Открытое акционерное общество
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ им. Б.Е. ВЕДЕНЕЕВА»

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ
ЗА ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН
В УСЛОВИЯХ СУРОВОГО КЛИМАТА

П 95 – 2003
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2003

gost.e-ecolog.ru

Открытое акционерное общество
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ им. Б.Е. ВЕДЕНЕЕВА»

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ
ЗА ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН
В УСЛОВИЯХ СУРОВОГО КЛИМАТА

П 95 – 2003
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2003

УДК 626/627.03.001.42

Рекомендации предназначены для использования при проведении натурных наблюдений за температурным режимом грунтовых плотин в условиях сурового климата.

Рекомендации содержат подробные указания по методике и технике натурных измерений температуры в плотинах талого и мерзлого типов и их основаниях, по размещению и установке средств измерений, обработке и использованию результатов наблюдений.

Рекомендации разработаны в ОАО «ВНИИГ им. Б.Е Веденеева» кандидатами техн. наук В.С. Кузнецовым и Т.В. Матрошилиной, кандидатами геол.-минер. наук Н.Ф. Кривоноговой и В.В. Щемелининым.

© ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2003

РАО «ЕЭС России»	**Рекомендации по проведению натурных наблюдений за температурным режимом грунтовых плотин в условиях сурового климата**	П 95 – 2003 ВНИИГ Вводятся впервые

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Назначение и область применения Рекомендаций

1.1. Настоящие Рекомендации следует использовать при проведении натурных наблюдений за температурным режимом грунтовых плотин в северной строительно-климатической зоне.

1.2. Рекомендации распространяются на грунтовые плотины мерзлого, талого и тало-мерзлого типов всех классов [1].

1.3. Рекомендации содержат основные положения по методике и технике измерений температуры воды, грунтов тела плотины, основания, противофильтрационных устройств и береговых массивов, по выбору и установке средств измерений, периодичности и продолжительности наблюдений, обработке, анализу и использованию их результатов.

Цель и задачи натурных наблюдений и исследований

1.4. Основной целью организации и проведения натурных наблюдений на строящихся и эксплуатируемых грунтовых плотинах является контроль за обеспечением их надежной работы и безопасного состояния [2].

1.5. Для надежной работы грунтовой плотины необходимо обеспечить устойчивость, фильтрационную прочность и долговечность каждого элемента системы плотина – основание при всех сочетаниях нагрузок и воздействий, предусмотренных проектом.

Внесены	Утверждены	Срок
ОАО «ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева»	Письмо № 02 – 1 – 03 – 4 /624 от 03.07.98 РАО «ЕЭС России»	введения в действие II кв. 2003 г.

1.6. Фильтрационный режим, характер осадок и смещений, устойчивость откосов плотины и береговых примыканий определяются температурным режимом и криогенным состоянием системы плотина – основание.

1.7. Критерием надежности плотин мерзлого типа является температура тела и основания. Плотина работает надежно, когда ее тело или противофильтрационный элемент и основание имеют расчетную отрицательную температуру при эксплуатации в различные периоды времени. При этом особенно необходим оперативный контроль за эффективностью работы замораживающих устройств и за формированием и динамикой температурных полей в сооружении [3,4].

1.8. Для талых плотин, возводимых в северной строительно-климатической зоне, характерно формирование в упорных призмах в различные периоды строительства и эксплуатации областей отрицательных температур, а в пустотах грунтового материала – порового льда. Последующее оттаивание верховой призмы при наполнении водохранилища может вызвать неравномерные, быстропротекающие осадки большой величины, которые могут нарушить устойчивость откосов и целостность противофильтрационных элементов. Промерзание низовых переходных слоев и дренажей, а также перемещение нулевой изотермы к низовой грани ядра (экрана) могут вызвать повышение кривой депрессии в ядре плотины, снизить степень защиты противофильтрационных элементов от возможной суффозии материалов, нарушить фильтрационный режим плотины вследствие затруднения разгрузки фильтрационного потока в нижний бьеф. В особых условиях, когда отрицательная температура в низовой призме устанавливается близкой к нулевой и лед в пустотах (порах) грунта приобретает пластические свойства, возможно нарушение статической устойчивости откосов [2,5 – 7].

В связи с этим наблюдения за температурным режимом грунтов тела плотины и основания необходимо проводить в комплексе с наблюдениями за фильтрацией, деформациями откосов и гребня плотины [2,6].

Процессы попеременного сезонного замораживания и оттаивания грунтов тела плотины могут привести к ухудшению их прочностных характеристик. Поэтому необходимо периодически (раз в 10 – 15 лет) проводить контрольные определения гранулометрического состава, плотности, прочности и фильтрационных характеристик материала, проверку условий статической работы плотины и ее напряженно-деформированного состояния [2,8,9].

1.9. В соответствии с п. 1.2 – 1.8 организация комплекса натурных наблюдений необходима для изучения динамики температурных полей в основании и теле плотин. При этом должны решаться следующие задачи:

контроль за температурным режимом грунтовой плотины и основа-

ния в период строительства и начального наполнения водохранилища;

контроль за температурным режимом в период постоянной эксплуатации плотины:

установление областей талого и мерзлого грунтов в теле плотины и в основании, а также положения границ между этими областями;

контроль температурного состояния противофильтрационных элементов, переходных зон, дренажных устройств и зон разгрузки фильтрационного потока в основании, на береговых склонах;

контроль трещинообразования на гребне, обусловленного криогенным пучением, криогенным растрескиванием, термокарстом и другими процессами;

контроль температурного состояния зон примыкания грунтовых плотин к бетонным сооружениям и береговым склонам;

наблюдения за морозным выветриванием материала тела плотины (например, каменной наброски) и морозным пучением связных грунтов противофильтрационных элементов;

изучение процессов льдообразования в пустотах материала упорных призм и влияния их на устойчивость плотины.

Организация и состав наблюдений

1.10. Согласно требованиям СНиП 2.06.05-84*, в северной строительно-климатической зоне инструментальные наблюдения за температурой воды в верхнем бьефе, включая температуру придонного слоя воды в водохранилище, и температурой грунтов тела и основания плотины в период строительства и эксплуатации обязательны на плотинах талого типа I, II и III классов, на плотинах мерзлого типа всех классов. Кроме того необходимы наблюдения за работой и состоянием систем сезонных охлаждающих устройств. Состав и объем наблюдений должен обеспечить информацию о температурном режиме плотины и основания, достаточную для оценки надежности их работы.

1.11. Проект сооружений гидроузла должен включать и проект натурных наблюдений и исследований. При составлении проекта размещения контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) необходимо исходить из результатов расчета температурного режима тела и основания плотины, ложа и бортов водохранилища и приплотинной зоны в нижнем бьефе. В состав проекта входят:

программа наблюдений с изложением цели, задач, состава, объема, методики и периодичности наблюдений, а также номенклатуры и технических характеристик КИА;

рабочие чертежи размещения и монтажа КИА в плотине, основании, береговых примыканиях и отдельных элементах, схемы прокладки и коммутации кабельных линий и устройства измерительных пультов;

рабочие чертежи закладных деталей и монтажных приспособлений для установки КИА;

спецификации устанавливаемой КИА, вторичных приборов, вспомогательного оборудования, кабелей;

инструкция по монтажу КИА, прокладке кабельных линий и оборудованию пультов для сбора информации;

смета на приборы, вспомогательное оборудование, кабельную продукцию, проведение наблюдений, обработку и анализ результатов;

инструкция по организации и производству натурных наблюдений за плотиной.

Примеры размещения КИА для определения температурного режима плотин талого и мерзлого типов приведены на рис. 1, 2. Для плотин мерзлого типа (рис.2) измерители температуры в каждой из наблюдательных скважин устанавливаются на глубине 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15 м и далее через каждые 5 м до забоя. Глубина и количество наблюдательных скважин определяются конструкцией плотины и особенностями инженерно-геологических условий.

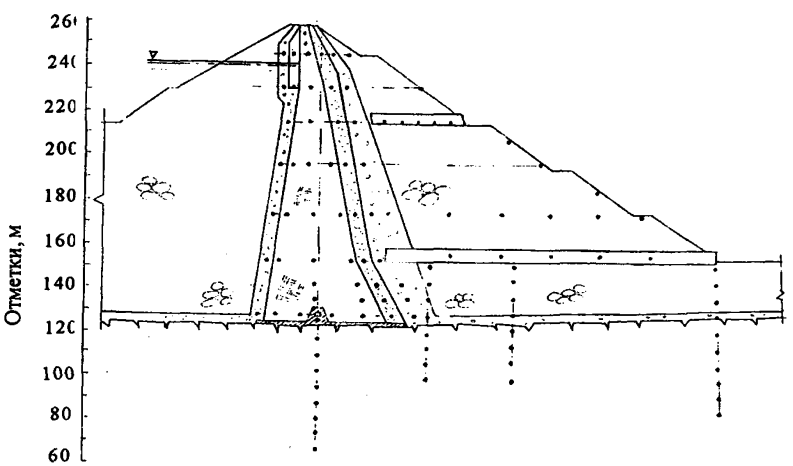

Рис. 1. Схема размещения преобразователей температуры в поперечном наблюдательном створе Колымской плотины

• – преобразователь температуры; ‡ – температурная скважина

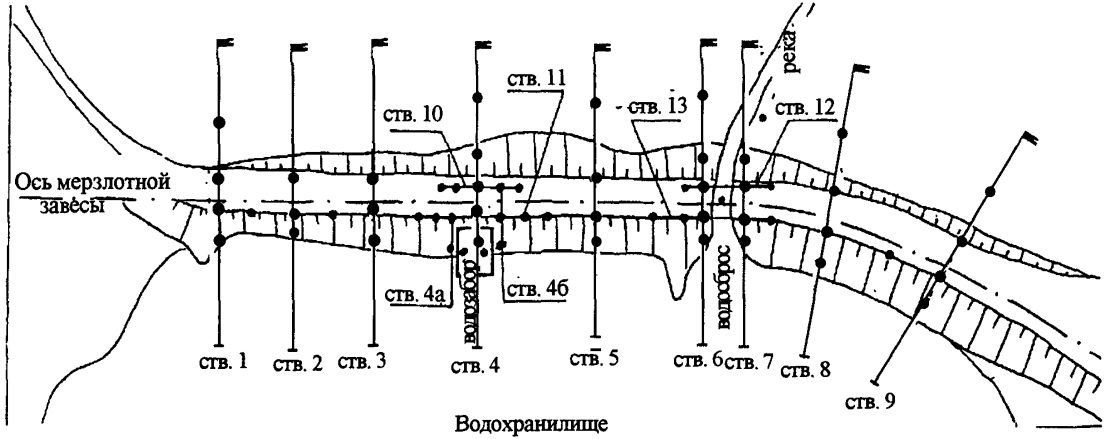

Рис.2. Схема расположения наблюдательных створов температурных скважин на плотине мерзлого типа Анадырской ТЭЦ:

⌐ – наблюдательный створ; • – температурная скважина

1.12. При составлении проекта натурных наблюдений на строящихся и эксплуатируемых плотинах I, II и III классов необходимо назначать минимальное, но достаточное количество измерительных средств для решения поставленных задач. При этом в проекте необходимо предусматривать средства защиты КИА и кабельных линий от повреждений.

1.13. Наблюдения за температурным режимом возводимой плотины, основания и береговых примыканий должны быть начаты в строительный период и регулярно продолжаться в дальнейшем. Для этих целей на строительстве должно быть создано специализированное подразделение (группа).

В специализированное подразделение (группу) натурных наблюдений должна входить мерзлотная служба, которая в период эксплуатации объекта преобразуется в мерзлотную лабораторию.

1.14. Наполнение водохранилища является первым испытанием сооружения в условиях постепенного нарастания основной гидростатической нагрузки и резких температурных изменений. Поэтому к началу наполнения водохранилища, даже при продолжающемся возведении плотины, должны быть подготовлены и смонтированы все необходимые измерительные устройства, по которым определяется температурный режим плотины и водохранилища, и выполнены серии (циклы) температурных наблюдений по ним

1.15. В процессе постоянной эксплуатации систематическими наблюдениями контролируется температурное состояние плотины, основания, примыканий, берегов и приплотинной зоны в нижнем бьефе в соответствии с программой, утвержденной в проекте [2, 5 – 7].

1.16. Эффективность контроля за температурным режимом тела плотины и ее подземного контура предопределяется частотой сетки размещения термометрической КИА и обеспечением ее сохранности в рабочем состоянии в строительный период и в последующие годы эксплуатации.

2. АППАРАТУРА И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Выбор КИА и рекомендации по ее установке

2.1. В соответствии с задачами натурных наблюдений для измерений температуры грунта тела плотины и основания рекомендуется применять следующие закладные приборы [10 – 12]:

преобразователи температуры струнные ПТС-60, выдающие инфор-

мацию о температуре в виде частоты колебаний струны; период выходного сигнала измеряется цифровым периодомером ПЦП-1; точность измерений– 0,5°С; срок службы – 10 лет и более;

преобразователи температуры терморезисторные ПТТ-60, ММТ-1, ММТ-4, принцип действия которых основан на зависимости активного сопротивления полупроводникового терморезистора от его температуры; сопротивление измеряют мостом постоянного тока типа МО-62 или Р-333; точность измерения температуры 0,1 – 0,2°С;

полупроводниковые транзисторы; термометры сопротивлений; термопары; анемометры; тепломеры и др.

2.2. Принцип действия струнного преобразователя температуры ПТС-60 основан на зависимости собственной частоты свободных колебаний струнного резонатора от его натяжения.

Струнный резонатор представляет собой натянутую вдоль продольной оси преобразователя струну (тонкую стальную проволоку), совершающую свободные затухающие синусоидальные колебания. Резонатор приводится в колебательное движение с помощью возбудителя колебаний, функции которого выполняет электромагнитное устройство.

Зависимость между измеряемой температурой и выходным сигналом для каждого преобразователя индивидуальная и определяется градуировочной характеристикой вида

$$Y = \frac{A}{X^2} + \frac{B}{X} + C,$$

где Y – значение измеряемой температуры, °С; X – значение информативного параметра выходного сигнала (периода) преобразователя (показания измерительного прибора), мс; A, B, C – постоянные коэффициенты, определяемые по результатам тарировки преобразователя.

2.3. Преобразователи температуры устанавливаются в основании и теле плотины в соответствии с проектом.

В скальном основании пробуривают на заданную глубину скважину диаметром не менее 105 мм. Преобразователи монтируют на капроновом или стальном канате необходимой длины с грузом на конце. Их прочно привязывают вязальной проволокой к канату на заданных проектом расстояниях (рис.3). Кабели через 0,5 – 1,0 м также прикрепляют к канату изоляционной лентой, а поверх – проволокой или шпагатом. Свободный конец каната закрепляют на установленном рядом со скважиной анкере и опускают собранную "гирлянду" в скважину.

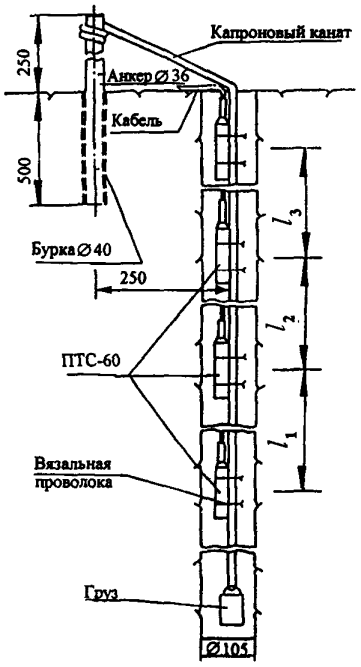

Рис.3. Схема монтажа преобразователей температуры ПТС-60 в скважине

В грунтовом массиве преобразователи температуры устанавливают в специальные приямки, подготовленные непосредственно перед закладкой приборов. Для предохранения от механических повреждений приборы и кабели должны быть защищены слоем мелкого или средне-зернистого песка (отделенного переходным слоем от каменной наброски) или специальным защитным устройством (трубы, короба и т.п.).

2.4. Наименее перспективными и удобными для целей измерения температур в северных условиях являются термопары. Это связано с тем, что для реальной термопары следует учитывать неоднородность свойств электродов холодного и теплого слоев, находящихся в температурном поле; необходимо наличие реперной температурной точки; термопара вырабатывает малый полезный сигнал, т.е. появляется опасность сильного влияния помех; требуется учет влияния соединительных проводов.

2.5. Применение терморезисторов для температурных измерений обеспечивает:

высокую чувствительность и высокий уровень измерительного сигнала;

незначительное влияние помех;

простоту измерительного канала;

доступность в приобретении и невысокую стоимость.

Основным препятствием для использования терморезисторов является низкая стабильность их характеристик во времени.

2.6. Термометры сопротивления обеспечивают взаимозаменяемость и простоту цепи. Промышленностью изготавливаются метрологически обес-

печенные термометры с заданным номиналом сопротивления, прошедшие процесс искусственного старения. В то же время для эффективной работы необходима индивидуальная тарировка преобразователей, учет сопротивления подводящих проводов.

2.7. Термотранзисторы обладают взаимозаменяемостью и невысокой стоимостью. Однако их использование предполагает создание более сложной измерительной цепи с высокой помехозащищенностью и высоким требованием к гидроизоляции, что существенно усложняет технологию изготовления температурной "косы". Кроме того, использование термотранзисторов требует проведения метрологической аттестации измерительного комплекса.

2.8. Исходя из практического опыта, наиболее простыми и надежными в работе являются термометры сопротивления, терморезисторы и струнные датчики типа ПТС – 60.

2.9. Тарировка термометров сопротивления проводится после соединения их в температурные "косы". Поскольку характеристика этих термопреобразователей является линейной, для их тарировки могут быть использованы две температурные точки: одна из них 0° С (температура таяния льда), вторая точка выбирается в зависимости от области температур (отрицательная или положительная), в которой преимущественно будет работать температурная "коса". Тарировка косы должна проводиться в термостате.

Температурная "коса", оборудованная термометрами сопротивления, прошедшими процесс "старения" в заводских условиях, может использоваться для долговременных температурных наблюдений без контроля тарировки.

2.10. Тарировка терморезисторов проводится в специальных установках, в которых следует задать и поддерживать температуру рабочей камеры с точностью до 0,05°С. Зависимость сопротивления терморезистора от его температуры является линейной $R = f(T)$. Поэтому, строго говоря, их тарировка должна проводиться в выбранном диапазоне температур с шагом 1– 2°С. Однако для большинства типов терморезисторов зависимость $R = f(T)$ аппроксимируется выражением

$$R = AT^{-C} \exp(B / T),$$

где A, B, C – эмпирические коэффициенты. Таким образом тарировку можно проводить по трем температурным точкам выбранного диапазона измеряемых температур – от плюс 30°С до минус 30°С. Использование приведенной зависимости гарантирует точность определения температуры не ниже 0,1°С.

Температурные "косы", оборудованные терморезисторами, могут использоваться для измерений в течение одного года. Это связано с нестабильностью характеристики терморезисторов во времени. По прошествии этого срока "коса" должна быть извлечена из скважины, а датчики перетарированы.

2.11. Длина термометрической "косы" и расстояние между датчиками температуры определяются конкретными задачами, стоящими перед режимными наблюдениями. Датчики температуры, как правило, размещаются следующим образом (таблица):

Глубина от устья скважины, м	0÷5	5÷10	10÷25	25÷50	50 и более
Расстояние между датчиками на термокосе, м	0,5	1,0	2,5	5,0	10,0

На участках предполагаемых аномалий температурного режима датчики располагаются на расстоянии 0,5 – 1 м.

Глубина температурной скважины выбирается такой, чтобы нижний датчик температурной "косы" находился в области неизменного или слабо меняющегося во времени естественного или искусственного температурного поля.

2.12. Организация наблюдательной сети может проводиться в трех вариантах.

Вариант 1. Все кабельные выводы от термопреобразователей из отдельных скважин или створов скважин выводятся на специальный пульт сбора данных, с которого проводится опрос показаний датчиков. При оборудовании термоскважин особое внимание следует обратить на обеспечение теплоизоляции оголовков скважин.

Для сбора данных о сопротивлении датчиков могут быть использованы измерители сопротивления – мосты постоянного тока (например МО – 62, Р – 333) или цифровые измерители сопротивления. При использовании в качестве датчиков терморезисторов применяемая аппаратура должна обеспечивать относительную погрешность измерения сопротивления 1 – 2% и менее. В случае использования термометров сопротивлений относительная погрешность измерений не должна превышать 0,1%.

Оборудование скважин по варианту 1 возможно силами технических служб объекта с привлечением специализированных организаций (обоснование сети, тарировка датчиков).

Вариант 2. Все кабельные выводы от преобразователей, задейство-

ванных на объекте, выводятся на специальный единый пульт сбора данных. Устройство пульта сбора данных позволяет единовременно провести опрос и сбор информации показателей датчиков температуры на объекте, а также перенести информацию в базу данных компьютера.

Вариант 3. Каждая из скважин наблюдательной сети оборудуется термокосой с устройством терминала сбора и хранения (накопления) информации о температуре грунтов. Терминал позволяет автоматически в заданное время опрашивать и запоминать показания датчиков в течение 6 – 9 месяцев. В любое удобное время с помощью полевого регистратора информация снимается с терминалов и переносится в базу данных для последующего хранения и обработки. В разработанных к настоящему времени автоматических системах используются электрические термометры сопротивлений.

Оборудование температурной сети по второму и третьему вариантам должно проводиться специализированными научно-исследовательскими организациями.

2.13. В Рекомендациях приводятся примеры расположения наблюдательных температурных створов и скважин: на плотине мерзлого типа гидроузла Анадырской ТЭЦ (см. рис.2) и в поперечном наблюдательном створе плотины талого типа Колымской ГЭС (см. рис.1). Отметим, что при оборудовании наблюдательных створов на объекте следует стремиться к выбору одного типа датчиков.

На плотине мерзлого типа обязательным является заложение наблюдательных створов в левом и правом примыканиях плотины. Далее створы располагаются через 100 – 150 м перпендикулярно оси плотины. Каждый створ должен содержать не менее трех скважин (на верховом, низовом откосах и вблизи оси плотины). Между створами по оси плотины располагаются дополнительные скважины (как минимум одна на 100 – 150 м).

На участках сопряжения грунтового тела плотины с негрунтовыми элементами или сооружениями гидроузла (с бетонным водозабором и бетонным водосбросом) количество наблюдательных скважин и створов увеличивается. Так на участке водозабора помимо основного створа 4 появляются два дополнительных 4а и 4б (в теле плотины слева и справа от здания водозабора). Обязательным является оборудование скважин, контролирующих изменения температуры непосредственно под зданием водозабора. Кроме того сгущается шаг расположения наблюдательных скважин вдоль оси плотины до 10-20 м (створ 11). Закладывается также створ наблюдений из 3 – 5 скважин на расстоянии 10 – 20 м друг от друга вдоль оси плотины и пригребневой части низового откоса (створ 10). Аналогично закладываются наблюдательные створы на участке водосброса. Отметим как обязательное ус-

ловие – наличие наблюдательных скважин, контролирующих изменения температурного режима непосредственно в потерне водосброса и ее основании.

3. МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ

3.1. Методика и техника проведения термонаблюдений определяются конструктивными особенностями плотины и прогнозируемым температурным режимом. На каждом гидротехническим сооружении термонаблюдения выполняются по конкретной методике, определяемой режимом опроса датчиков, применяемой аппаратурой и способом оборудования КИА.

3.2. При оборудовании КИА по варианту 1.

Измерения температуры проводятся переносным прибором на каждом створе или отдельной скважине сети. Измерения проводятся с частотой, определяемой программой натурных наблюдений, но не реже одного раза в месяц. В общем случае частота измерений определяется ожидаемой скоростью изменения температурного режима на каждом конкретном участке плотины. Обязательными являются измерения в периоды максимального промерзания (конец марта – начало апреля) и максимального протаивания (конец сентября).

Результаты измерений регистрируются в специальных журналах, форма которых предварительно разрабатывается для данного сооружения.

Форма журнала регистрации результатов измерений температур

№ створа	№ скважины	№ термометра	Коэффициенты			Глубина измерения, м	Отсчет по вторичному прибору	Температура, °С
			A	*B*	*C*			

3.3. При оборудовании КИА по варианту 2.

Измерение температуры проводится путем последовательного опроса всех датчиков сети. Результаты измерений поступают на специальное запоминающее устройство для последующей распечатки на печатающем устройстве или переписке информации в память ЭВМ. Периодичность измерений та же, что и в случае варианта 1.

При регистрации резких отклонений в изменении температуры (более чем на 1° от прогнозируемых критических значений в мерзлотной зоне или при угрозе ее протаивания и фильтрации) рекомендуется увеличить частоту замеров температуры до двух раз в месяц и чаще, если требуют обстоятельства.

3.4. При оборудовании КИА по варианту 3.

Скважинные терминалы настраиваются на регистрацию температуры 1 раз в месяц. Опрос терминалов проводится с частотой, определяемой мерзлотными и температурными условиями. Кроме того, он может быть выполнен при специальных контрольных обследованиях сооружения, комиссиях и в научных целях.

3.5. Температурные наблюдения по скважинам сети КИА дают возможность контролировать температурный режим плотины и ее основания лишь в местах заложения скважин. Поэтому для достоверного анализа температурного состояния сооружения (основания) по данным КИА необходимо проведение комплекса дополнительных исследований температурного режима плотины (электрозондирование, профилирование).

3.6. Методы электрозондирования и профилирования позволяют весьма эффективно выявлять участки талых пород в толще мерзлых. Электроразведочные исследования проводятся по гребню плотины и по низовому ее откосу. С этой же целью может быть использован метод георадиолокации.

3.7. Для выявления участков повышенной фильтрации из водохранилища используется комплекс измерения температуры и естественного электрического поля в подводной части верхового откоса плотины и на участке дна, примыкающего к плотине.

3.8. Перечисленные исследования должны проводиться в случае регистрации в теле плотины аномального развития температурных процессов, не предусмотренных проектом.

Кроме того этот комплекс рекомендуется в качестве режимных наблюдений, которые проводятся 1 раз в год в период максимального оттаивания грунтов (сентябрь – октябрь). Для проведения этих работ привлекаются специализированные научно-технические организации.

3.9. Визуальные наблюдения являются обязательной составной частью режимных наблюдений за температурным состоянием плотины. Сотрудники мерзлотной службы объекта должны внимательно следить за возникновением и динамикой развития трещин в теле плотины и выходов воды на низовом откосе и в нижнем бьефе.

3.10. При обнаружении водопроявлений должен быть проведен отбор гидрохимических проб. Путем сопоставления химического состава воды из источников и водохранилища определяется природа возникновения водопроявлений.

В зимний период необходимо проведение измерений мощности снежного покрова, наличия наледей, определение химического состава наледного льда, фиксация выходов воздушных потоков на низовом откосе каменно-набросных плотин("продухов").

4. ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ, ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПЛОТИНЫ

4.1. По результатам режимных температурных наблюдений строятся:

а) графики изменения температур пород во времени в контролируемых точках (рис. 4.);

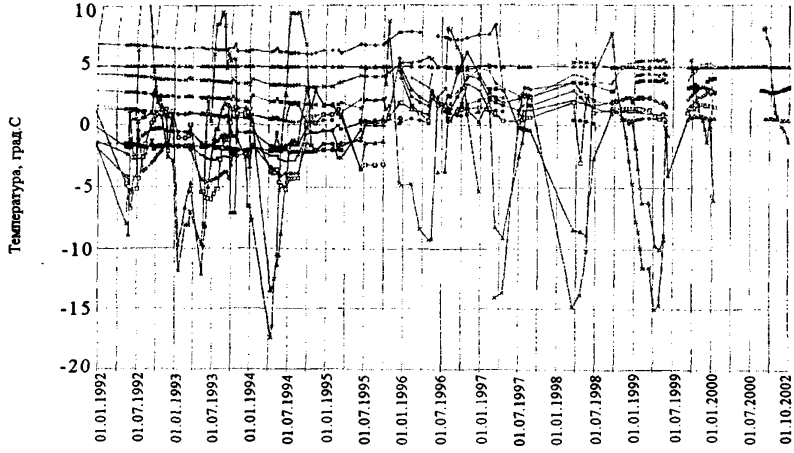

Рис. 4. Графики изменения температуры во времени в контролируемых точках

— T1445 — T1419; — T1301; — T1118;
— T1398; — T1472; — T1391; — T4174;
— T1172; — T2661; — T1164; — T1335; — T1354 — номера телетермометров

б) эпюры температур (термограммы) по глубине скважин (рис. 5);

в) термоизоплеты – кривые распределения температур пород во времени по глубине контролируемой области (рис. 6);

г) изотермы – кривые, характеризующие температурное состояние пород в контролируемой области на определенную дату (рис. 7-9).

Обработка и хранение результатов натурных измерений должна проводиться в специальной базе данных ЭВМ. Для базы данных разрабатывается пакет программ, позволяющий проводить обработку любых блоков из базы данных и построение перечисленных выше графиков.

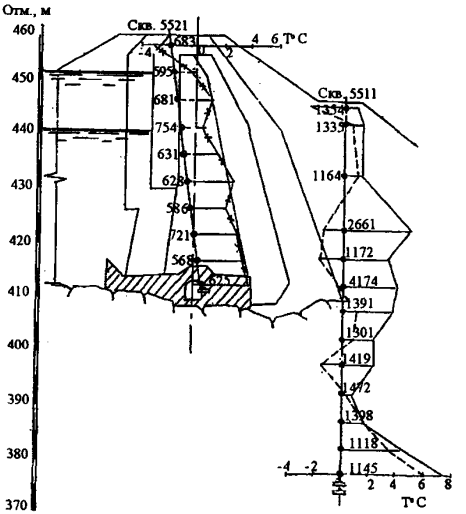

Рис. 5. Термограммы ядра и низовой призмы плотины (пример)

• – телетермометры;

–*–*– 28.06.93 г., УВБ = 437,75;

– – – 14.03.95 г., УВБ = 440,85;

——— 28.10.96 г., УВБ = 451,24

4.2. Для анализа результатов наблюдений используются специальные теплофизические модели по наблюдательным створам объекта. Эти модели строятся на основе оценки состояния плотины в целом и каждого инженерно-геологического элемента конкретного створа, теплофизических свойств грунтов, наблюдений метеослужбы за температурой, влажностью воздуха, атмосферными осадками, ветром, снегомерной съемки и пр. [13 – 14].

4.3. По разработанной теплофизической модели проводится расчет параметров температурного поля и динамика его развития, а также сравнение результатов натурных наблюдений с данными прогнозного расчета температурного режима тела плотины и ее основания, выявление отклонений в динамике температурного поля от проектных предположений.

В таких случаях должен проводиться анализ причин, вызвавших аномальное изменение температурного поля, а также разработка предложений по их устранению.

4.4. Прогнозные модели должны периодически уточняться с увеличением ряда натурных наблюдений.

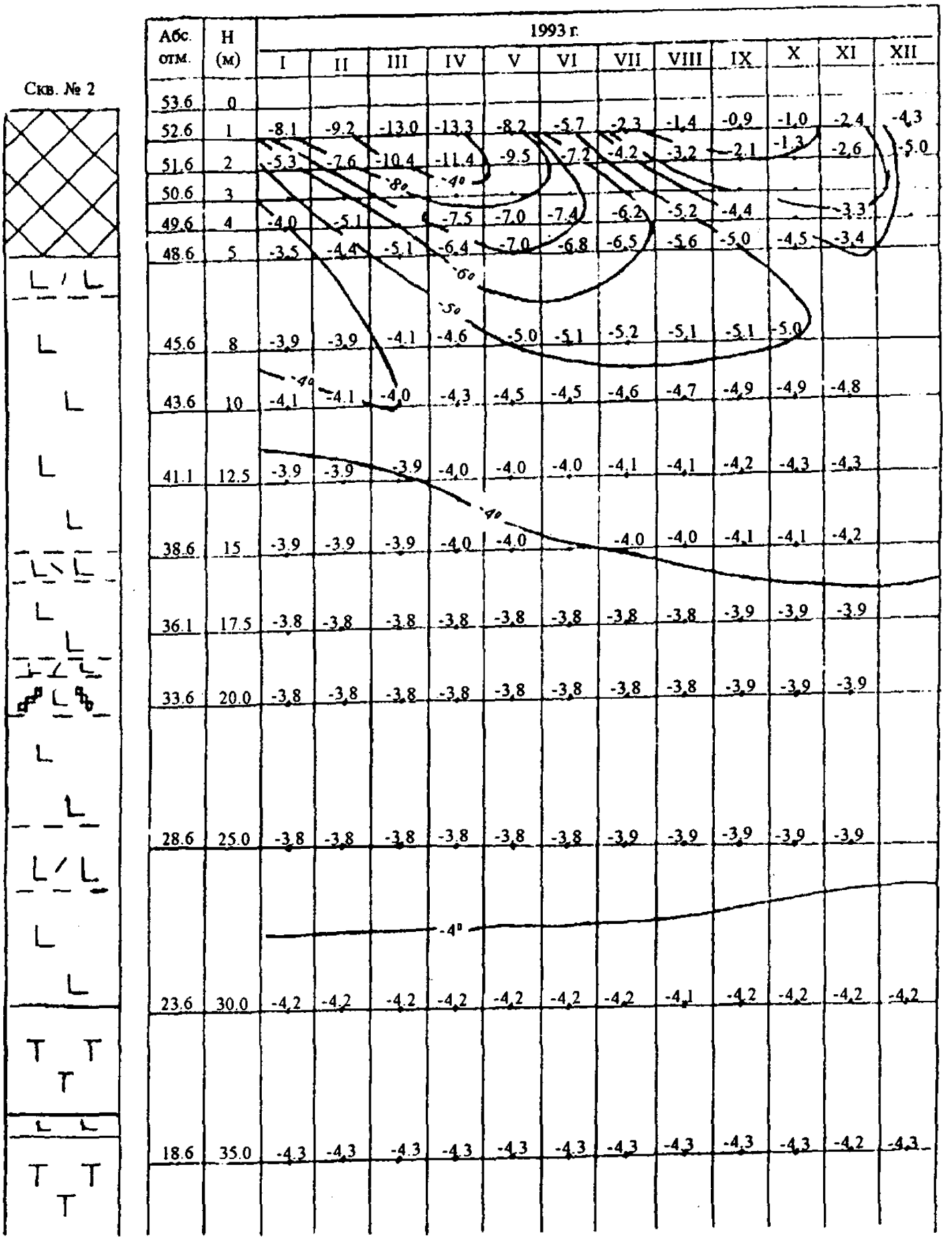

Рис. 6. Термоизоплеты по контрольной скважине в плотине (пример)

4.5. Анализ исходных данных и построение теплофизической и расчетной моделей должны проводиться специализированными научно-исследовательскими организациями.

4.6. Построение теплофизической и расчетной моделей, а также методика оценки соответствия температурного состояния проектному рассмотрены на примере плотины гидроузла Анадырской ТЭЦ. На основании систематизации имеющихся материалов по створу 2 была разработана модель теплофизических свойств системы плотина – основание по этому створу (рис. 10). Теплофизические свойства элементов модели приняты по данным теплофизических исследований в натурных и лабораторных условиях (на образцах). Краевые условия назначались на основе результатов работ мерзлотной службы Анадырской ТЭЦ, а также по данным метеослужбы.

На основе представленной модели разработана теплофизическая математическая модель для расчета температурного режима в теле плотины и ее основании при проектных условиях эксплуатации.

Распределение температуры в теле плотины и ее основании на момент максимального сезонного оттаивания (сентябрь) по данным режимных температурных наблюдений представлено на рис. 11,*а*. Результаты расчетов с использованием теплофизической математической моделей по этому же створу на тот же момент времени представлены на рис. 11,*б*.

Как видно, принципиальных отличий в расчетном и натурном распределении температур в теле плотины и ее основании не наблюдается. Можно отметить лишь незначительное отличие в абсолютных значениях температур.

Сравнение натурных и расчетных данных свидетельствует о том, что аномалий в развитии температурного поля плотины и ее основания не наблюдается, и температурный режим сооружения на этом участке находится в соответствии с проектными условиями эксплуатации.

4.7. Кроме построения теплофизических моделей, по результатам анализа данных температурных натурных наблюдений за грунтовой плотиной (независимо от ее типа – мерзлая или талая) должны быть даны оценки температурного состояния:

а) противофильтрационных элементов (ядро, экран, диафрагма и др.);

б) переходных фильтровых зон и обратных фильтров;

в) дренажных устройств;

г) областей разгрузки фильтрационного потока из тела плотины и основания;

д) зон примыкания грунтовой плотины к устоям и стенкам бетонных сооружений, водосбросным и водоспускным трубам, проложенным внутри плотины;

е) низовой упорной призмы;

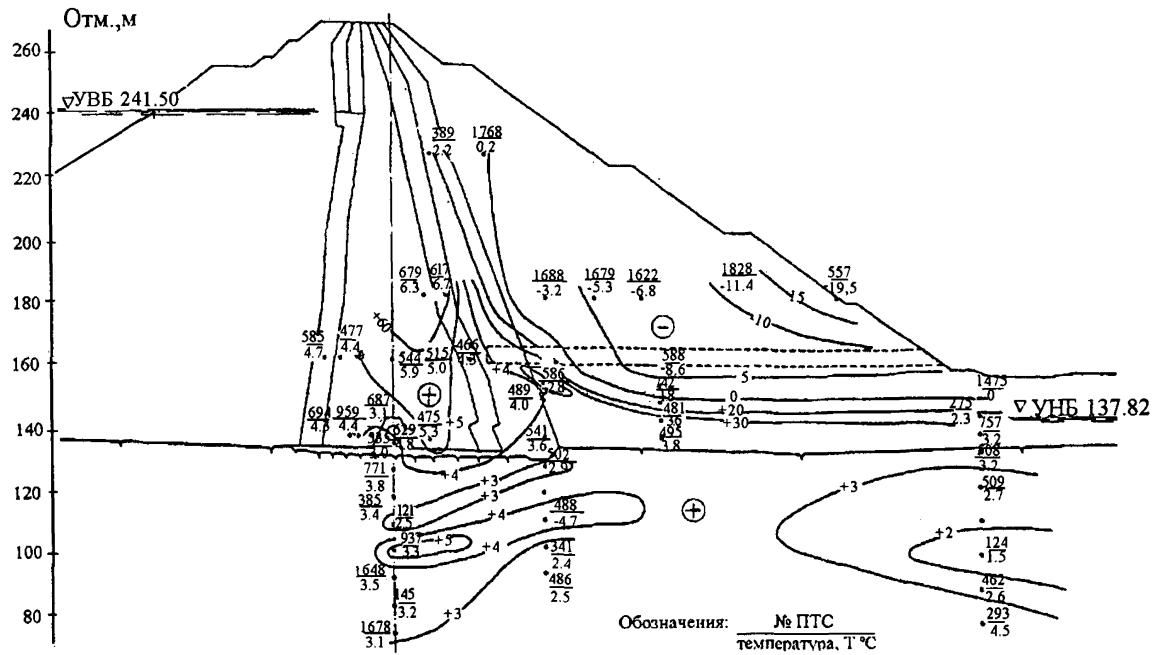

Рис. 7. Изотермы в поперечном створе плотины на определенную дату (пример)

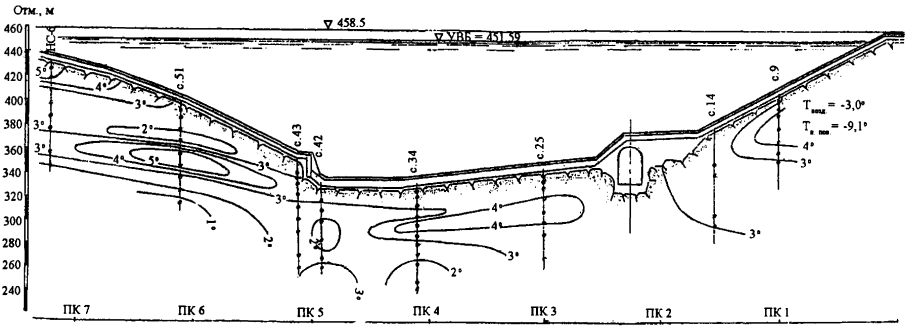

Рис. 8 Изотермы в основании плотины на определенную дату (пример)

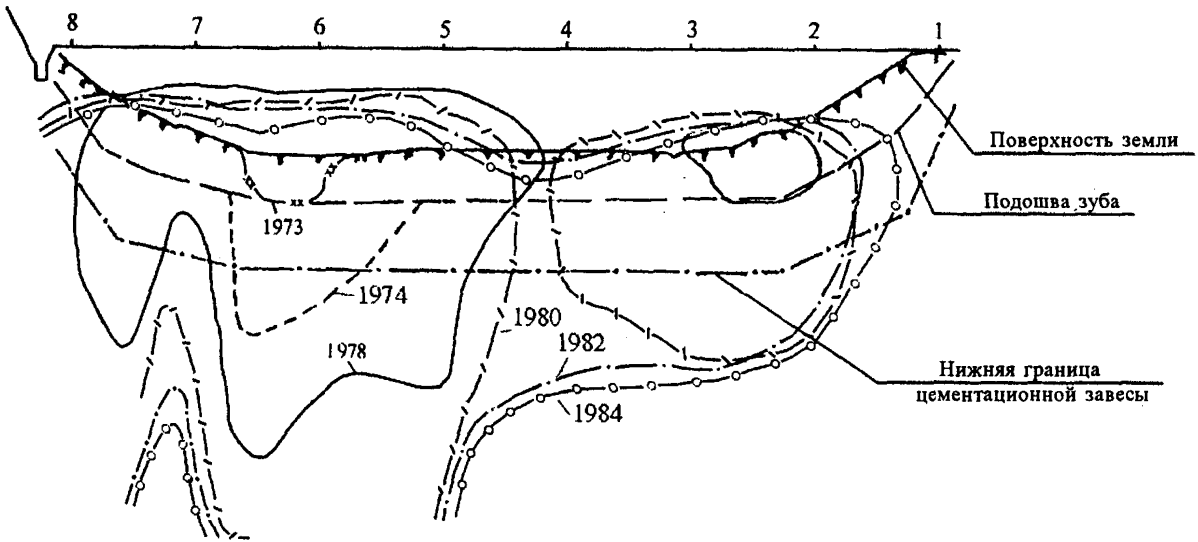

Рис. 9. Изменение положения нулевой изотермы в створе плотины
в период 1973 – 1984 г.г. (пример)

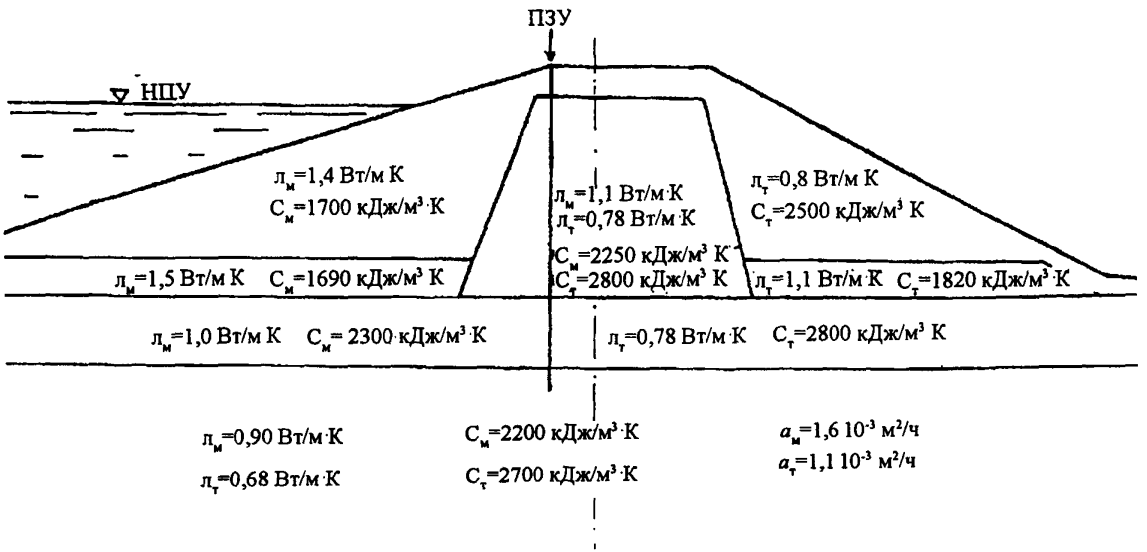

Рис. 10. Модель показателей теплофизических свойств грунтов плотины и основания (пример)

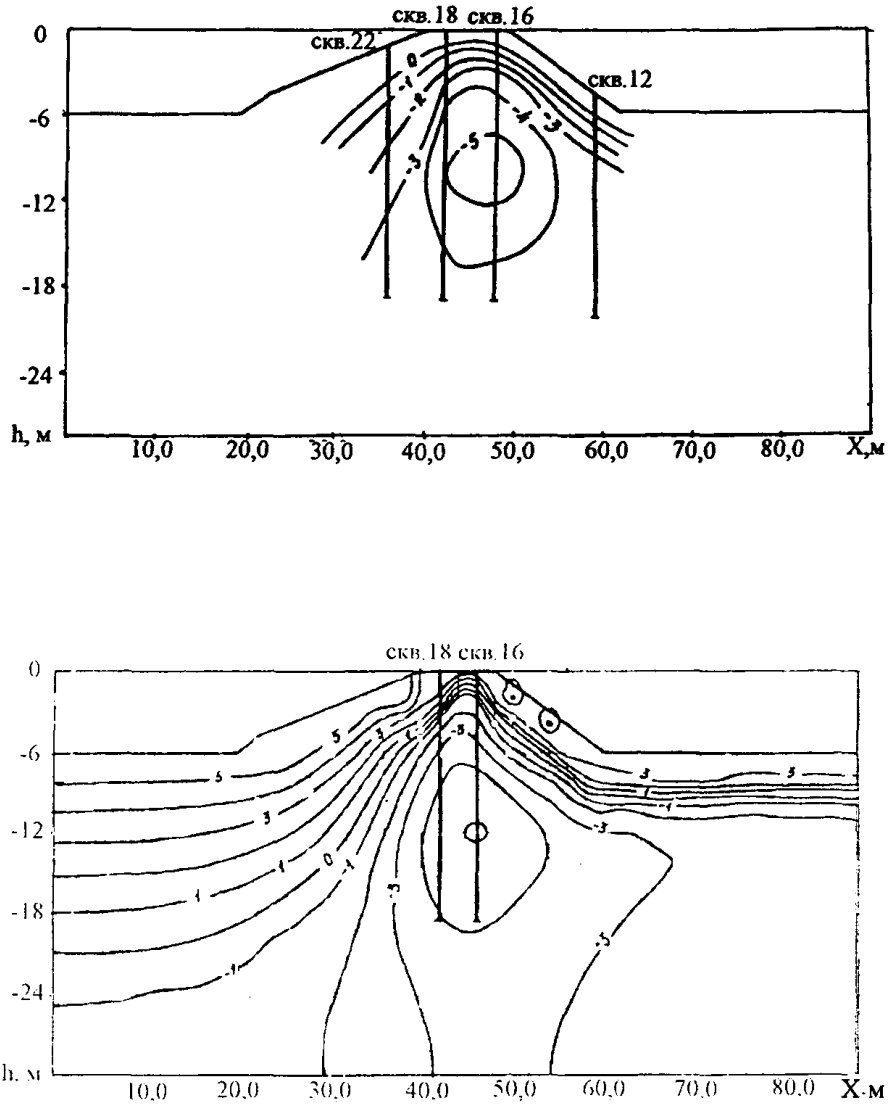

Рис. 11. Распределение температур в теле плотины и в основании (фрагмент):
а) по данным натурных наблюдений;
б) по данным теплофизического моделирования (пример)

ж) гребневых частей тела плотины и грунтового противофильтрационного элемента;

з) основания плотины и береговых склонов в пределах активных областей фильтрации.

4.8. Диагностические показатели температурного состояния элементов системы плотина – основание по п. 4.7. сравниваются с их предельными критериальными значениями (критериями безопасности), определяющими эксплуатационные состояния сооружения и условия его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии [15].

4.9. Эксплуатационные состояния плотины оцениваются как:

нормальное – при котором плотина соответствует всем требованиям норм и проекта, при этом значения диагностических показателей не превышают своих критериальных значений первого (предупреждающего) уровня $\mathbf{K}_1$;

потенциально опасное – при котором значение хотя бы одного диагностического показателя стало бóльшим (меньшим) своего первого (предупреждающего) уровня критериальных значений или вышло за пределы прогнозируемого при данном сочетании нагрузок интервала значений;

предаварийное – при котором значение хотя бы одного диагностического показателя стало бóльшим (меньшим) второго (предельного) уровня критериальных значений $\mathbf{K}_2$.

4.10. В целом анализ и оценка эксплуатационных состояний плотины должны производиться комплексно на основе результатов всех видов контрольных натурных наблюдений, проводимых на сооружении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **СНиП 2.06.05-84*.** Плотины из грунтовых материалов. М: Госстрой СССР. 1991.

2. **Рекомендации** по натурным исследованиям и диагностике грунтовых плотин, расположенных в зоне вечной мерзлоты: П 81-2001 / ВНИИГ. СПб. 2001.

3. **Инструкция** по проектированию гидротехнических сооружений в районах распространения вечномерзлых грунтов: ВСН 30-83 / Минэнерго СССР.Л.1983.

4. **Рекомендации** по проектированию и применению в строительстве охлаждающих установок, работающих без энергетических затрат. М. ИНИИОСТ. 1984.

5. **Придорогин В.М.** Надежность грунтовых сооружений, возводимых в Северной строительно-климатической зоне / Материалы конференций и совещаний по гидротехнике: Гидротехническое строительство в районах вечной мерзлоты и сурового климата. Л. 1979. С. 8-12.

6. **Кузнецов В.С.** Основные задачи развития натурных исследований как средства оперативного контроля безопасности гидросооружений / Материалы конференций и совещаний по гидротехнике: Гидротехническое строительство в районах вечной мерзлоты и сурового климата. Л 1979. С. 12-14.

7 **Белан В.И., Придорогин В.М.** Классификация отказов плотин из грунтовых материалов, построенных в северной строительно-климатической зоне / Материалы конференций и совещаний по гидротехнике: Гидротехническое строительство в районах вечной мерзлоты и сурового климата. Л. 1979. С. 64-68.

8. **Рекомендации** по инженерно-геокриологическому изучению скальных пород как оснований гидротехнических сооружений: П 58-91 / ВНИИГ. СПб. 1991

9. **Правила** технической эксплуатации электрических станций и сетей (14-е издание). СПб. 1992.

10. Аппаратура автоматизированных систем контроля состояния гдросооружений (каталог ДИГЭС). М. НИИЭС. 1997.

11. **Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации**: Номенклатурный каталог на серийно-выпускаемое оборудование и изделия. М 1988.

12. **ГОСТ 25358-82.** Грунты Метод полевого определения температуры. - М.: Изд-во стандартов. 1983.

13. **Берковский Б.М., Ноготов Е.Ф.** Разностные методы исследования задач теплообмена. Минск. 1976.

14. **Кроник Я.А., Демин И.И.** Расчеты температурных полей и напряженно-деформированного состояния грунтовых сооружений методом конечных элементов. М. 1982.

15. **Методика** определения критериев безопасности гидротехнических сооружений: РД 153-34.2-21. 342-00. М. НИИЭС. 2001.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения. 3

Назначение и область применения Рекомендаций 3
Цель и задачи натурных наблюдений и исследований. 3
Организация и состав наблюдений 5
2. Аппаратура и устройства для проведения натурных наблюдений 8
Выбор КИА и рекомендации по ее установке 8
3. Методика и техника проведения наблюдений 14
4. Обработка и анализ результатов наблюдений, оценка состояния плотины . . 16
Список использованной литературы 26

Редактор Т.С. Артюхина
Корректор Т. М. Бовичева
Компьютерная верстка Л.А. Фролова

Подписано к печати 13.01.03. Формат 60х84 1/16.
Печать офсетная. Печ. л. 1,75. Тираж 300. Заказ 1.

Издательство и типография ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева».
195220, Санкт-Петербург, Гжатская ул., 21.

gost.e-ecolog.ru