотины путём бетонирования объёмных межстолбчатых швов, при температурах ниже среднегодовой, т.е. при полностью замороженном бетоне;
 - конструкция и технология возведения станционной части плотины с устройством «скользящего» шва между обетонированным трубопроводом и основным массивом.
- 2 Результаты обобщения опыта строительства плотин (гидроузлов) с разработкой конкретных предложений по технологии бетонных работ и календарному планированию возведения сооружений.

Публикации:

Основные положения диссертации опубликованы в 47 работах, в том числе 15 работ в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК: в журнале «Гидротехническое строительство» - 11 работ; в издательствах «Стройиздат», «Энергоиздат», «Энергоатомиздат» - 4 работы (в т.ч. учебник автора «Организация, планирование и управление гидротехническим строительством» - М.: Стройиздат, 1989, 416 с.).

Объем и структура диссертации.

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы из 127 наименований, списка основных опубликованных работ автора по теме диссертации из 47 наименований, всего 225 страниц.

Содержание работы

В Главе 1 «Анализ зарубежного и отечественного опыта плотиностроения», дан обзор строительства высоких плотин на период работы по проектированию гидроузлов в Сибири и Дальнем Востоке (1950-1970 годы).

Мировое гидростроительство к этому периоду имело достаточно большой опыт строительства высоких бетонных плотин. Анализ зарубежного гидростроительства показал большое разнообразие в подходе к выбору типа плотины и их конструктивных решений. В каждой стране имелись свои особенности, учитывающие местный опыт и условия строительства. Однако всюду проявлялась тенденция к переходу от чисто гравитационных плотин к облегченным типам.

В то же время анализ показал, что в зарубежной практике отсутствует опыт строительства плотин в особо суровых климатических условиях, так как все эти страны и районы строительства находятся в умеренных или относительно суровых климатических условиях.

В отечественной практике из относительно крупных гидроузлов с бетонными плотинами на этот период были построены Волховская ГЭС, Днепровская ГЭС, Усть-Каменогорская и Бухтарминская ГЭС. Все эти гидроузлы строились в основном в Европейской части СССР с относительно благоприятными климатическими условиями при средне-годовых температурах выше 0°C. Предстояло строительство таких гидроузлов, как Братская, Красноярская, Мамаканская ГЭС, Усть-Илимская и Зейская ГЭС с высокими плотинами и расположенными именно в суровых и особо суровых климатических условиях. Таким образом, для отечественного гидростроительства предстояло решать многие задачи, которые в зарубежной практике не встречались.

Важной характеристикой климатических условий является среднегодовая температура наружного воздуха, определяющая температурное состояние массивных сооружений в период эксплуатации. Эти характеристики для ряда плотин даны в таблице 1:

Таблица 1

№	Наименование ГЭС	Высота плотины $H_{пл}$	Среднемесячная температура января $t_{январь}$	Среднегодовая температура $T_{ср.годовая}$	Год строительства
1	Усть-Каменогорская	65	-16	3,0	1947-1953
2	Бухтарминская	90	-16,2	2-3	1955-1961
3	Братская		-23,6	- 2,6	1955-1963
4	Мамаканская	57	-33	-5,6	1959-1962
5	Красноярская	125	-17,1	-0,4	1962-1970
6	Усть-Илимская	105	-25,6	-3,9	1968-1975
7	Зейская		-30,1	-4,1	1970-1980

За характеристику особо суровых климатических условий в данной работе приняты условия, при которых в гравитационной плотине в период эксплуатации имеет место зона с отрицательной температурой. С учетом обогревающего действия водохранилища, к этим условиям отнесены районы с среднегодовой температурой воздуха ниже минус 3-4 °С.

Наиболее суровые климатические условия имеют место в районе Мамаканской и Зейской ГЭС, поэтому именно для этих плотин требовалось детально изучить влияние климатических условий на условия строительства и эксплуатации плотины и на основе этого выбрать наиболее целесообразный тип плотины и технологично их возведения.

В разработку общих вопросов плотиностроения большой вклад внесли такие учёные как В.С. Баумгарт, М.М.Гришин, Б.Г. Галеркин, С.Г. Гутман, Е.А.Замарин, Г.Н. Маслов, А.Л.Можевитинов, Л.В. Олешкевич, Л.Н. Рассказов, Н.П. Розанов, В.П. Скрыльников, Р.Р Чугаев и другие. По мере проектных разработок и возникновения новых вопросов связанных со строительством плотин в суровых и особо суровых климатических условиях, широкое участие в их разрешении приняли учёные: С.В. Александровский, А.З. Басевич, А.В. Белов, П.И. Васильев, А.М. Гаркун, Ф.Г. Гунько, К.И. Дзюба, Ю.И. Кононов, Е.А. Коган, Л.И. Кудояров, С.А. Кузьмин, М.С. Ламкин, К.А. Мальцев, Ю.Б. Мгалобелов, В.Г. Орехов, Н.С. Розанов, Л.А. Розин, И.Б. Соколов, Л.П. Трапезников, С.А. Фрид, А.А. Храпков, Г.Н. Чилингаришвили, А.В. Швецов и другие.

В решение проблем натуральных наблюдений внесли большой вклад Е.Л. Будников, М.И. Гогоберидзе, В.Н. Дурчева, А.П. Епифанов, А. Н. Марчук, В.И. Сильницкий, С.Я. Эйдельман и др.

По организационным вопросам гидростроительства, в частности по вопросам последовательности и срокам возведения, широкие исследования проведены Б.М. Ерахтиным, В.Я. Шайтановым, В.С. Эристовым и др.

Большой вклад в решение практических вопросов строительства в этих условиях внесли главные специалисты и главные инженеры проектов института Гидропроект: С.С. Агалаков, С.А.Березинский, В.Н. Боярский, В.Н. Вагнер, А.Ф. Васильев, Ю.А. Григорьев, Я.Э. Глушкин, Л.К. Доманский, К.К. Кузьмин, Н.А. Малышев, М.А. Миронов, В.Д. Новоженин, Н.А. Огородников, Г.А. Претро, Н.В.Разин, Д.А. Рогозин, И.Л.Сапир, Н.Г. Семенов, Г.К. Суханов, Е.Н. Терентьев, Л.А. Толкачев, Н.А. Филимонов, Н.В. Хлебников и др.

В главе 2 «Основные направления конструктивно-технологических решений по бетонным плотинам, расположенным в особо суровых климатических условиях» рассмотрены особенности строительства в этих районах и обоснованы направления их учёта при выборе конструктивно-технологических решений.

В главе рассмотрены вопросы выбора типа бетонной плотины, метода ее омоноличивания, определения параметров плотин, особенностей конструктивных решений для отдельных частей плотины.

Выбор типа плотины. Показано, что при выборе типа плотины существенное значение имеет учет особенностей температурного режима и напряженного состояния различных типов в условиях эксплуатации. Проведенные расчетно-теоретические исследования показали, что такие плотины в условиях эксплуатации при отрицательных среднегодовых температурах ниже минус 3-4°С промерзают на большую часть своего профиля. Внутри плотины формируется ядро с отрицательной температурой, а наружные грани имеют знакопеременные температуры, в зависимости от температуры наружного воздуха. [1, 28] Эти колебания распространяются на глубину 6-10 м. (рис. 1). Все это вызывает раскрытие строительных швов со стороны низовой грани и соответствующее ухудшение напряженного состояния верховой грани. Глубина раскрытия швов достигает – 4-6м.

Для уменьшения этих отрицательных последствий были рассмотрены варианты устройства теплоизоляции со стороны низовой грани или устройства искусственного подогрева области примыкающей к низовой грани. [1,18] Однако, оба варианта оказались достаточно дорогостоящими. Кроме того, первый вариант практически был неприемлем для водосливной грани, второй вариант не имел достаточно удовлетворительного технического решения.

В качестве альтернативы варианту гравитационного типа плотины был рассмотрен вариант облегченного типа плотины с замкнутыми внутренними обогреваемыми полостями с возможностью регулирования температуры обогрева. В этом варианте исчезла область постоянно замороженной части плотины, значительно сократилась область знакопеременных температур со стороны низовой грани, которая могла регулироваться путем подогрева полостей. Вероятная глубина раскрытия швов сократилась в 2-2,5 раза и составляла 2,0-2,5 м, что не вызвало существенного изменения в напряженном состоянии плотины.

Проведенные исследования показали, что с точки зрения температурного режима в период эксплуатации и его влияния на напряженное состояние, вариант облегченной плотины с внутренним обогреваемыми полостями имеет явные преимущества и был рекомендован в качестве основного для особо суровых климатических условий.

Выбор способа омоноличивания. При исследовании методов возведения и омоноличивания плотин было установлено, что предложенный тип плотины является предпочтительным и по условиям ее возведения и омоноличивания. Из всех возможных схем разбивки на блоки бетонирования, для таких климатических условий наиболее целесообразной системой являлась столбчатая. При этом для исключения раскрытия межстолбчатых швов плотины в период эксплуатации, омоноличивание швов должно производиться при температурах в соседних столбчатых массивах не ниже температур, которые устанавливаются в них в период эксплуатации, а поэтому необходимо было осуществлять омоноличивание при отрицательных температурах в бетонных массивах. Применение метода омоноличивания цементацией при

отрицательных температурах вызвал большие осложнения и не гарантировал качества.

В результате исследования этого вопроса, автором был предложен и разработан новый способ омоноличивания с помощью бетонирования объемных межстолбчатых швов. [1, 28, 33]. Он заключается в том, что столбчатые массивы возводятся, как и обычно, но между ними оставляется «щель» – объемный межстолбчатый шов шириной 1,0-1,5 м., в которой после остывания массива укладывается бетон. Этот метод назван «метод омоноличивания столбчатых массивов с помощью бетонирования объемных межстолбчатых швов».

Существенным преимуществом указанного способа является возможность влияния на напряженное состояние верховой грани плотины. Омоноличивание швов при температурах в столбах ниже будущих эксплуатационных температур при повышении температур бетона до эксплуатационных вызывало соответствующее «обжатие», которое повышает сжимающие напряжения на верховой грани, улучшая его напряженное состояние. Выбирая условия омоноличивания можно заранее предусмотреть требуемое обжатие.

Определение параметров профиля. Для определения параметров профиля плотин автором была разработана специальная методика. [3, 5, 16] Показано, что определение параметров профиля массивных и массивно-контрфорсных плотин целесообразно производить на базе треугольного профиля. Основные определяющие критерии прочности и устойчивости первоначально были выбраны в соответствии с требованиями норм СН 123-60.

Устойчивость плотины обеспечивается выполнением требования о соблюдении нормативного коэффициента запаса $K_{уст.норм}$, выражаемого как отношение предельных сил сопротивления сдвигу к сумме активных сил. В наиболее общей форме это требование выражается зависимостью

$$K_{уст.расч} = \frac{f\Sigma N + CF}{\Sigma T} \geq K_{уст.норм.} \quad (2.1)^*$$

Основными определяющими критериями прочности были приняты следующие:

- а) отсутствие главных растягивающих напряжений в основании верховой грани плотины (при расчете с учетом противодействия воды);
- б) наличие на верховой грани сжимающих главных напряжений, равных по величине не меньше четверти гидростатического давления (при расчете без учета противодействия). Применительно к одному и тому же сечению на контакте «плотина-основание» из этих двух требований определяющим при выборе профиля является первое.

* Здесь и далее №№ формул даны по №№ в диссертации.

В общем виде это условие можно выразить формулой

$$\sigma_s^e = \beta \gamma_e H = \sigma_y^e (1 + m_1^2) - \gamma_e H m_1^2 \leq 0, \quad (2.2)$$

где σ_s^e - минимальное главное напряжение в основании верховой грани; β - безразмерный коэффициент, соответствующий требуемому напряжению в долях от гидростатического давления; σ_y^e - нормальное напряжение по горизонтальной площади в основании верховой грани; m_1 - наклон верховой грани; H - напор в основании верховой грани; γ_e - удельный вес воды.

Расчетная схема (рис. 2) позволяет учитывать все возможные нагрузки и элементы конструкций массивных и облегченных плотин. В соответствии с исходными уравнениями и расчетной схемой были выведены расчетные уравнения, связывающие параметры профиля. Оптимальные параметры определяются путем решения уравнений прочности и устойчивости. Наиболее простой способ решения – графический. Оптимальные параметры соответствуют точке пересечения кривых, выражающих отдельно условие прочности и устойчивости.

При расчетах по предельным состояниям в соответствии с новым СНиП II-54-77 (2.06.06.85) «плотины бетонные и железобетонные» новые критерии устойчивости и прочности, были приведены к виду 2.1 и 2.2, что позволяет пользоваться полученными уравнениями и при использовании новых норм.

Критерий устойчивости в конечном виде выражается как:

$$K_{уст} = K_n \frac{n_c}{m_{nl}} \quad (2.10)$$

где n_c - коэффициент сочетания нагрузок;

K_n - коэффициент надежности; m_{nl} - коэффициент условий работы, учитывающей особенности работы плотины, их элементов и оснований.

Прочность плотины по СНиП II-54-77 рассчитывается в два этапа. На первом этапе, когда выбирается профиль плотины, условие прочности на контакте верховой грани плотины с основанием записывается подобно ф. (2.2)

$$\sigma_n^e \leq 0, \quad (2.11)$$

где σ_n^e - нормальное напряжение в основании верховой грани на контакте плотины с основанием. Расчет напряжений выполняется по зависимостям сопротивления материалов на нагрузку основного сочетания с учетом температурных воздействий, учитывающих раскрытие строительных швов. Определяющим условием при выборе профиля являются обычно условия русловых секций. Основание этих секций располагаются ниже уровня нижнего бьефа и поэтому раскрытие строительных швов по контакту отсутствует. Это дает основание применить расчетную схему по рис. 2 без учета температурных воздействий.

Таким образом, предложенной методикой и формулами можно пользоваться и при применении современных норм СНИП, с соответствующей корректировкой $K_{уст}$ по ф. (2.10).

Конструкция стационарной части плотины. Одной из проблем конструктивно-технологических решений по стационарным частям высоконапорных плотин, кроме рассмотренных выше, является расположение трубопроводов ГЭС внутри тела плотины. До недавнего времени существовало в основном два варианта конструктивных решений по размещению трубопроводов. При первом варианте трубопровод располагается внутри тела плотины на значительном расстоянии от низовой грани. При втором варианте, трубопровод выносится из тела плотины и располагается на низовой грани. Трубопровод выполняется сталежелезобетонным жестко связанным с низовой гранью.

Каждый из них имеет свои положительные и отрицательные стороны. В первом варианте имеют место сложности в совмещении бетонных и монтажных работ, а также в условиях омоноличивания плотины, что сдерживает темпы работ.

Во втором варианте, при расположении трубопровода на низовой грани, возведение плотины и ее омоноличивание практически не связано с монтажом трубопровода. Это упрощает всю организацию работ по строительству плотины. В то же время и это решение имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что конструктивное оформление сопряжения выносного трубопровода со зданием ГЭС требует устройства дополнительной бетонной анкерной опоры и соответствующего существенного увеличения объема бетона на её создание.

С целью ликвидации всех недостатков, присущих и первому и второму варианту автором было предложено иное конструктивное решение, заключающееся в том, что трубопровод располагается внутри профиля плотины вблизи и параллельно низовой грани, но участок бетонного массива вокруг трубопровода (обетонированный трубопровод) отрезается от основного массива «скользящим» температурным швом. При этом межстолбчатые швы доходят только до этого температурного шва, что обеспечивает их независимую деформацию и омоноличивание в период строительства. Шов не влияет на напряженное состояние плотины, так как располагается вдоль траекторий главных напряжений.

На строительный период до наполнения водохранилища, в верхней части обетонированного трубопровода оставляется объёмный температурный шов в бетоне и сварной шов в металлическом трубопроводе. Швы омоноличиваются и свариваются после того как бетонная оболочка вокруг трубопровода остынет до необходимых температур омоноличивания. При наполнении водохранилища бетонный массив вокруг трубопровода включается в нормальную работу плотины, создавая дополнительное «обжатие» верховой грани и улучшая напряженное состояние.

В главе 3 «Реализация конструктивно-технических решений в проектах плотин, построенных в особо суровых климатических условиях», дана конкретная реализация автором направлений, изложенных в гл. 2, при проектировании плотин Мамаканской, и Зейской ГЭС.

Решения по плотине Мамаканской ГЭС. Примером конструкции плотины с замкнутыми полостями является впервые разработанная и возведенная в Союзе плотина Мамаканской ГЭС, расположенная в зоне вечной мерзлоты.[1, 2, 28, 33]

Климат этого района особо суровый, резко континентальный, с амплитудой колебаний температуры воздуха 97° и среднегоголетней температурой воздуха минус $5,6^{\circ}\text{C}$. При разработке конкретных конструктивно-технологических решений были учтены все особенности изложенные в главе 2.

Выбор параметров теоретического профиля плотины и ширины расширенного шва был произведён по предложенной автором специальной методике [28]. Плотина имеет уклон верховой грани 1:0,05 и низовой 1:0,75. Наибольшая высота плотины – 57,0 м. Плотина разделена температурными швами на 23 секции шириной по 14,5-15,0 м. Ширина внутренних полостей плотины – 6,0 м.

Для лучшего восприятия резких изменений температуры во всех частях, подверженных воздействиям наружного воздуха, дополнительно устроены швы-надрезы, разделяющие секцию шириной 15,0 м на части по 7,5 м (на глухой плотине) или на 6 и 9 м (на водосливной плотине). На станционной части плотины забральная балка водоприемника и низовая напорная стенка выше отметки сработки водохранилища отрезаны от бычков и при температурных деформациях работают самостоятельно.

Проведенные расчетно-теоретические исследования и модельные исследования подтвердили выполнение требований нормативных документов. Были проведены также дополнительные исследования с учетом раскрытия строительных швов на глубину до 3,75 м, которые также показали допустимое напряженное состояние. Минимальные главные напряжения близки к 0, а максимальные равны 23 кг/см^2 .

Разрезка плотины на блоки бетонирования принята столбчатой с объемными межстолбчатыми швами.

Решения по плотине Зейской ГЭС. Дальнейшим развитием и усовершенствованием конструкции плотины для особо сурового климата явилась плотина Зейской ГЭС, построенная на р. Зее. [18,19,35,43] Среднегодовая температура равна минус $4,2^{\circ}\text{C}$. Экстремальная амплитуда температуры достигает $95,2^{\circ}\text{C}$,

Высота плотины составляет 115 м., длина по гребню – 710 м., объем бетона 2200 тыс. куб. м. Отсутствие опыта строительства таких больших плотин в столь суровых климатических условиях при круглогодичном ведении работ вновь поставило проблему выбора конструктивного типа плотины. Был проанализирован опыт строительства Мамаканской и Братской плотин, который показал необходимость решения проблем указанных в главе 2.

В итоге исследований различных вариантов была доказана необходимость выполнить плотину Зейской ГЭС также с замкнутыми обогреваемыми внутренними полостями в виде плотины контрфорсного типа.

[18]. Основные размеры плотины были определены по методике автора [3] с реализацией ее на ЭВМ [22]. Уклон верховой грани определен 1:0,15, относительная ширина по основанию $v/n = 0,95$, уклон верховой грани 1:0,80, толщина контрфорса 7 м, при ширине типовой секции 15 м. Учет особенностей конструкции и сил, действующих на конкретную секцию плотины (станционные, водосливные), проводился некоторый их корректировкой.

Для водосливных секций плотины (рис. 3) существенное влияние на профиль имели условия пропуска сбросных расходов через плотину и, в соответствии с этим, выбор отметки гребня плотины. Для выбора отметки гребня автором была разработана специальная методика с учетом ущерба от наводнений при различных обеспеченностях сбросных расходов. Отметка гребня была выбрана по минимуму капиталовложений во все элементы плотины, водохранилища и нижнего бьефа и ущерба от затоплений в нижнем бьефе. Без учета этих особенностей отметка гребня определялась на 3 м ниже. В конструкции водосливных секций плотины учтено также расположение донных отверстий для пропуска строительных расходов в период строительства.

В станционной части плотины реализовано решение по расположению трубопровода в теле плотины. [15,43] (рис. 4). Трубопровод расположен внутри тела плотины вблизи и параллельно низовой грани и отрезан от основного массива скользящим температурным швом. При этом межстолбчатые швы в основном массиве доходят только до этого шва, что обеспечивает их независимую деформацию и омоноличивание. Решение защищено а/с на изобретение № 713146.76. Его внедрение на строительстве обеспечило благоприятные условия для совмещения бетонных, монтажных работ и работ по омоноличиванию плотины и в целом сократить реальный срок пуска агрегатов на один год.

Решение плотины в массивно-контрфорсном варианте, кроме уменьшения неблагоприятного влияния температурных воздействий на напряженное состояние плотины, позволило уменьшить ее стоимость на 15% по сравнению с гравитационным профилем.

Исследования. Для обоснования принятых решений был выполнен большой объем расчетно-теоретических и модельных исследований

[12,18,20,24,34,37]. В главе дано подробное изложение результатов этих исследований. Сравнительные эпюры напряжений в одном из средних по высоте сечений и в основании плотины (рис. 5а), по различным методам показали достаточно близкое совпадение результатов расчета методами строительной механики с результатами исследований и расчетов по точному методу. Это позволило для конкретных конструктивных решений и условий Зейской ГЭС принять метод сопротивления материалов

за основной при расчете напряженного состояния тела плотины. Этим методом определялось напряженное состояние тела всех секций плотины. Метод конечных элементов использовался только для расчета напряженного состояния плотины вблизи основания при наличии в нем тектонических зон и трещин.

Поскольку контрфорсная плотина Зейского гидроузла строилась в районе с особо суровыми климатическими условиями, кроме обычных воздействий и нагрузок при исследованиях напряженного состояния, учитывались температурные воздействия в эксплуатационный период, а также условия омоноличивания межстолбчатых швов в строительный период.

Температурное поле, построенное на январь расчетного года с учетом подогрева воздуха в пазухе (рис. 5б), показывает, что глубина промерзания в зоне низовой грани плотины примерно равна толщине теплозащитной стенки, т.е. 3 – 3,5 м. Для сравнения укажем, что для варианта массивной гравитационной плотины Зейской ГЭС глубина промерзания составляет 8-15 м, а полная 30-35 м, т.е. около половины всего профиля. Исследования показали, что для поддержания оптимального температурного режима в полости плотины достаточно мощности 10 –15 *квт* электрокалориферов. Глубина раскрытия швов определялась по различным методикам Ленгидропроекта и ВНИИГ Б.Е. Веденеева, которые дали сравнительно одинаковые результаты. Наибольшая глубина раскрытия строительных швов оказалась равной 3,0м в феврале – марте. Расчёт напряжений на верховой грани плотины, выполненный с учётом раскрытия швов, показал, что для контрфорсной плотины снижение этих напряжений составляет всего 5-6%, а для варианта гравитационной плотины 20-30%.

Кроме температурных воздействий в период эксплуатации на общее напряжённое состояние плотины существенное влияние оказывают температурные напряжения в строительный период и условия омоноличивания межстолбчатых швов. При минимальной температуре в контрфорсе в период эксплуатации плюс 1°С, с учетом других положительных факторов, оптимальная температура омоноличивания была принята 0÷+3°С. Более низкая температура при омоноличивании дает дополнительное обжатие столбов, что является благоприятным фактором, вполне допустимым и даже желательным, более высокая – ухудшает напряжённое состояние.

В глава 4 « Оценка предложенных конструктивно-технологических решений на основе анализа данных натуральных наблюдений в период строительства » даны результаты натуральных наблюдений и их анализ на строительствах Мамаканской ГЭС и Зейской ГЭС.

Наблюдения на Мамаканской ГЭС. Плотина Мамаканской ГЭС является одной из первых высоких бетонных плотин в России, строящейся в особо суровых климатических условиях и поэтому являлась практическим полигоном для отработки и проверки конструктивных и технологических решений.

Наблюдения проводились НИСом Гидропроекта и отделом рабочего проектирования проектной организации ОРП при непосредственном личном участии и методическом руководстве автора, являющегося в это время начальником ОРП и главным инженером проекта плотины. Наблюдения проводились по следующим направлениям: за температурным режимом секций плотины, условиями омоноличивания, за общей деформацией секций плотины, за противодавлением в основании плотины, за фильтрацией. В главе кратко изложены результаты тех из вышеуказанных наблюдений, которые в той или иной мере характеризуют прочность и устойчивость отдельных секций плотины.

Наблюдения показали [2, 28, 33], что: деформации секций плотины находятся в пределах упругой ее работы; все наблюденные ранее, в начальный строительный период, трещины и раскрытые межстолбчатые швы при создании в полостях положительной температуры закрылись полностью или имеют раскрытия, близкие к нулю; противодавление в основании не превышает расчетного; фильтрация через тело и основание плотины ничтожна. Тип плотины с расширенными швами оправдал себя в суровых климатических условиях района Мамаканской ГЭС (среднегодовая температура равна $-5,6^{\circ}\text{C}$) и позволил уменьшить объем бетона по сравнению с массивным на 21,5%.

Из применявшихся двух методов омоноличивания столбчатых массивов плотины наиболее надежным и рациональным в таких суровых климатических условиях оказался способ омоноличивания путем бетонирования объемных межстолбчатых швов. Этот способ позволил вести омоноличивание замороженных столбов плотины в течение всего весенне-зимнего сезона.

Для обеспечения стабильного температурного поля тела плотины в процессе эксплуатации предусмотрен электрообогрев воздуха в полостях с помощью электрокалориферов общей мощностью 80 квт. Включение электрокалориферов производится только в конце зимы на 1,0 – 1,5 месяца. В итоге в эксплуатационный период установился постоянный режим с температурой бетона около 5°C за исключением зон со стороны низовой грани, где бетон подвержен колебаниям наружной температуры воздуха.

Наблюдения на Зейской ГЭС. Полный комплекс наблюдений проводился и на строительстве Зейской ГЭС [24,43,44]. Целью всех этих наблюдений являлся контроль за выполнением технологических правил производства работ в частности бетонных работ и соответствующая корректировка отдельных решений. Автор, являясь в начале главным инженером проекта гидротехнических сооружений, а затем заместителем главного инженера института Ленгидропроект, принимал непосредственное участие в определении состава наблюдений, в анализе данных натурных наблюдений и выработке конкретных дополнительных технологических решений, в ходе строительства.

Температурный режим твердения бетона и условий омоноличивания был установлен технологическими правилами на производство бетонных работ из условий исключения появления трещин в бетоне. При этом регламентировался максимально допустимый разогрев бетонной кладки и перепад температур

между ядром блока и его гранями. Исходя из этих требований, устанавливалась высота блоков, теплозащита уложенного бетона и уход за ним в период твердения. Высота блоков изменялась в пределах: для контактной зоны - 1,0 - 1,5 м, для переходной - 1,5 - 3,0 м, для свободной - 3,0 - 6,0 м. Максимальные температуры разогрева равнялись соответственно 25÷28, 42, 42°С, перепады температур соответственно 16, 18, 22÷25°С. Регулирование температуры бетонной кладки осуществлялось как исходной температурой бетонной смеси, так и условиями твердения.

Для массивных блоков оголовка плотины применялось трубное охлаждение.

Так же как и в плотине Мамаканской ГЭС, омоноличивание плотины осуществлялось в основном с помощью бетонирования объемных межстолбчатых швов при отрицательных температурах в столбах. Время омоноличивания выбиралось таким, чтобы температуры в омоноличиваемых столбах были максимально низкими (рис. 6). Наибольшую трудность в осуществлении омоноличивания представляла подготовка блоков к бетонированию, в частности, распалубка и расчистка блока, отогрев его поверхностей. С целью уменьшения трудозатрат, вместо деревянной опалубки применялась железобетонная с рифлением, а на поверхностях контрфорсов – утепленная железобетонная. Для исключения нахождения рабочих в блоке в период бетонирования использовался литой бетон с водоудерживающей добавкой – бентонитовой глиной.

Возможности обеспечения благоприятного напряженного состояния плотины за счет регулирования условий омоноличивания объемных межстолбчатых швов использовались в течение всего периода строительства. Ряд таких мероприятий были применены при подготовке сооружений к пуску 1-х агрегатов. [24]

О достаточно благоприятном термонапряжённом состоянии блоков в период строительства свидетельствует и низкая интенсивность трещинообразования. Так за 8 лет укладки бетона наблюдениями обнаружено только 340 трещин. Трещины носили поверхностный характер и возникали, как правило, вследствие интенсивного остывания бетона после распалубки.

В Главе 5 «Сопоставление проектного и современного состояния плотины Зейской ГЭС и экономическая эффективность» изложены результаты натуральных наблюдений в период эксплуатации, их сравнение с проектными предположениями и экономическая эффективность осуществляемых проектных решений. Строительство плотины было практически завершено к 1985 году и с этого года началась нормальная эксплуатация сооружения. В 2002 г. Зейская ГЭС принята в постоянную эксплуатацию.

Натурные наблюдения за состоянием сооружений на Зейской ГЭС по приборам КИА в период строительства и начала эксплуатации осуществлял Сибирский филиал ВНИИГ с участием ОРП Ленгидропроекта и дирекции ГЭС. В результате установлено, что современное состояние основных сооружений

гидроузла по результатам натуральных наблюдений, соответствует проектным предположениям [43]. Внутри плотины поддерживается положительная температура (рис. 7а). Плотина характеризуется благоприятным напряженно – деформированным состоянием, которое сформировалось в ней в строительный и эксплуатационный период вследствие реализации всех новых конструктивных и технологических мероприятий намеченных в проекте (рис. 7б). Раскрытия межстолбчатых швов не наблюдается (рис. 7в).

Накопленный к настоящему периоду опыт эксплуатации плотины Зейской ГЭС показал, что массивно – контрфорсная плотина с обогреваемыми заткнутыми полостями и омоноличиванием с помощью объемных межстолбчатых швов является наиболее рациональной для особо суровых климатических условий. Наиболее характерным показателем этого является то, что за весь период эксплуатации как Мамаканской (40 лет), так и Зейской (25) не было ни одного ремонта напорной грани и цементационной завесы в основании плотины, что говорит о их благоприятном напряженном состоянии. На других объектах с иными решениями по плотине наблюдается периодические ремонты этих элементов сооружения. Комиссия по приему Зейской ГЭС приняла в постоянную эксплуатацию плотину с оценкой «отлично».

Реализация конструктивно – технологических решений по плотине Зейской ГЭС в т.ч. и по станционной части позволила сократить реальные сроки строительства на 1 год и получить значительный экономический эффект. По данным проектной организации и дирекции ГЭС экономический эффект складывался из следующих составляющих (в ценах 1991 г): экономия за счет принятия плотины массивно-контрфорсного типа и оптимизации параметров по сравнению с гравитационным типом - 15% или 36 млн. руб.; экономия бетона, арматуры, металла от принятия комплекса новых решений по станционной плотине в сравнении с вариантом выносного трубопровода

– 5,9 млн. руб.; экономия от дополнительной выработки электроэнергии в

3,8 млрд. кВтч за счет пуска агрегатов на 1 год раньше срока - 69,7млн.руб.

Глава 6 «Определение требований к технологии бетонных работ для обеспечения трещиностойкости и монолитности массивных бетонных сооружений» посвящена обобщению подходов к определению требований к технологии бетонных работ для обеспечения этих требований. [9,10,11,14,40,42] Рассмотрены вопросы формирования температурного режима в блоках бетонирования и его влияния на термо напряжённое состояние. Дан подход к определению допустимых перепадов температур. Проанализированы факторы, влияющие на величину допустимого перепада температур и указаны возможности влияния технологических факторов. Общая зависимость для допустимых перепадов температур $[\Delta T]$ имеет вид:

$$[\Delta T] = \varphi \left(\frac{\varepsilon_{np} M}{\alpha K_3 K_p K_{mp}} \right), \quad (6.2)$$

где ε_{np} - предельная растяжимость бетона; K_3 - коэффициент заземления; K_p - коэффициент релаксации; μ - коэффициент Пуассона; α - коэффициент линейного расширения; K_{mp} - коэффициент запаса на трещинообразование.

Проанализированы факторы, влияющие на величину допустимого перепада температур и указаны возможности технологического влияния на эти величины. Для различных зон плотины указаны основные причины трещинообразования и основные перепады (рис. 9).

- 1) для блоков «защемлённых» и расположенных в основании плотины основной причиной трещинообразования является перепад между осреднённой температурой в блоке в период экзотермии $T_{б.экз.}^{макс.}$ и осреднённой температурой в период эксплуатации $T_{б.экспл.}^{ср.}$

$$\Delta T_I = T_{б.экз.}^{макс.} - T_{б.экспл.}^{ср.} ; \quad (6.3)$$

- 2) для блоков в свободной зоне – перепад температур в центре блока $T_{б.ц.}^{макс.}$ и температурой бетона на гранях блока в данный период ($T_{б.гр.}$)

$$\Delta T_{II} = T_{б.ц.}^{макс.} - T_{б.гр.} ; \quad (6.4)$$

Для экспертных оценок и предпроектных стадий проектирования предложен приближенный способ определения величины необходимого технологического снижения максимальной температуры для блоков на жестком основании по условиям его трещиностойкости $\Delta T_6^{техн}$ (рис. 8).

$$\Delta T_6^{техн} = T_{б.э}^a - [T_6^{макс}] \quad (6.17)$$

В главе рассмотрены все влияющие факторы. В зависимости от величины $\Delta T_6^{техн}$ рекомендован комплекс технологических мероприятий, обеспечивающих такое снижение. В результате сформулированы направления конструктивных и технологических мероприятий по обеспечению трещиностойкости и монолитности бетонных гидротехнических сооружений. Одним из основных направлений является выбор рациональной системы разбивки на блоки бетонирования и их размера. Предложено принять следующую классификацию систем разрезки:

1) ярусная «вперевязку»; 2) столбчатая с тонкими межстолбчатыми швами; 3) столбчатая с объемными межстолбчатыми швами; 4) секционная с многослойными длинными блоками; 5) секционная с однослойными длинными блоками из вибрируемого бетона; 6) секционная с однослойными длинными блоками из укатанного бетона.

Для каждой системы даны рекомендации по области применения, их преимущества и недостатки. Сформулированы общие принципы разбивки сооружения на блоки бетонирования.

В главе 7 «Этапы строительства гидротехнических сооружений и составление календарных планов» рассмотрены особенности гидротехнического строительства и их влияние на организацию и планирование [1,7,8,13,21,25,39,40]. С целью более четкого определения последовательности работ и продолжительности основного периода строительства, последний предложено разбивать минимум на пять этапов, которые имеют место на любом объекте гидростроительства:

I этап - возведение сооружений, необходимых для возможности перекрытия русла;

II этап – перекрытие русла;

III этап – наращивание сооружений, необходимых для начала наполнения водохранилища;

IV этап – наполнение водохранилища до отметок пуска первоочерёдных агрегатов и пуск первых агрегатов;

V этап – наращивание сооружений и наполнение водохранилища до проектных отметок с последовательным, поочерёдным пуском всех агрегатов.

Каждому из этих этапов соответствует своя схема пропуска строительных расходов и необходимая конструктивная готовность сооружений с соответствующими объёмами работ. При этом задача организационных и конструктивно технологических решений заключается в поиске решений, обеспечивающих минимально возможные объёмы и минимально возможные продолжительности каждого из этапов (рис. 9).

Продолжительность строительства, в т.ч. и основного периода для крупных объектов гидростроительства определяется в проектах организации строительства при составлении календарного плана. Строго обоснованного общего алгоритма составления планов не имеется. Автором сделана попытка составления более общего алгоритма. Рекомендуется следующая последовательность работ по формированию календарного плана для основного периода строительства:

1. Намечаются характерные этапы возведения основных сооружений, на основе анализа особенностей и конкретных условий;
2. Устанавливается минимально необходимая конструктивная готовность каждого сооружения на каждом этапе и анализируется их технологичность.
3. Определяются соответствующие минимально необходимые объёмы основных определяющих видов работ на каждом этапе;

4. Осуществляется последовательное составление и оптимизация самого графика в несколько стадий:

I стадия – составление предварительного укрупненного линейного календарного плана, с установлением продолжительности основного периода строительства на основе установления продолжительностей отдельных этапов;

II стадия – установление резервов времени выполнения отдельных видов работ на основе использования более сложных моделей, в частности сетевой;

III стадия – оптимизация календарного плана по различным ресурсам, на основе использования резервов времени, установленных на II этапе.

На первой стадии при составлении предварительного календарного плана в состав работ включаются только основные работы данного этапа, определяющие его продолжительность. Календарные сроки этапов увязываются с гидрологическим режимом реки. При этом учитывается влияние различных иных условий на продолжительность и сроки этапов (сроки перекрытия русла, возведения перемычек, наполнения водохранилища и др.). [23,27,30,31,32]

Составление такого предварительного плана позволяет определить общую продолжительность основного периода, как сумму продолжительностей отдельных этапов.

$$T_{осн} = \sum_{k=1}^{k=n} T^k, \quad (7.1)$$

где $T_{осн}$ – продолжительность основного периода строительства, T^k – продолжительность отдельных этапов, n – число этапов, k – номер этапа.

По установленным продолжительностям этапов определяются средние интенсивности по отдельным работам и гидроузлу. Интенсивность на K -ом этапе j -го вида работ, на i -ом сооружении будет равна:

$$J_{ij}^k = \frac{V_{ij}^k}{T^k - \Delta T_{ij}^k}, \quad (7.2)$$

где i – номер вида работ; j – номер сооружения; V_{ij}^k – соответствующие минимальные объемы работ, необходимые к выполнению на данном этапе; T^k – общая продолжительность данных этапов K ; ΔT_{ij}^k – возможная задержка с началом выполнения данного вида работ i на сооружении j по организационно-производственным, климатическим и иным условиям.

Общая средняя интенсивность по гидроузлу i -ой работы на этапе K будет равна

$$J_i^k = \sum_{j=1}^{j=m_1} J_{ij}^k, \quad (7.3)$$

где m – число сооружений.

По результатам расчетов строятся соответствующие графики средних интенсивностей различных видов работ на каждом этапе по сооружениям и по гидроузлу в целом. При этом наибольший интерес по каждому виду работ представляют максимальные средние интенсивности, которые определяют расчетную интенсивность для определения производительности. По предварительно установленной расчетной интенсивности уточняются потребности в машинах и мощности объектов производственной базы.

На второй стадии составления календарного плана определяются возможные резервы времени. Для этого обычно используются сетевые модели. Номенклатура работ включенных в сетевой график обычно увеличивается. Сетевым графиком определяются последовательность и взаимосвязи между работами, состав работ на критическом пути и значения резервов времени для некритических работ.

На третьей стадии осуществляется оптимизация календарного плана по различным ресурсам. Для этого можно использовать или календаризированный сетевой график или линейный график, трансформированный из сетевого. Оптимизация календарного плана выполняется на основе анализа графиков изменения выбранного критерия. Критериями оптимизации могут быть сроки выполнения работ, суммарные интенсивности ведения отдельных работ по гидроузлу, графики движения рабочей силы, распределение капиталовложений по годам строительства и др. Эти графики не должны иметь резких пиков и провалов. С точки зрения капиталовложений целесообразно на каждом из первых этапов строительства выполнять лишь безусловно необходимый минимум работ, перенося выполнение остальных объемов на последующие этапы, что уменьшает омертвление капиталовложений. Для оптимизации графиков используют те резервы времени, которые были определены на II этапе.

При наличии нескольких вариантов ПОС и соответственно сроков строительства подобные планы составляются для каждого варианта и окончательный выбор варианта осуществляется на основе выбранного критерия. Для более быстрого и объективного сравнения различных вариантов необходимо было иметь методику сравнения, реализованную на ПЭВМ. Такая задача реализована в программном комплексе «Calgraf», составленной под руководством автора на кафедре ТОиЭС с участием института «Ленгидропроект». В программе реализованы вышеизложенные принципы составления календарных планов [13,26].

Основные результаты

1. Проведен комплексный анализ влияния особо суровых климатических условий и технологии возведения бетонных плотин на температурный режим и напряжённое состояние плотины в период эксплуатации.

2. Предложены, исследованы, реализованы и апробированы на практике новые конструктивно-технологические решения по бетонным плотинам для особо суровых климатических условий, а именно:
 - 2.1 новая конструкция плотины с замкнутыми обогреваемыми внутренними полостями в виде плотины с расширенными швами (плотина Мамаканской ГЭС) и плотины массивно-контрфорсного типа (плотина Зейской ГЭС), позволяющие обеспечить нужный температурный режим, напряженное состояние плотины и тем самым обеспечить надежность эксплуатации сооружения в особо суровых климатических условиях;
 - 2.2 новый метод омоноличивания плотины путем бетонирования объемных межстолбчатых швов, при полностью замороженных бетонных блоках плотины, обеспечивающий требуемые температурные условия при омоноличивании и получение целенаправленного дополнительного «обжатия» верховой грани, что гарантировало качество и надежность омоноличивания;
 - 2.3 новое конструктивно-технологическое решение по размещению трубопровода ГЭС в станционной части плотины со «скользящим» швом между обетонированным трубопроводом и основным массивом плотины, позволяющее осуществлять независимое ведение бетонных и монтажных работ и обеспечить более благоприятное напряженное состояние плотины.
3. Разработана и внедрена в проектах методика технико-экономического выбора оптимальных параметров профиля плотины на основе совместного решения уравнений, выражающих условия прочности и устойчивости.
4. Обобщен опыт производства бетонных работ при возведении плотин, в результате чего разработаны рекомендации по определению состава технологических мероприятий для обеспечения трещиностойкости бетонных блоков и уточнена классификация систем разрезки на блоки бетонирования.
5. Обобщен организационный опыт возведения гидросооружений, в результате чего предложена наиболее рациональная схема поэтапного возведения сооружений, определяющая последовательность и продолжительность строительства и разработан алгоритм составления календарных планов возведения сооружений и его оптимизации с реализацией его на ЭВМ.
6. Все перечисленные выше решения и предложения имеют научную новизну, реализованы при строительстве плотин Мамаканской и Зейской ГЭС (что позволило сократить сроки строительства и получить значительный экономический эффект), используются в проектной практике и учебном процессе.
7. Предложенные решения могут быть использованы для других объектов, расположенных в подобных условиях.

8. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку и исследование бетонных плотин для этих условий с использованием укатанного бетона.

**Список основных опубликованных работ автора по теме
диссертации .**

(в алфавитно-хронологическом порядке)

А Написанные лично автором.

1. Телешев В.И. Основы проектирования бетонных плотин на скальных основаниях. Учёт условий строительства и эксплуатации. – ГПКЭиЭ «Совещание по строительству высоких бетонных плотин на скальных основаниях». 1964, 15 с.
2. Телешев В.И. Результаты натурных исследований за состоянием плотины Мамаканской ГЭС. // ЛПИ, Научно техническая конференция, 1965, с 17-20
3. Телешев В.И. Методика технико-экономического выбора оптимального профиля массивных и облегчённых плотин. //Известия ВНИИГ 1968, т87, с 210-228.
4. Телешев В.И. Исследование влияния различных условий на параметры профиля массивных и массивно-контрфорсных плотин. //Труды Гидропроекта, 1973, № 34, с 153-163
5. Телешев В.И. Определение параметров профиля массивных и массивно-контрфорсных плотин. //Гидротехническое строительство 1977, № 4, с 16-22.
6. Телешев В.И. Техничко-экономическое обоснование параметров профиля массивных и массивно-контрфорсных плотин.: Учебное пособие. - ЛПИ, 1980, 37 с.
7. Телешев В.И. Технологичность конструкций бетонных плотин в суровых климатических условиях. // Труды всесоюзного научно технического совещания «Исследования, проектирование и строительство гидротехнических сооружений на Крайнем Севере и в районах распространения вечной мерзлоты», Минэнерго, 1981
8. Телешев В.И. Технологичность конструкций бетонных плотин. // Материалы конференций СГС-82, ВНИИГ, 1982.
9. Телешев В.И. Конструктивно-технологические решения по обеспечению трещиностойкости и монолитности массивных бетонных сооружений.: Учебное пособие - ЛПИ, 1983, 90 с.
10. Телешев В.И. Расчет допустимого температурного режима.: Учебное пособие. – ЛПИ, 1983, 38 с.
11. Телешев В.И. Технология и организация гидротехнического строительства. // В учебном пособии «Введение в гидротехнику» под редакцией А.Л. Можевитинова –М.: Энергоатомиздат, 1984, с 197-224

12. Телешев В.И. Основы технико-экономического выбора варианта и оптимальных параметров водосбросов. //Глава в учебнике под редакцией Щавелева Д.С. «Экономика гидротехнического и водохозяйственного строительства». - М.: Стройиздат, 1986, с 184-199.
13. Телешев В.И. Организация, планирование и управление гидротехническим строительством.: Учебник для ВУЗов. – М.: Стройиздат, 1989, 416 с.
14. Телешев В.И. Бетонные работы в гидротехническом строительстве. Теоретические основы определения требований к технологии бетонных работ.: Учебное пособие. – СПбГТУ , 1992, 107 с.
15. Телешев В.И. Анализ конструктивно – технологических решений по размещению трубопроводов ГЭС в станционной части плотины. //Гидротехническое строительство 2001, №5, с 30-33
16. Teleshev V.I. Parameters determination of gravity and gravity-butters dams/ - New-York: Hydrotechnical construction 1977, №4.

Б Написанные в соавторстве:

17. Боярский В.М., Григорьев Ю.А., Телешев В.И. Бурейский гидроузел на реке Буре. // Гидротехническое строительство, 1977, № 1, с 14-18.
18. Вагнер В.Н., Телешев В.И.. Массивно-контрфорсная плотина Зейской ГЭС. //Труды Гидропроекта 1973, № 34, с 48-64
19. Вагнер В.Н., Гунько Ф.Г., Телешев В.И. Водосбросные сооружения Зейской ГЭС. //ВНИИГ, сборник координационных совещаний по гидротехнике ГВВЦ, 1973
20. Вагнер В.Н., Телешев В.И.. Пусковая схема Зейской ГЭС. //Гидротехническое строительство 1976, №6, с 2-5
21. Васильев А.Ф., Доманский Л.К., Телешев В.И. Научно-технический прогресс и проблемы гидротехнического строительства на Крайнем Севере. //Труды координационных совещаний по гидротехнике. Выпуск 117. «Гидротехника Крайнего Севера», «Энергия», 1977
22. Васильев Ю.С., Телешев В.И. Обоснование решений гидротехнических сооружений с использованием ЭВМ. //«Математика и ЭВМ в молкорации» - М.: 1971
23. Воробьев Б.В., Телешев В.И. К вопросу определения расчетной обеспеченности расходов реки в период строительства. //Сборник материалов конференций по гидротехнике. Л.: - Энергия, 1979
24. Епифанов А.П. Телешев В.И. Состояние плотины Зейской ГЭС к пуску первых агрегатов. //Известия ВНИИГ 1976, том 114, с 78-85
25. Караваев А.В., Телешев В.И. и др. Конструктивные особенности и технология возведения бетонных плотин в северной климатической зоне. //Труды всесоюзного научно-технического совещания. «Исследование, проектирование и строительство гидротехнических сооружений на Крайнем

Севере и в районах расположения вечной мерзлоты». СГС-81, Минэнерго, 1981, с 127-136.

26. Комаринский М.В., Телешев В.И. Программный комплекс «Calgraph» по составлению и оптимизации календарных планов гидростроительства на ПЭВМ.: Учебное пособие. – СПбГТУ, 1997, 40с.

27. Семенов В.М., Векслер А.Б., Телешев В.И. и др. «Водосбросные сооружения строительного периода». //Гидравлические расчеты водосбросных гидротехнических сооружений.: Справочник. - Энергоиздат, 1986, с 543-574

28. Семенов Н.Г., Телешев В.И. Опыт проектирования и строительства плотины Мамаканской ГЭС в районе вечной мерзлоты. // Энергия, Труды Ленгидропроекта 1967, № 5 , с 167-179

29. Телешев В.И., Швецов А.В. Выбор профиля плотины Мамаканской ГЭС. //Бюллетень Н.Т.И. Гидропроекта 1959, №6

30. Телешев В.И., Эльб Н.К., Пинигин М.И. Перекрытие русла реки Мамакан. //Гидротехническое строительство, 1960, №6 , с 13-17

31. Телешев В.И., Эльб Н.К. Натурные наблюдения при перекрытии русла р. Мамакан. //Гидротехническое строительство, 1961, №7, с 16-20

32. Телешев В.И., Пинигин М.И., Толокно Н.В. Пропуск весеннего ледохода через сооружения Мамаканской ГЭС. //Гидротехническое строиткльство, 1961, № 7 с 31-35

33. Телешев В.И., Семенов Н.Г. Гидроэлектростанция на р. Мамакане. //Гидротехническое строительство 1969, № 5, с 1-5

34. Телешев В.И., Хелевин В.И. Методика расчёта напряжённого состояния плотины Зейской ГЭС. //Труды гидропроекта, 1973, № 34, с 131-146

35. Телешев В.И., Вагнер В.Н., Григорьев Ю.А., Соколов В.В., Кокурин С.А. Основные сооружения Зейской ГЭС. //Гидротехническое строительство, 1974, №12, с 15-18

36. Телешев В.И., Фрид С.А. Проектирование бетонных плотин для условий особо сурового климата. //Труды Гидропроекта 1976, № 51, с 32-47

37. Телешев В.И., Хелевин В.И. Анализ напряженного состояния с учетом омоноличивания и загрузки бетонной плотины Зейской ГЭС, строящейся в суровых климатических условиях. //Труды координационных совещаний по гидротехнике, выпуск 117 «Гидротехника крайнего севера», Энергия, 1977

38. Телешев В.И., Брейкин А.Г. Некоторые вопросы строительства бетонных плотин в суровых климатических условиях. //Труды координационных совещаний по гидротехнике, выпуск 117, Энергия, 1977

39. Телешев В.И., Казанцев Б.Э. Оценка эффективности мероприятий по сокращению сроков возведения массивных бетонных сооружений.

// Гидротехническое строительство, 1982, №7, с 26-29

40. Телешев В.И., Лошак В.К. Существующие схемы возведения бетонных плотин и пути их совершенствования. //Гидротехническое строительство, 1982, № 10, с 6-11

41. Телешев В.И., Астахова К.И., Леонов В.А. Бетонные работы в гидротехническом строительстве. Вспомогательные работы.: Учебное пособие. - СПбГТУ, 1992, 59 с
42. Телешев В.И., Галузин В.М., Совенерд Ю.К. Бетонные работы в гидротехническом строительстве. Приготовление, транспортирование и укладка бетонной смеси.: Учебное пособие. - СПбГТУ, 1993, 106 с
43. Телешев В.И., Лапин Г.Г., Григорьев Ю.А, Соловьев А.Н., Конько В.В., Емельяненко Б.М. Новые конструктивно-технологические решения плотины Зейской ГЭС. // Гидротехническое строительство, 2002, №11, с 24-28
44. Фрид С.А., Телешев В.И., Вагнер В.Н. Высокие бетонные плотины в особо суровых климатических условиях. //МЭиЭ СССР Смешанная советско-канадская рабочая группа по сотрудничеству в области энергетики. Семинар «Опыт строительства гидроузлов в суровых климатических условиях». - ВНИИГ, 1973, с 14-58
45. Фрид С.А., Телешев В.И., Хелевин В.И. Анализ напряженного состояния с учетом омоноличивания и загрузки бетонной плотины Зейской ГЭС, строящейся в особо суровых климатических условиях. //Труды координационных совещаний по гидротехнике, выпуск 117, Энергия, 1977
46. Телешев В.И., Швецов А.В., Евстратов Ю.И. Соколов В.В. А.С. № 513146.76 Бетонная плотина.
47. S.A. Frid, V.I. Teleshev, V.N. Vagner High concrete dams under particularly severe climatic conditions. //Joint soviet – canadian working group for cooperation in electrical power industry. Seminar №2 - Ministry of power and electrifications of the USSR. 1973, p 14-58.