

ПК «ИНСТИТУТ КАЗГИПРОВОДХОЗ»

**РАЗРАБОТКА ДЕКЛАРАЦИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛОТИН
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОСАДКАМИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН**



ВЫПУСК №4

Алматы 2017 г.

Настоящая брошюра подготовлена ПК «Институт Казгипроводхоз» в целях всестороннего обсуждения практических вопросов разработки деклараций безопасности плотин в Республике Казахстан. Приведены основные положения, определяющие область их применения, организацию работ по наблюдениям, состав используемой контрольно-измерительной аппаратуры для выполнения измерений осадок и деформаций; указаны основные принципы размещения геодезических знаков и приборов; даны методические рекомендации по проведению натурных наблюдений, обработке и анализу результатов, оценке состояния объектов наблюдений.

ПК «Институт Казгипроводхоз» будет признателен всем заинтересованным организациям и специалистам при обсуждении вопроса по обеспечению безопасности плотин.

Свои замечания и предложения просим направлять:

ПК «Институт Казгипроводхоз» , по адресу г.Алматы, пр.Сейфуллина д.434,
эл.адрес: kazgipro@mail.ru.

ГИП - Алибаев Каримжан Уринбаевич
(моб. +7 771 766 33 67 +7-701-229-09-87),
эл.адрес: karimalibaev@mail.ru

1. ВВЕДЕНИЕ

Данные рекомендации составлены на основе рекомендаций разработанные АОО «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е. Веденеева» Рекомендации по проведению натуральных наблюдений за осадками грунтовых плотин П 87-2001 и посвящены вопросам методики и техники натуральных наблюдений за осадками грунтовых плотин и их оснований.

Осадка плотин является одним из важных интегральных показателей их работы и эксплуатационной надежности. Натурные наблюдения за осадками и другими видами деформаций и анализ их развития во времени представляют основные источники информации о текущем и прогнозируемом состоянии грунтовых плотин в процессе длительной эксплуатации.

Настоящая брошюра подготовлена в связи с тем, что как показывает практика, на большинстве грунтовых плотин республики не ведутся систематические наблюдения за осадками и деформациями тела плотины. С момента строительства плотин, 50-60 лет и более, на плотинах не были установлены соответствующие геодезические марки по которым возможно вести наблюдения. В результате в настоящем, по основной части грунтовых плотин нет полноценных данных о деформациях и просадках. Отсутствие данных не позволяет в полной мере правильно оценить устойчивость плотины на перспективу. Приведенные в брошюре сведения в определенной степени дают рекомендации, какие наблюдения и какими средствами необходимо проводить на грунтовых плотинах республики.

В связи с большой актуальностью вопроса об осадках грунтовых плотин, считаем необходимым в ближайшие 3-5 лет провести работы по оснащению грунтовых плотин республики необходимыми средствами для ведения систематических наблюдений за осадками.

Натурные наблюдения за осадками грунтовых плотин и деформациями оснований и откосов должны проводиться в соответствии с требованиями, предусматривающими выявление и оценку основных видов деформаций сооружений под воздействием различных видов нагрузок.

Основными задачами систематических натуральных наблюдений и исследований деформаций грунтовых плотин являются: проведение визуальных и инструментальных наблюдений за развитием во времени осадок, деформаций оснований и откосов под влиянием внешних воздействий; прогноз хода осадок и деформаций на основе фактических результатов наблюдений и оценка надежности ГТС по контролируемым параметрам.

Контроль за осадками и деформациями плотин и береговых примыканий входит составной частью в единый комплекс визуальных и инструментальных натуральных наблюдений для определения их эксплуатационной надежности и безопасности.

Наблюдения позволяют устанавливать и контролировать:

- качество уплотнения грунта в плотине при строительстве и степень однородности (или неоднородности) тела плотины по плотности сложения грунта;
- роль основания в общем процессе деформаций и напряженного состояния тела плотины, отдельных ее элементов и участков основания;
- влияние на осадку плотины и основания таких факторов интенсивная замочка водой верховой призмы при первом наполнении водохранилища;

- появление и развитие скрытых очагов суффозии грунта в сопряжениях с бетонными сооружениями, бортами каньона и крутыми береговыми уступами, в локальных дефектных зонах производственного характера (недоуплотнение грунта, нарушение его гранулометрического состава, промораживание грунта);
- образования сквозных фильтрующих трещин и ходов в плотине и основании, обусловленных процессами суффозии;
- скорость консолидации глинистых грунтов в противофильтрационных элементах и основании плотины;
- отдельные фактические характеристики грунта тела плотины и основания (например, модуль общей деформации) для проверки достоверности расчетов сооружения и оценки общей картины деформирования объектов наблюдений.

2. СОСТАВ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ЗА ОСАДКАМИ ПЛОТИН И ДЕФОРМАЦИЯМИ ОСНОВАНИЙ.

Систематические контрольные натурные наблюдения за осадками грунтовых плотин и деформациями оснований включают визуальные и инструментальные наблюдения и должны проводиться на основе единой комплексной программы работ, входящей в состав проекта натурных наблюдений за сооружением и его основанием в период строительства и эксплуатации.

Основными объектами натурных наблюдений за осадками и деформациями должны быть: конструктивные элементы плотин, определяющие их надежность и безопасность; прилегающая к плотинам территория и берега; участки примыкания плотин к бетонным сооружениям, берегам и бортам каньона; стенки, своды и днища потерн и галерей, расположенных в теле плотин и на контакте с основанием; основание и другие объекты.

Состав натурных наблюдений за осадками и деформациями каждой грунтовой плотины должен назначаться с учетом класса капитальности сооружения, его конструктивных особенностей, природно-климатических и технологических условий, требований эксплуатации, особенностей рельефа и геологического строения основания и береговых участков.

В общем случае натурные наблюдения за осадками и деформациями грунтовой плотины должны включать:

- выявление и оценку местных деформаций откосов, гребня, берм плотины, а также береговых склонов в примыканиях и участков у подошвы плотины со стороны низового откоса;
- выявление, регистрацию и оценку развития всевозможных трещин на гребне, откосах и бермах;
- контроль деформаций креплений верхового и низового откосов и берегов, эрозии берегов;
- выявление признаков морозного выветривания материалов тела плотины;
- контроль изменения во времени геометрического профиля плотины, в том числе его подводных частей.

Систематические инструментальные наблюдения следует дополнять результатами визуальных предпаводковых и послепаводковых обследований сооружений, данными

внеочередных обследований, выполняемых после землетрясений, штормов, ураганов и других экстремальных событий, в том числе повреждений и отказов.

В состав инструментальных наблюдений входят геодезические и телеметрические методы измерений. Геодезические методы включают: геометрическое, тригонометрическое и гидростатическое нивелирование, основанное на измерениях высотных отметок и превышений, расстояний между геодезическими знаками; триангуляционный, фотограмметрический, створный, комбинированный и другие методы. Наблюдения за послойными осадками тела плотины и деформациями основания могут выполняться с помощью телеметрических (дистанционных) средств контроля, например, на базе датчиков линейных перемещений струнного типа ПЛПС-320 (160) и других приборов.

Основным современным методом инструментальных наблюдений за осадками плотин и оснований в условиях относительно ровного ландшафта является метод геометрического нивелирования высотных знаков, составляющих геодезическую основу в районе расположения сооружений.

Геодезическая высотная основа (ГВО) должна включать главную и рабочую основы, предусмотренные проектом геодезическо-маркшейдерских работ. Главная геодезическая высотная основа предназначена для обеспечения необходимой точности измерений при передаче отметок высот от опорной геодезической сети на рабочие реперы и контрольные высотные марки в плотине и основании. Главная ГВО гидроузла, определяемая на базе специальных технических расчетов, включает сеть знаков, привязанных не менее чем к двум реперам или маркам Государственного нивелирования высшего класса. Абсолютные отметки высотных знаков главной ГВО гидроузла следует определять нивелированием II - III классов.

Рабочая геодезическая высотная основа должна состоять из сети реперов и марок, предназначенных для передачи рабочих высотных отметок и для контроля осадок плотины, основания, участков сопряжений и прилегающей территории с помощью нивелирования по II - IV классам точности.

Перед началом наблюдений за осадкой плотины, деформациями основания и откосов геодезическая основа (после ее реализации на местности в соответствии с проектом) должна быть передана исполнителями по акту Заказчику (или владельцу сооружения) со всей необходимой документацией, включающей плановые схемы расположения, а также каталог координат и высот размещения знаков и пунктов, конструктивные чертежи и исполнительные схемы установки планово-высотных знаков, расчеты, отвечающие заданной точности измерений и т.п.

Геодезические знаки и пункты должны быть промаркированы и защищены ограждениями от повреждений механизмами. Подходы к знакам следует расчистить от строительного мусора и обезопасить.

Для выполнения натурных наблюдений подразделение-исполнитель должно быть обеспечено необходимыми приборами и устройствами, соответствующими по своим техническим характеристикам условиям получения заданной точности наблюдений.

При самостоятельном выполнении наблюдений геодезическими методами геодезическая служба гидроузла или региональной энергетической системы до начала работ должна располагать соответствующими инструментами и изделиями, включающими нивелиры, теодолиты, стандартные рейки, штативы, рулетки, мерные ленты и проволоки, кипрегели и другие приборы.

Для наблюдений за осадками и деформациями грунтовых плотин с помощью устройств телеметрического (дистанционного) контроля необходимы преобразователи линейных перемещений струнные типа ПЛПС-320(160), периодомеры цифровые портативные ПЦП-1, коммутаторы преобразователей КП-24, двухпроводные и многожильные кабели, другие соответствующие приспособления.

До начала наблюдений подразделение-исполнитель работ должно быть обеспечено необходимой нормативной, методической и технической литературой по вопросам геодезических и телеметрических наблюдений на гидротехнических сооружениях. К началу наблюдений должны быть изготовлены рабочие журналы геодезиста и наблюдателя по телеметрической КИА, ведомости наблюдений, ведомости первичной и вторичной обработки данных измерений.

Натурные наблюдения за осадками и деформациями должны выполняться в соответствии с Программой наблюдений, входящей в состав проекта плотины. В случае конструктивных и технологических изменений сооружения в ходе строительства или отмеченных неблагоприятных тенденций в его работе, не отвечающих проектным предпосылкам, Программа наблюдений должна быть откорректирована с привлечением проектной или специализированной научной организации.

Программа наблюдений должна включать задачи и состав наблюдений; перечень и координаты контрольных наблюдательных створов и отдельных измерительных точек в пределах границ плотины и прилегающей территории; исполнительные схемы размещения реперов, марок и других геодезических знаков, телеметрических приборов, коммутаторов, линий коммуникации в контрольных створах, измерительных точках и на прилегающей территории; координаты и начальные отметки установленных приборов и устройств; методику измерений осадок и деформаций; периодичность циклов измерений на различных стадиях ввода в эксплуатацию и эксплуатации плотины; формы рабочих журналов и ведомостей наблюдений; формы представления (первичной и вторичной обработки) результатов измерений; предельные (критериальные) значения осадок плотины и деформации основания.

В зависимости от хода деформаций, состояния сооружения и характера его изменения во времени Программа наблюдений за осадкой, деформациями и другими показателями работы плотины может подвергаться корректировке.

Измерения осадок грунтовой плотины и деформаций основания должны производиться высококвалифицированными инженерами и техниками-геодезистами. Анализ и интерпретация данных измерений, а также оценка поведения объектов наблюдения должны выполняться технически подготовленными к данному виду работ инженерами и техниками-гидротехниками подразделения технического контроля объекта.

Техническая подготовка включает изучение понятий, причин и последствий (благоприятных и неблагоприятных) деформаций плотины и основания; ознакомление с плановой и высотной основой объекта, конструкциями применяемых приборов, устройств и систем; изучение исполнительных схем на установку приборов и устройств, особенностей условий работы каждого прибора; приобретение практических навыков первичной и вторичной обработки результатов измерений, выявления и отбраковки явно ошибочных данных, навыков элементарной оценки закономерности хода осадки и деформаций во времени, аппроксимации данных наблюдений математическими функциями, сравнения с расчетными и критериальными показателями, определения опасных тенденций в развитии осадок и деформаций.

Проверка качества подготовки эксплуатационного персонала к выполнению наблюдений производится путем сдачи зачета руководителю подразделения технического контроля или специальной квалификационной комиссии.

3. АППАРАТУРА И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОСАДКАМИ И ДЕФОРМАЦИЯМИ

Измерения осадок фунтовых плотин, деформаций их оснований и откосов следует выполнять с помощью геодезической, телеметрической и другой контрольно-измерительной аппаратуры, приборов и инструментов, включающих нивелиры, теодолиты, планово-высотные знаки, нивелирные рейки, приборы для измерения расстояний, щелемеры, отвесы, преобразователи линейных перемещений и другие приборы.

Нивелиры - приборы для определения превышений геометрическим методом с помощью устройства, обеспечивающего горизонтальность визирного луча в процессе измерений.

В зависимости от типа и класса нивелирования различают нивелиры:

Н 1, Н 2, Н3 (Н - нивелир; 1, 2, 3 - классы нивелирования) - высокоточные нивелиры для нивелировок линий I, II и III классов;

НС2, НС3, НС4 - точные нивелиры с компенсаторами для нивелировок линий II, III и IV классов;

НТ и НТС - нивелиры для технического нивелирования;

НЛС - нивелир с наклонным лучом визирования для технического нивелирования.

Теодолиты - геодезические приборы для измерения горизонтальных и вертикальных углов. Теодолиты классифицируют по свойству основных осей, точности проводимых измерений и другим критериям. В зависимости от устройства осей лимба (горизонтального и вертикального угломерных кругов) теодолиты разделяют на простой, повторительный и с поворотным лимбом.

Приборы для измерения расстояний включают штриховые мерные ленты длиной до 50 м; измерительные рулетки длиной до 100 м; мерные проволоки длиной 24 и 48 м; светодальномеры электромагнитные малого (до 2-5 км), среднего (до 15 км) и большого (до 50 км) радиуса действия. Погрешность измерения расстояний светодальномерами малого радиуса составляет 2-20 мм. Такие приборы можно устанавливать на стойки серийных теодолитов или самостоятельную подставку. Применение дальномеров-автоматов позволяет процесс измерений и вычислений окончательной длины и других данных выполнять в автоматическом режиме работы.

Преобразователи линейных перемещений струнные типа ПЛПС-320(160) - дистанционные электромагнитные приборы для наблюдений за послойными осадками и деформациями грунтовых плотин и оснований в условиях одноосных взаимных линейных перемещений их элементов (участков) в пределах 160-320 мм. При установке приборы с помощью двухпроводных и многожильных кабелей в резиновой оболочке соединяют с коммутаторами преобразователей КП-24 или центральным измерительным пунктом. Измерения перемещений выполняют с помощью цифрового периодомера типа ПЦП-1.

Нивелирные рейки - приборы для определения превышений и осадок при нивелировании.

В практике строительства и эксплуатации гидросооружений применяют нивелирные рейки с инварной полосой длиной до 3 м и специальные рейки для

помещений (потерн, галерей) длиной до 2 м: подвесные, подвесные магнитные и стандартные.

Нивелирные геодезические знаки - элементы высотной основы, предназначенные для сохранения на местности точек с известными высотами и выполнения наблюдений за осадками грунтовых плотин, оснований и откосов.

В зависимости от назначения различают:

знаки главной геодезической высотной основы - исходные и рабочие реперы, отметки которых определяют нивелированием I и II классов;

знаки рабочей геодезической высотной основы, включающие марки и реперы, установленные в сооружении, основании и откосах (отметки определяются нивелированием II, III и IV классов);

высотные знаки для оползневых и обвалоопасных участков грунтовых плотин, откосов примыканий и бортов.

Исходные реперы служат для длительного сохранения известных постоянных отметок высот точек в устойчивых грунтах за пределами зоны возможной деформации. В зависимости от условий расположения и рельефа местности исходные реперы могут быть трубчатого типа (для прочных скальных пород) и глубинного типа (при глубоком расположении коренных пород, пригодных для установки якоря репера).

Рабочие реперы предназначены для передачи высотных отметок от исходной геодезической сети на контрольные высотные знаки в плотине, основании и на откосах.

В зависимости от способов установки различают реперы для скальных оснований и реперы для оснований из мягких грунтов трубчатого типа, устанавливаемые при помощи бурения или в котловане.

Контрольные марки (реперы) для измерения осадок фунтовых плотин, их оснований и откосов в зависимости от глубины заложения подразделяются на глубинные и поверхностные.

К числу глубинных контрольных знаков относятся универсальный глубинный репер конструкции Проктора с повышенной точностью измерения осадок, глубинная трубчатая марка, закладываемая в буровую скважину или в шурф, глубинная железобетонная плита - марка на предварительно подготовленной опорной железобетонной плите.

Поверхностная грунтовая марка устанавливается на глубину ниже глубины промерзания грунта и предназначена для измерений осадок поверхности грунтовых плотин, откосов или других сооружений.

Для измерений осадок бетонных элементов грунтовых плотин в зависимости от положения измеряемой точки различают: стенные марки закрытого и открытого типа; плитные марки, располагаемые на глубине 5-8 см от поверхности железобетонной плиты и защищенные завинчивающейся крышкой; цокольные марки, устанавливаемые на бетонной или гранитной поверхности за пределами участков транспортного или пешеходного движения.

Контрольные высотные знаки на поверхности оползневых или обвалоопасных участков для случая потенциально неустойчивого участка (плотины) выполняют в виде отрезков трубы или арматуры, заведенных на дне шурфа в слой бетона или установленных в бетон. Основание шурфа расположено на 0,5 м ниже глубины сезонного промерзания грунта. Для наблюдений за осадками движущихся масс грунта в районах с

незначительной глубиной промерзания используют стержни из труб, арматуры или сваи из дерева, забиваемые вертикально на глубину до 0,6 - 0,9 м.

Плановые знаки, используемые для определения горизонтальных деформаций, также подразделяют:

на исходные, устанавливаемые за пределами зоны возможных деформаций в устойчивых грунтах;

на рабочие (опорные), располагаемые вблизи исследуемого объекта наблюдений в зоне возможных деформаций пород для измерений горизонтальных деформаций контрольных пунктов;

на контрольные, закладываемые в характерные контролируемые створы сооружения или берегового склона.

Пикетные знаки предназначены для обозначений расстояний по длине грунтовых плотин и располагаются по оси сооружений, вдоль бровки откосов, берм или подошвы низовых откосов.

Знаки-указатели применяют для обозначения положения осей плотины и других сооружений, мест их поворота, положения скрытых в грунте или под водой конструктивных элементов плотин и других устройств (дренажей, экранов, креплений и т.п.)

4. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДОК И ДЕФОРМАЦИЙ.

Размещение геодезических знаков и других контрольных приборов на участках и элементах плотины, в основании и прилегающей территории выполняют исходя из условий получения наиболее полной и достоверной информации о величине и распределении осадок гребня по его длине (продольная осадка), об осадках основания и собственно тела плотины, об осадках плотины в примыканиях к устоям и бортам каньона, о деформациях поперечного профиля плотины (поперечная осадка) и деформациях возможного выпора грунта основания у подошвы сооружения.

Количество и расположение приборов для измерения деформаций определяются классом капитальности плотины, ее конструктивными и технологическими особенностями, инженерно-геологическими, сейсмическими, климатическими и другими природными условиями створа и района гидроузла.

Фундаментальные (исходные) реперы, входящие в высотную основу плотины, располагают за пределами зоны возможных деформаций коренных пород, происходящих в результате строительства гидросооружений и наполнения водохранилища. Более предпочтительно их размещать на выходах коренных, преимущественно скальных пород, расположенных на незатопляемых отметках в точках, удаленных от оползневых и карстовых участков, мест тектонических разломов и грунтов, склонных к пучению или осадкам. Для эксплуатационных наблюдений за плотиной и другими сооружениями фундаментальные реперы следует привязывать к ближайшему фундаментальному реперу Государственной сети нивелированием I класса.

Рабочие реперы, предназначенные для передачи отметок от фундаментальных реперов к сооружению, располагают на расстоянии не менее 500-800 м от плотины с соблюдением требований к положению фундаментальных реперов (п. 4.3). Отметки рабочих реперов определяют от фундаментальных (исходных) реперов нивелированием II класса и периодически контролируют.

Основным условием размещения фундаментальных и рабочих реперов является обеспечение стабильности абсолютных отметок во время эксплуатации гидроузла.

Поверхностные марки, используемые для контроля деформаций плотины, основания и прилегающей территории, размещают преимущественно в продольных и поперечных створах, расположенных параллельно и перпендикулярно к оси сооружения.

Поверхностные марки, установленные в продольных наблюдательных створах, предназначены для контроля закономерности осадки плотины по ее длине, относительных смещений между боковыми призмами и противофильтрационными элементами, деформаций выпора основания за плотиной. Количество продольных створов и марок в каждом створе зависит от конструкции плотины, ее размеров и геологического строения основания и должно составлять:

- в однородных плотинах - не менее одного створа, расположенного вдоль верховой, низовой бровок, либо вдоль оси гребня (рис. 4.1, а);
- в плотинах с грунтовыми экранами или водоупорными верховыми призмами - не менее двух продольных створов, располагаемых на гребне вдоль бровок верхового и низового откосов;
- в плотинах с центральным ядром или диафрагмой из суглинка или асфальтобетона - не менее трех продольных створов, контролирующих осадки находящихся во взаимодействии (вплоть до аварийно-опасного напряженно-деформированного состояния) верховой и низовой призмы и противофильтрационного элемента и расположенных вдоль верховой и низовой бровок гребня и по гребню ядра или диафрагмы (рис. 4.1, в).

Поверхностные марки, установленные в поперечных наблюдательных створах, позволяют контролировать осадки гребня, откосов и основания плотины, территории у основания плотины со стороны нижнего бьефа на характерных и ответственных участках сооружения, в том числе

- на русловом участке через 20-50 м, где плотина имеет наибольшую высоту и наибольшие ожидаемые осадки;
- на участках залегания в основании плотины прослоек сильно деформируемых или резко отличающихся по строению фунтов;
- в местах резкого изменения высоты плотины над изломами поверхности основания;
- в сопряжениях плотины с встроенными или проложенными под ней бетонными сооружениями (устоями, туннелями, трубами и т.п.);
- над зонами тектонических разломов и крупных трещин в основании;
- на границах участков плотины, выполненных из разных материалов;
- на береговых и пойменных участках плотины постоянного профиля, расположенных на пологих берегах, сложенных однородными качественными грунтами, через каждые 50-100 м по длине сооружения;
- над ослабленными зонами тела плотины, образовавшимися при строительстве (некачественный грунт с включениями и т.п.) или над выявленными расчетами и наблюдениями зонами возможного трещинообразования, химической суффозии и др.;
- в местах поворотов плотины под углом более 15°;

- в промежутках между указанными выше характерными участками через 50-100 м.

На протяженных (в несколько километров) плотинах расстояние между поперечными наблюдательными створами может достигать 150-200 м.

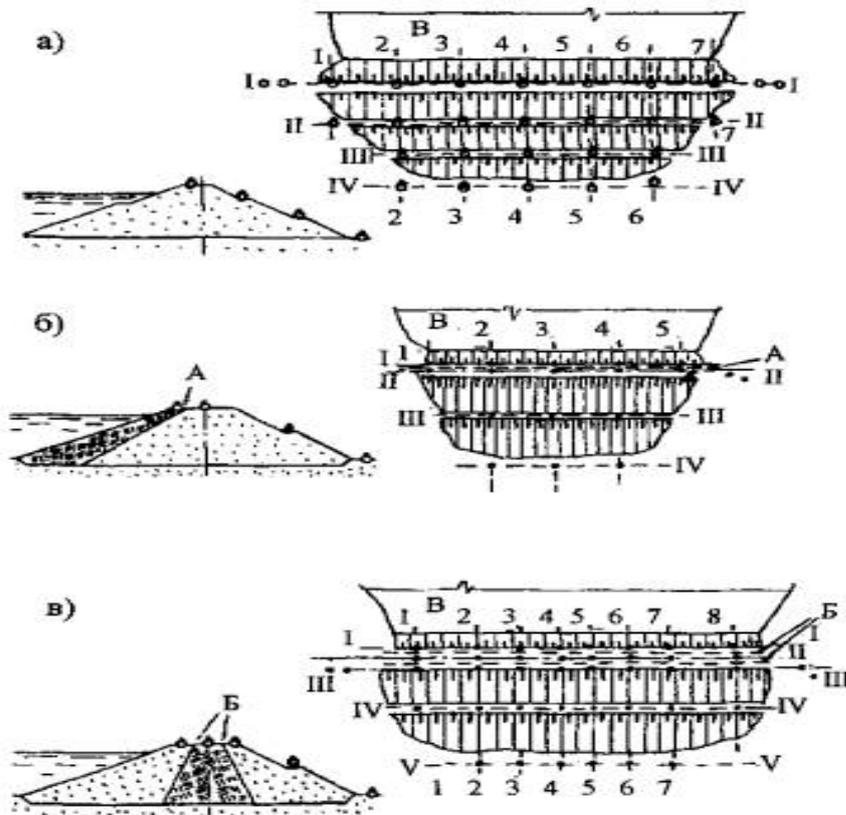


Рис. 4.1. Размещение створов марок в грунтовых плотинах:

I - I - V - V - продольные створы марок; 1-1 - 8-8 - поперечные створы марок; • - марки поверхностные; А - граница экрана; Б - границы ядра; В - водохранилище; а - однородная плотина; б - плотина с экраном (водоупорной верховой призмой); в - плотина с ядром (диафрагмой).

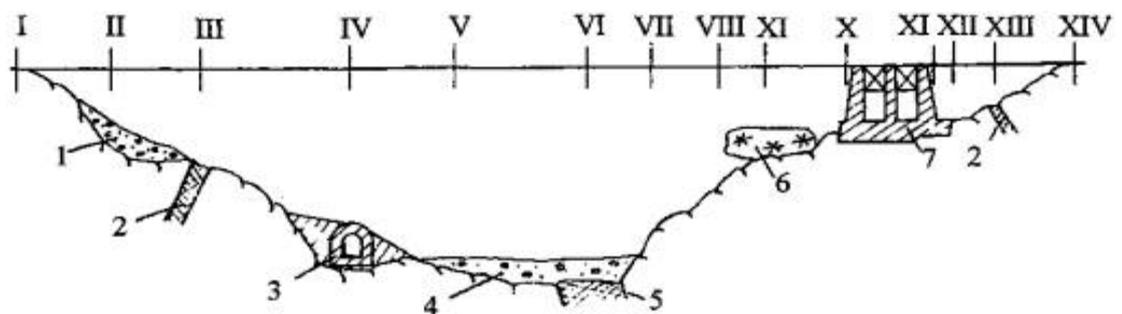


Рис. 4.2. Схема размещения поперечных наблюдательных створов марок:

II - XIII - створы марок; 1 - водопроницаемый слой; 2 - тектоническая трещина; 3 - временный водосброс; 4 - аллювий; 5 - тектонический разлом; 6 - зона промерзания; 7 - водосброс.

Для контроля за горизонтальными смещениями (перпендикулярно оси плотины) высоких грунтовых плотин оборудуют специальный визирный створ, как правило,

совмещенный с продольным створом за пределами проезжей части гребня. При этом визирные марки совмещают с высотными поверхностными марками, расположенными на гребне, низовых бермах и у подошвы низового откоса.

Высотные и плано-высотные поверхностные марки размещают в точках пересечения продольных и поперечных измерительных створов, когда общее количество марок соответствует количеству точек пересечения створов. Каждая марка в указанных точках служит одновременно для измерений осадок в продольном и поперечном направлениях, а также для измерений горизонтальных смещений плотины (рис. 4.3, а).

Глубинные марки для определения послойных осадок устанавливают в массиве тела плотины и основании в поперечных створах, причем их плановые координаты не всегда совпадают с расположением поверхностных марок.

Потерны и галереи, расположенные в фунтовых плотинах, оснащают поверхностными, боковыми и глубинными марками для определения общей и послойной осадки основания и тела плотины. Боковые (стеновые) марки размещают по концам секций (у швов), глубинные - с пола потерны в точках, совпадающих с местоположением поперечных измерительных створов на плотине.

Вертикальные смотровые шахты в теле плотин оснащают марками, устанавливаемыми на днище и у торцов соседних звеньев (рис. 4.3, б).

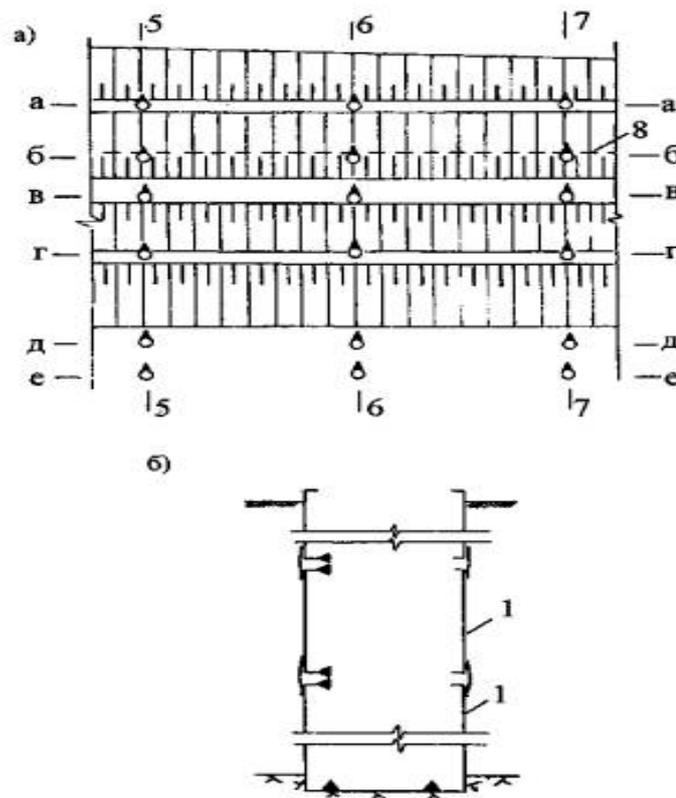


Рис. 4.3. Схема размещения марок в грунтовых плотинах:

a - на поверхности и у подошвы участка плотины; *б* - в смотровой шахте; *a - a, ..., e - e*, *5 - 5*, *б - б*, *7 - 7* - продольные и поперечные створы с марками; \circ - марка поверхностная; *1* - звено шахты; \blacktriangle - марка в смотровой шахте; *8* - положение УВБ

Деформации земной поверхности в районе створа высоконапорных плотин при их возведении и наполнении водохранилища, связанные с образованием воронки оседания, фиксируются по реперам и маркам, установленным:

- по берегам водохранилища;
- в направлениях, перпендикулярных берегам водохранилища от 1-2 точек у каждого берега на 5-10 км вглубь горных массивов;
- в направлении от створа плотины вниз по течению реки на 5-10 км.

Наблюдения за деформациями оползней и потенциально неустойчивых массивов выполняют с помощью створных, плановых и высотных геодезических знаков, расположение которых предварительно установлено визуальными наблюдениями и исследованиями. Рабочие реперы и опорные пункты должны находиться за контуром оползня или потенциально неустойчивого массива. Направление створа обычно принимают перпендикулярным направлению движения оползня. Осадки марок, установленных в характерных и доступных для наблюдения точках оползня и потенциально неустойчивого массива, определяют с помощью геометрического и тригонометрического нивелирования.

Контроль за возможными неотектоническими подвижками по расположенным вблизи гидроузла разломам в скальных массивах выполняют по плановым и высотным знакам в характерных поперечниках. Каждый поперечник обычно оснащен 4 и более марками (не менее 2 на каждой стенке разлома), а также плановыми знаками, смещения которых определяют створными и линейными измерениями. Для выполнения натурных наблюдений могут быть использованы светодальномеры и лазерные дальномеры, а в качестве закладной КИА - деформометры, гидростатические уровни и другие приборы.

5.МЕТОДИКА И ТЕХНИКА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОСАДКАМИ И ДЕФОРМАЦИЯМИ

При наблюдениях за осадками грунтовых плотин применяют рекомендуемое Государственной инструкцией нивелирование III и IV классов.

Для оценки состояния грунтовой плотины по данным наблюдений за осадкой при средней скорости ее снижения порядка 0,5-1 мм/мес, сопоставимой с точностью измерения, класс нивелирования следует повысить (например, при развитии неблагоприятных процессов деформации).

При строительстве плотины осадки определяют по временным маркам, располагаемым на промежуточных отметках, соответствующих условным ярусам, на которых намечена их установка.

Допускаемая точность измерения деформаций объектов наблюдений.

Таблица 5.1

| Объекты наблюдений | Средняя погрешность определения деформаций, мм | |
|--|--|-------------------------|
| | осадки | горизонтальные смещения |
| Грунтовые сооружения строительный период эксплуатационный период | 10 | 5-10 |
| | 5 | 3-5 |
| Оползни | 30-50 | 10 |
| Обвалоопасные участки скального массива | 1-2 | 1-2 |

В строительный период, наиболее ответственный цикл измерений выполняют после отсыпки первого яруса грунта (по принятой условной разбивке) высотой около 3-5

м и давлении на основе $0,5-1 \text{ кгс/см}^2$. При переводе наблюдений с нижележащего яруса на вышерасположенные отметки выполняют переходное нивелирование старых и новых марок, установленных над нижним ярусом. При этом отметкам новых марок придают суммарную осадку нижних, обеспечивая непрерывность наблюдений до окончания строительства и передачу суммарной осадки за весь период на верхние постоянные марки. Наблюдение осадок каждого, оборудованного марками, яруса должно включать не менее 2-3 циклов измерений, прежде чем на вышележащем ярусе будут установлены новые марки.

В период наполнения водохранилища выполняют контрольный цикл наблюдений, включающий нивелирование плотины по всем маркам, установленным к этому времени на сооружении и других объектах наблюдения. В период наполнения водохранилища цикличность измерения осадок увязывают с этапами подъема и положением УВБ. При относительно быстром и безостановочном подъеме УВБ (в течение нескольких месяцев или недель) рекомендуется выполнить не менее пяти циклов измерений осадки, например, через каждые 5-10 м подъема уровня. При наполнении водохранилищ большой емкости (в течение 1-2 лет) циклы измерений можно выполнять в зависимости от высоты подъема отметки УВБ, например, через каждые 10-20 м подъема или этапов задержек подъема.

Таблица 5.2

Периодичность натуральных наблюдений за осадками грунтовых плотин, деформациями оснований и откосов

| Виды натуральных наблюдений | Строительный период (до наполнения водохранилища) | Аномальный ход осадок и др. процессов. Периоды повышенного риска. Активизация деформаций | Первое наполнение водохранилища | Первые годы эксплуатации (3-5 лет) | Период нормальной эксплуатации (40-50 лет) | Старение сооружения (через 40-60 лет) |
|---|---|--|---------------------------------|---|---|---------------------------------------|
| Грунтовые плотины и основания | | | | | | |
| Визуальные | Ежедневно | 2 раза в сутки | 2 раза в сутки | Ежедневно | Ежедневно | 2-3 раза в неделю |
| Обследование состояния крепления откосов грунтовых плотин и понуров | - | Еженедельно | 2 раза в месяц | Ежеквартально | Не реже 3 раз в год | Ежеквартально |
| Осмотры подводных участков плотин (дамб) водолазами | - | Еженедельно | Ежемесячно | 2 раза в год - ежегодно (после паводка) | Ежегодно - 1 раз в два года (после паводка) | 2 раза в год - ежегодно |
| По поверхностным высотным и плановым знакам | 2 раза в месяц | Еженедельно | Еженедельно-ежеквартально | Ежемесячно-ежеквартально | Ежегодно - 1 раз в два года | Ежеквартально |
| По глубинным высотным и плановым знакам | 2 раза в месяц | Еженедельно | 1-2 раза в месяц | Ежеквартально | 1-2 раза в 2 года | Ежегодно |
| По дистанционным деформометрам | - | Еженедельно | 1-2 раза в месяц | Ежемесячно | Ежемесячно | 2-3 раза в год |
| Откосы береговых примыканий и бортов водохранилищ | | | | | | |
| Визуальные | Ежемесячно | 2-3 раза в неделю | Еженедельно | Еженедельно | Ежемесячно | Еженедельно |
| Геодезические | Ежегодно | Еженедельно | Ежемесячно | Ежеквартально | 1 раз в 2 года | Ежеквартально-ежегодно |
| По дистанционным деформометрам и другой КИА | Ежемесячно | Еженедельно | Ежемесячно | Ежемесячно | Ежемесячно-ежеквартально | Ежемесячно-ежеквартально |

В первые 3-5 лет нормальной (без осложнений) эксплуатации плотины, за которые она «приспосабливается» к работе под нагрузкой и процессы ее стабилизации не полностью затухли, измерения осадки выполняют 3-4 раза в год: перед паводком и после него, а также осенью перед началом сезонной сработки водохранилища.

В период нормальной эксплуатации плотины (25-50 лет) измерение осадки рекомендуется выполнять 1 раз в год и при этом соблюдать определенные календарные сроки выполнения наблюдений.

При появлении признаков «старения» плотины (обычно после 25-30 лет эксплуатации) периодичность измерений осадки должна быть повышена и доведена до двух, а при необходимости и больше циклов в год.

- Внеочередные циклы измерения осадок выполняют
- после каждого землетрясения в районе расположения гидроузла силой не менее 4-6 баллов;
- после проведения взрывов большой мощности вблизи объекта;
- при обнаружении аномалий в ходе осадки или заметных «оживлений» высотных знаков и др.

Натурные наблюдения за гидротехническими сооружениями как потенциально опасными объектами для населения и окружающей среды не должны прекращаться в течение всего срока их эксплуатации. По мере стабилизации осадок до скорости 1-2 мм/год периодичность измерений можно увеличить до одного года.

Для обеспечения заданной точности нивелирования, удовлетворительного качества результатов натурных наблюдений и безаварийного состояния и работы объектов наблюдений рекомендуется соблюдать следующие положения.

Высотная и плановая сеть плотины должны включать несколько групп глубинных или фундаментных реперов и исходных плановых знаков, установленных в коренных породах основания вне зоны воздействия давления плотины и водохранилища и на разных берегах реки.

Наблюдения за осадками и другими деформациями, выполняемые геодезическими методами, проводятся инженером-геодезистом высокой квалификации. Для получения удовлетворительных по точности результатов измерений рекомендуется, чтобы во всех циклах, по возможности, они выполнялись одной организацией, одним и тем же специалистом, одними и теми же инструментами.

Для измерений следует использовать современные приборы и инструменты, отвечающие требованиям заданной точности измерений и прошедшие очередную поверку.

Перед наблюдениями осадочные марки, плановые знаки и другая закладная КИА должны быть освобождены от завалов, очищены от грязи, обновлена их маркировка, устранены неисправности, проверены отметки и показания с соответствующей записью в журнале. Подходы к геодезическим знакам и закладной КИА, галереям, бермам и т.д. должны быть расчищены и приведены в безопасное состояние.

Ежегодные повторяющиеся циклы измерений осадок и горизонтальных смещений должны проводиться, по возможности, при одинаковых условиях: в одни и те же календарные сроки (квартал, месяц, число), при одинаковых отметках УВБ и УНБ, при благоприятной погоде.

Продолжительность работ в каждом цикле наблюдений должна быть минимальной (1-2 суток), особенно в строительный период, когда осадка проходит интенсивно.

При обнаружении на плотине, у подошвы низового откоса, откосах береговых примыканий или бортов водохранилища, просадок, оползней, трещин отрыва и других аномальных деформаций в местах их проявления следует оперативно установить

временные марки, организовать более частые систематические наблюдения вплоть до проведения ежесуточных измерений. Прекращение этих наблюдений возможно только после выяснения причин деформаций, их устранения и установления, что процесс стабилизировался.

Аналогичную схему измерений необходимо соблюдать и в отношении тех знаков на плотине, в основании или берегах, показания которых дают резкое увеличение деформации по сравнению с предыдущим периодом наблюдений.

Для обоснования достоверности получаемых результатов геодезических наблюдений необходимо периодически контролировать стабильность положения высотной и плановой сети, отметки исходных и рабочих реперов.

Геодезические наблюдения за осадкой плотины, деформациями основания и откосов должны обязательно дополняться соответствующими визуальными осмотрами поверхностей сооружения, прилегающей к плотине территории и берегов в целях обнаружения различного рода деформаций, подвижек грунта, трещин и т.п. Места указанных проявлений деформаций после их оснащения марками включают в систему геодезических наблюдений.

Применительно к каждой конкретной плотине с учетом ее конструктивных особенностей, условий эксплуатации и технического состояния рекомендуется составление годовых (или на несколько лет) графиков натуральных наблюдений за ее осадкой, а также деформациями основания и откосов.

Результаты геодезических наблюдений самым тщательным образом (без подчисток и исправлений цифр) заносят в специальный полевой журнал геодезиста.

По окончании цикла геодезических наблюдений результаты должны незамедлительно подвергнуться камеральной обработке (на следующий же день).

6. ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ*

Первичная обработка результатов

Вычисленные инженером-геодезистом абсолютные и относительные значения осадок высотных марок плотины и данные других геодезических измерений по плотине, основанию и откосам немедленно заносят в соответствующие таблицы накопительных ведомостей. Значения осадок высотных знаков при каждом очередном цикле измерений определяют как разность между полученными отметками этих знаков и отметками, зафиксированными при первом (начальном) цикле. Отметки марок вычисляют от исходных реперов.

При наличии в плотине глубинных марок, установленных на контакте ее подошвы с основанием, общую осадку гребня в данном створе можно разделить на осадку собственно плотины (деформация уплотнения грунта тела плотины) и на осадку поверхности основания за счет уплотнения (или выпора) грунта в пределах активной зоны.

Вторичная обработка результатов

Вторичная обработка результатов геодезических наблюдений включает:

построение графиков хода осадок и деформаций плотины и основания во времени по всем высотным маркам, плановым знакам и другой КИА;

построение эпюр осадок и деформаций плотины и основания на даты циклов измерений или другие характерные даты;

сопоставление натуральных данных наблюдений осадок и деформаций с их расчетными или критериальными значениями и др.

Оформляемые материалы должны содержать также вспомогательную информацию об изменениях УВБ, УНБ, динамических воздействиях и других показателях, необходимых для сопоставления и анализа процессов.

В целом результаты вторичной обработки данных наблюдений осадок и других деформаций должны быть ориентированы на определение фактических показателей работы и состояния сооружения, основания и откосов для оценки их эксплуатационной надежности и безопасного состояния.

Для установления корреляционной связи осадок с ростом насыпи плотины (строительный период), с уровнем верхнего бьефа, динамическими воздействиями или температурой наружного воздуха (эксплуатационный период) указанные воздействующие на сооружение факторы также в графической форме наносят на графики осадок.

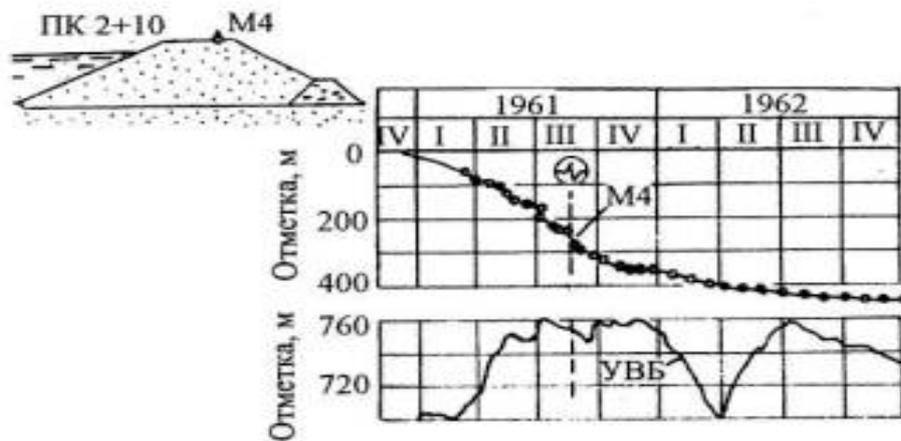


Рис. 6.1. Осадки марки на гребне плотины: ⊕ - регистрация землетрясения

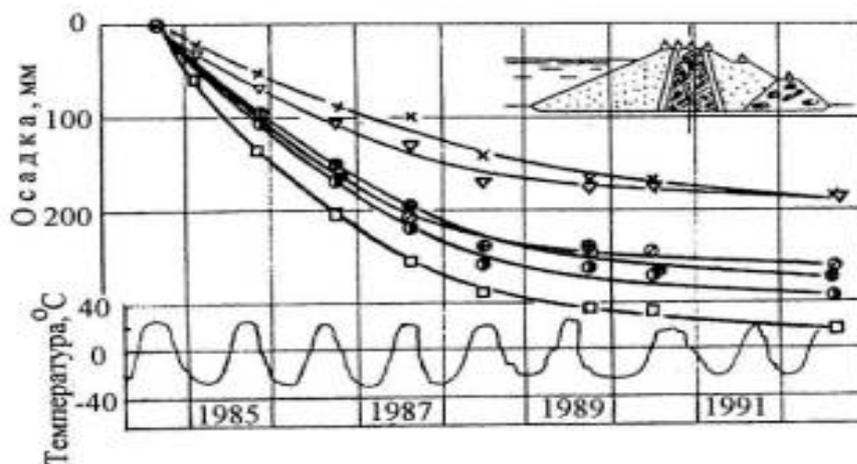


Рис. 6.2. Осадки контрольных марок на гребне грунтовой плотины: □ - M1; Å - M2; ● - M3; ⊙ - M4; Ñ - M5; x - M6

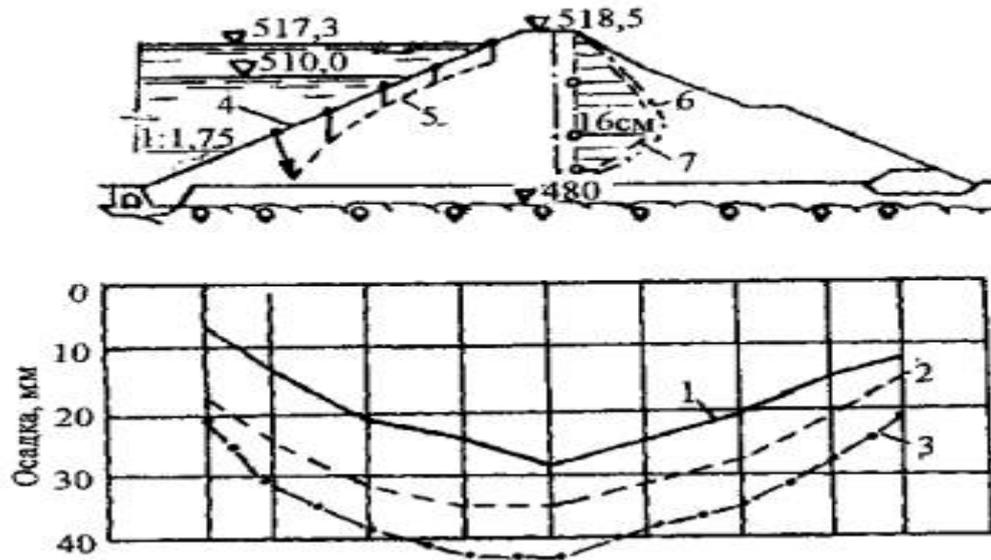


Рис. 6.3. Эпюры осадки основания и смещений грунтовой плотины:

1 - осадка основания после возведения плотины; 2 - осадка основания после наполнения водохранилища; 3 - расчетная осадка основания для случая наполненного водохранилища; 4 - экран; 5 - деформации экрана; 6 - эпюры расчетных смещений; 7 - эпюры измеренных смещений; ● - марка

Расчетные и критериальные значения осадок и горизонтальных деформаций плотины и основания, необходимые для сравнения с полученными в натуре, следует брать из проекта, либо определять любым достоверным методом, прошедшим широкую апробацию на практике.

7. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

Анализ хода осадок плотины, деформаций основания и откосов должен проводиться квалифицированным инженерным персоналом в соответствии с нижеприведенными рекомендациями, доступными для практического использования при оценке состояния и безопасности работы объектов наблюдений. При необходимости для этих целей может быть привлечена специализированная организация.

Одним из основных положений анализа результатов наблюдений за осадками следует считать установление закономерности хода осадки плотины во времени. С этой целью рекомендуется проводить анализ очертания кривых графиков хода осадок по каждой высотной марке.

Практический опыт натурных наблюдений на грунтовых плотинах позволяет выделить следующие характерные случаи изменений осадок во времени: нормальный, аномальный и аварийный, ход развития которых с различной скоростью приближается к предусмотренному проектом предельному значению осадки.

Нормальный ход развития осадок плотины (основания) характеризуется его плавностью, монотонным уменьшением приращений осадок во времени (от цикла к циклу измерений), плавным приближением происходящих осадок к горизонтальной асимптоте 1. График нормального хода осадки плотины по своему очертанию должен быть близок к очертанию графика уплотнения грунта тела плотины под нагрузкой.

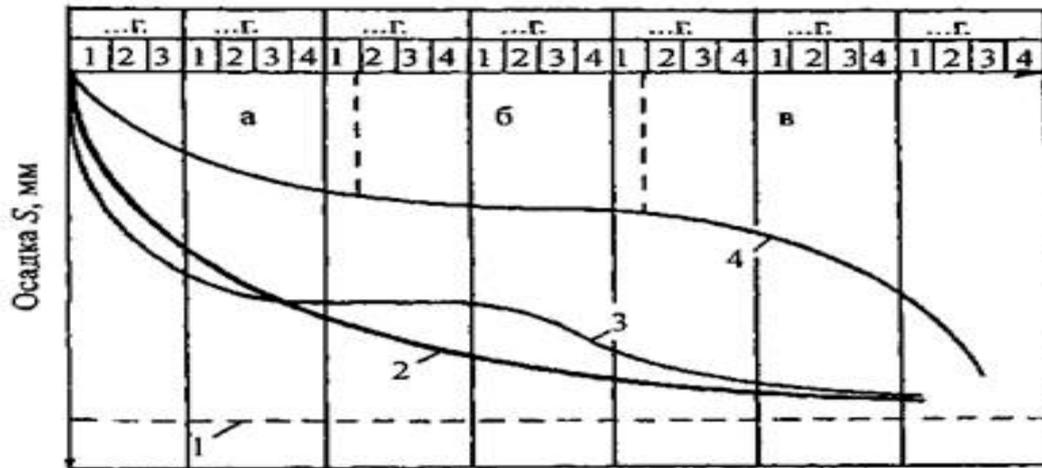


Рис. 7.1. Характерные графики хода осадок во времени:

- 1 - ожидаемое предельное значение затухающей осадки (горизонтальная асимптота);
- 2 - график нормального хода осадки;
- 3 - график изменения осадки с временным отклонением от нормального хода;
- 4 - аварийный характер развития осадки с участками: начального постепенно затухающего хода осадки (а), затухающего хода (б), ускоряющегося хода осадки (в) с возможной аварией

Показателями закономерного хода осадки плотины (основания) могут служить очертание и взаимное расположение эпюр осадок, построенных по измерениям, выполненным через равные временные интервалы. Осадку плотины можно считать закономерной, если:

- а) эпюры повторяют контурную линию створа плотины, меняя свои ординаты в соответствии с изменением высоты плотины;
- б) интервалы между нижними, ограничивающими эпюры линиями, построенными на разные даты через равные отрезки времени, уменьшаются сверху вниз (рис. 6.4), т.е. линии эпюр с каждым годом располагаются ближе друг к другу, что является признаком затухания осадки во времени;
- в) эпюры осадок не имеют резких перегибов и ступеней.

При анализе состояния и работы плотины, основания и откосов по данным геодезических наблюдений за их деформациями необходимо учесть и соответствующие результаты визуальных наблюдений. Отсутствие на плотине и других объектах наблюдений видимых проявлений просадок грунта, оползней, трещин, вспучиваний, очагов фильтрации и т.п. свидетельствует о благополучном состоянии сооружения, его основания и откосов.

Аномальный ход осадки характеризуется, как правило, одним или несколькими нарушениями закономерности ее развития. К числу причин аномальных отклонений хода осадки можно отнести: интенсивное замачивание грунта плотины при быстром наполнении водохранилища; набухание глинистых грунтов в плотине, геологической среде основания или откосов при их водонасыщении; морозное пучение или «омоноличивание» грунтов; динамические сотрясения от взрывов, землетрясений, транспорта и др.; выпор слабых грунтов из основания; суффозионные процессы и другие факторы.

Воздействие указанных выше факторов на осадку плотины проявляется в следующем.

Интенсивное замачивание тела плотины вызывает ослабление контактных связей между частицами грунта; в крупнообломочных грунтах проявляется взвешивающая сила,

снижаются показатели внутреннего трения и т.п. Указанные явления способствуют резкому увеличению скорости осадки грунта под действием собственного веса насыпи за счет переукладки частиц в более плотное состояние. Процесс носит сравнительно кратковременный характер и отражается на графике хода осадки ступенчатым падением.

В грунтовой плотине, основании или откосах из глинистого материала деформации набухания возможны после наполнения водохранилища и начала фильтрации. Такие деформации накладываются (с обратным знаком) на осадку, обусловленную уплотнением тела плотины и основания от собственного веса грунта. Процесс набухания может длиться достаточно долго из-за малой водопроницаемости глин, а величина деформаций набухания в значительной мере будет зависеть от размеров глинистого массива (высоты плотины).

Землетрясения и мощные взрывы могут вызвать при определенных условиях быстрое увеличение скорости осадок объектов наблюдений и даже их обрушение.

Суффозионный вынос грунта из тела плотины (основания) может приводить к образованию на поверхности плотины локальных просадок, что может быть зафиксировано высотными марками, располагающимися в зоне проседания.

При анализе данных наблюдений рекомендуется учитывать, что аномальный ход осадки плотины по указанным выше и другим причинам не всегда является признаком неблагополучной работы плотины и основания или нарушения их целостности, так как с прекращением воздействия факторов, нарушающих нормальное развитие осадки (например, замачивание грунта тела плотины водой, небольшие сотрясения взрывами или сейсмом, таяние находившегося в грунте льда и т.д.), дальнейший процесс ее развития приобретает вполне закономерный характер.

Аварийный ход осадки плотины (основания, откосов) характеризуется незатухающим, ускоряющимся во времени процессом ее развития. Такое развитие процесса может быть обусловлено нарушением статической устойчивости откосов плотины, выпором слабых грунтов из основания, контактным выпором (выносом) и контактным размывом, сопровождающимся разрушением грунта на контакте с более крупнозернистым материалом (нарушениями фильтрационной прочности); повреждениями плотины, вызванными воздействием сейсма или взрывов и др.

Оценку закономерности хода и общей тенденции развития осадок плотины рекомендуется производить не по отдельным фрагментарным графикам и эпюрам, а по данным за весь период наблюдений, т.е. ретроспективным способом, что позволяет путем визуального сравнения с большой наглядностью проследить за всеми изменениями в характере осадки плотины с начала наблюдений.

Следующим этапом анализа результатов натуральных наблюдений за осадкой является их сравнение с данными проекта или специальных расчетов. Сопоставление производится путем нанесения на графики и эпюры изменений наблюдаемых осадок, расчетных графиков и эпюр, вычисленных для соответствующих створов, сечений или точек. Затем данные натуральных наблюдений сравнивают с предельно допустимыми показателями по осадке. Если натурные значения осадок не превосходят расчетных и предельно допустимых величин, а ход осадки является вполне закономерным, то плотину по этому показателю (осадке) можно считать работоспособной. В случае превышения величин натуральных осадок их критериальных значений рекомендуется:

выполнить повторный расчет осадки плотины и основания с введением в него уточненных геотехконтролем характеристик грунта и граничных условий;

включить в анализ результаты других видов натуральных наблюдений по плотине с целью выяснения возможных причин развития и выхода осадки за пределы расчетных значений (данные по плотности и качеству уложенных в плотину грунтов, криологии основания, погребенному снегу, суффозионным процессам, динамическим воздействиям и др.).

Для оценки эксплуатационной надежности плотины по данным наблюдений за осадкой рекомендуется установить степень однородности ее сложения по плотности грунта, а также выяснить равномерность деформаций сооружения.

В случае однородного по плотности состава грунта в плотине на всем ее протяжении относительная осадка гребня или берм во всех контрольных створах будет одинакова (при равной продолжительности наблюдений и идентичности грунтов основания в каждом створе). Неравномерность абсолютных осадок гребня (берм) плотины по ее длине рекомендуется оценивать визуально путем сравнения эпюр осадок.

При относительно плавном очертании эпюр можно заключить, что вероятность образования на гребне плотины опасных в фильтрационном отношении поперечных трещин невелика. При наличии на эпюрах осадок резких перегибов или ступеней требуется тщательно обследовать соответствующие участки плотины на трещинообразование.

Существенная разность между значениями осадок двух близких поперечных створов может свидетельствовать о возникновении в грунте растягивающих или значительных касательных напряжений, способных привести к образованию поперечных фильтрующих трещин.

Анализ результатов наблюдений за осадками внутри тела плотины по вертикали заключается в сопоставлении значений расчетных и фактических осадок; при этом максимальные осадки по замерам не должны превышать расчетных значений, определенных по действующим СНиП.

Минимальные значения фактических осадок не должны иметь существенных отличий от осадок соседних слоев плотины, т.е. весь график эксплуатационных осадок должен носить плавный характер от нулевого значения осадки тела плотины у подошвы до максимального на гребне или бермах. Появление на графиках участков с резким изменением величины осадки может свидетельствовать о локальных зависаниях ядра на боковой призме, возможного образования горизонтальной трещины и последующего гидравлического прорыва ядра.

Значительная неравномерность осадок негрунтового экрана плотины может привести к разгерметизации его швов, нарушениям целостности защитного покрытия и, как следствие этого, к увеличению фильтрации.

При анализе графиков хода осадок в различных наблюдательных створах или отдельных точках плотины очень важно установить закономерность процесса их затухания во времени. Признаками благополучного поведения плотины является монотонное уменьшение скорости осадки во времени и ее стремление к нулю, т.е.

Основными отчетными документами в строительный период являются: промежуточные технические отчеты о наблюдениях, выполненных в одном цикле или квартале; годовые технические отчеты; сводный технический отчет о наблюдениях, выполненных до сдачи сооружения в эксплуатацию.

Отчетная документация в виде пояснительных записок должна подготавливаться группой, выполняющей наблюдения за осадкой и деформациями на объекте, и передаваться Заказчику.

8. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ С НАБЛЮДЕНИЯМИ ЗА ОСАДКАМИ НА ПЛОТИНАХ КАЗАХСТНА.

Основная часть плотин Казахстана в настоящий период построена в период с 60-х по 90 годы прошлого столетия. Учитывая равнинный характер территории, подавляющее количество плотин построены из грунта и за длительный срок эксплуатации претерпели определенные изменения, в первую очередь связанные с осадками тела плотины и старением железобетонных элементов.

В настоящем можно выделить ряд основных проблем связанных с контролем за усадками на плотинах республики:

1. Отсутствие рабочих проектов плотин, по которым возможно отслеживать величину усадки всей плотины, а также отдельных ее частей и элементов железобетонных сооружений. Здесь следует отметить следующие моменты:
2. Небольшие плотины, до 1,0 млн.м³ зачастую построены хозяйственным способом без проектов и поэтому по таким плотинам нет данных по усадкам. На этих плотинах необходимо проводить детальную топо съемку с закладкой 2-4 реперов и марок. Заложить контрольные репера по обеим бортам плотины.
3. На плотинах от 10 до 100 млн.м³ сохранились отдельные проекты, однако не по всем плотинам велись постоянные замеры усадки. По данным плотинам необходимо проводить детальную топо и геодезическую съемку, с закладкой 5-10 реперов и марок, провести анализ имеющихся данных и выявить характерные процессы, и их динамику. Проверить существующие репера, а при их отсутствии заложить новые контрольные репера по обеим бортам плотины.
4. На плотинах 100 – 500 млн.м³ имеющие многоцелевое назначение, в большинстве случаев имеются проекты и планы водохранилищ. На данных плотинах имеются отдельные данные по замерам за усадками, и следует провести подробный анализ существующих данных топо съемки. Провести техническую оценку существующей сети наблюдательных марок и реперов, при необходимости реконструировать их. На плотинах, где недостаточно марок и реперов, следует дополнительно заложить новые, и отразить их на плане плотины. Проверить контрольные береговые репера, при их отсутствии заложить новые по обеим бортам плотины.
5. На плотинах 0,5 – 5,0 км³ в большинстве случаев имеются рабочие проекты. Следует провести детальный анализ многолетних данных и оценить общие тенденции усадки тела плотины и всех конструкций. Провести оценку технического состояния существующих марок и реперов, при необходимости реконструировать. В случаях недостаточного количества марок, необходимо заложить новые дополнительные и

отразить их на плане водохранилища. Проверить контрольные береговые репера, при их отсутствии заложить новые по обеим бортам плотины.

6. Для более полного понимания происшедших и возможных усадках и деформациях тела плотины необходимо более детальные данные о геологическом строении плотины, плотности их оснований и примыканий. Имеющиеся на плотинах геологические разрезы тела плотины показывают только проектные характеристики и значения, а фактические данные уложенного грунта и их структуры в большинстве своем отсутствуют. Эти данные, возможно будет получить при закладке дополнительных или новых пьезометрических наблюдательных скважин на плотинах. В ближайшее время, при проведении многофакторных обследований плотин и разработке деклараций безопасности необходимо уточнить и обновить геологические данные по плотинам, и характеристики уложенных грунтов.

7. Несмотря на то, что в республике каждая плотина уникальна по своей конструкции и грунтам тела плотины, тем не менее, необходимо изучать имеющиеся данные по плотинам, общим тенденциям и закономерностям усадки плотин, с учетом длительного периода эксплуатации грунтовых плотин. Анализ и всестороннее обсуждение полученных данных позволит собственникам плотин и эксплуатирующим организациям правильно оценить работу по эксплуатации плотин, определить меры по их реконструкции и модернизации плотин.

8. Как показывает практика, на грунтовых плотинах основными опасными явлениями являются:

- неравномерная усадка тела по длине плотины;
- основная усадка приходится на центральные участки плотины и в местах примыкания к железобетонным конструкциям;
- причинами усадки являются снижение общей плотности грунта, некачественные ремонтно-восстановительные работы, несвоевременное выявление и устранение последствий усадки.
- наблюдаются образование промоин, в основном в местах отсутствия дорожных покрытий на гребне плотины;

9. Для обеспечения безопасности плотин и снижения процессов усадки, необходимо в ближайшее время запретить проезд автотранспорта по гребню плотин, что очень часто наблюдается на плотинах. Согласно техпаспортам, дорога по гребню плотин является эксплуатационной.

9. ПРИМЕР ПРОВЕДЕНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ НА БЫСТРУШИНСКОЙ ПЛОТИНЕ В ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.

Быструшинское водохранилище предназначено для резервного технического водоснабжения Риддерского горно-обогатительного комбината АО «Казцинк».

Водоохранилище полезным объемом при НПУ – 872 м – 6,7 млн.м³. Площадь

зеркала водной поверхности – 0,84 км². Согласно квалификации по размерам водохранилище относится к разряду малых. По глубине – средней 9 м и максимальной 22 м – водохранилище классифицируется как незначительная глубина.

В течение длительного периода, начиная с 1982 года по 2016 годы, на Быструшинской плотине Восточно-Казахстанской области проводились наблюдения за вертикальными и горизонтальными сдвигами тела плотины.

Основные сведения по вертикальным и горизонтальным сдвигам по 11 реперам и маркам. За основу высотных характеристик приняты данные 1982 года, и наблюдения за вертикальными сдвигами ведутся относительно состояния плотины на 1982 года.

Вертикальные смещения: Как видно из данных вертикальные смещения плотины относительно состояния на 1982 год составили от 3 до 98 мм. Наибольшие смещения произошли по створам МП1...МП6. Основные сдвиги происходят на створах МП1 по МП6. Происходит медленная усадка тела плотины.

До 2007 года среднегодовая осадка составила 2,5 мм в год. Начиная с 2007 года по 2016 годы, среднегодовая осадка составила 0,33 мм в год. Процесс усадки плотины продолжается незначительными темпами, в целом процесс усадки стабилизируется.

За весь период наблюдений с 1982 по 2016 годы среднегодовая осадка составила от 0,24 до 2,88 мм/год. Это меньше значения относительной осадки 0,02 % в год, которая принимается в качестве практического критерия затухания процесса осадки для грунтовых плотин.

Горизонтальные сдвиги также наблюдаются по 12 реперам расположенных на гребне плотины. Как показывают многолетние наблюдения, проводимые с 1982 года по 2016 год, горизонтальные смещения находятся в пределах от 2 до 170 мм.

В основном горизонтальные смещения от 27 мм до 170 мм произошли на участке водовыпускного сооружения, и вероятно связан с постоянной работой водовыпусков.

Начиная с 2009 года, горизонтальные смещения не превышают 15 мм и в целом стабилизировались. В основном горизонтальные смещения стабилизировались и находятся в пределах допустимых.

10. ПРИЛОЖЕНИЯ

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АППАРАТУРЕ И ИНСТРУМЕНТАХ

Конструкции нивелирных геодезических знаков

Конструкция *исходных реперов* определяется геологическими, гидрогеологическими и климатическими условиями места их расположения и рельефом местности.

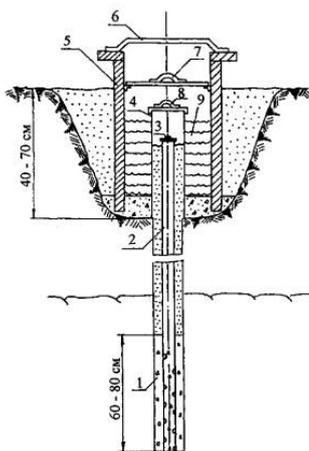


Рис. П.1. Исходный репер трубчатого типа:

1 - якорь; 2 - реперная труба; 3 - головка; 4 - защитная труба; 5 - колодец из железобетонных колец; 6, 7, 8 - крышки; 9 - теплоизоляционный материал

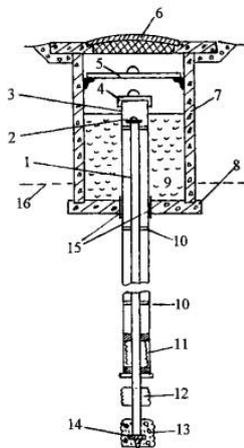


Рис. П.2. Исходный глубинный репер:

1 - реперная труба; 2 - головка репера; 3 - защитная труба; 4, 5, 6 - крышки; 7 - защитный колодец; 8 - основание колодца; 9 - теплоизоляционный материал; 10 - диафрагма; 11 - сальник; 12 - тампон из пакли; 13 - бетон; 14 - якорь; 15 - прокладка; 16 - максимальная глубина промерзания

Рабочие реперы в зависимости от способов установки подразделяют на реперы трубчатого типа, заложенные с помощью бурения, и реперы, установленные в котлованы.

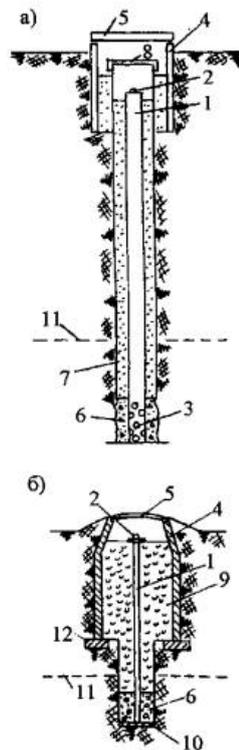


Рис. П.3. Конструкции рабочих реперов для мягких грунтов:

a - трубчатый репер; *б* - репер в котловане; 1 - реперная труба; 2 - реперная головка; 3 - перфорация; 4 - защитный колодец; 5 - крышка колодца; 6 - якорь репера; 7 - защитная труба; 8 - защитная крышка; 9 - теплоизоляционный материал; 10 - анкерная плита; 11 – максимальная глубина промерзания; 12 – основание колодца

Контрольные высотные марки (реперы) для измерений осадок грунтовых плотин и их оснований в зависимости от глубины заложения подразделяются на глубинные и поверхностные.

Наблюдения за осадками отдельных слоев грунта в основании грунтовых плотин производятся с помощью универсальных глубинных реперов и глубинных марок, закладываемых на кровле и ниже подошвы этих слоев.

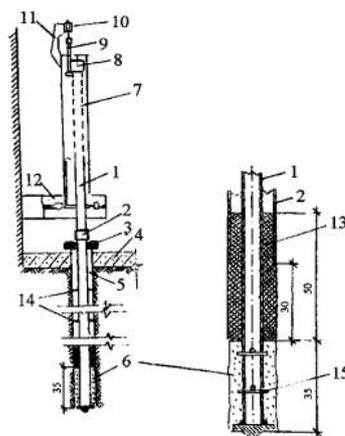


Рис. П.4. Универсальный глубинный репер конструкции Проктора:

1 - рабочая труба; 2 - соединительная муфта; 3 - фланец; 4 - цементный пол; 5 - защитная труба; 6 - башмак; 7 - компенсационная труба; 8 - головка репера; 9 - винт реперной головки; 10 - мессур; 11 - кронштейн для мессура; 12 - анкерная консоль; 13 - сальник из просмоленного жгута; 14 - направляющие кольца; 15 - крестообразные перекладины

Схема другой глубинной трубчатой марки приведена на рис. П.5. В зависимости от условий строительства марку закладывают в буровые скважины или в шурфы.

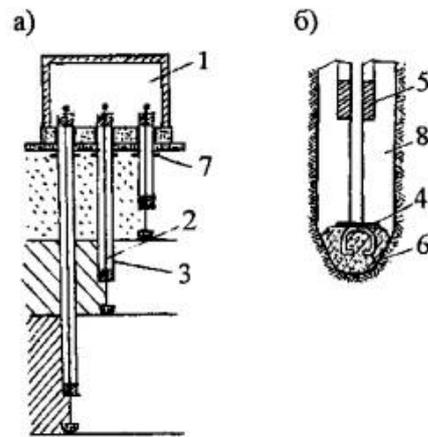


Рис. П.5. Глубинные трубчатые марки:

а - схема расположения марок; *б* - заделка основания марки; 1 - защитный колодец; 2 - рабочая труба; 3 - защитная труба; 4 - опорный диск с арматурой; 5 - сальник; 6 - бетон; 7 - хомут; 8 - зазор

Глубинная железобетонная плита-марка

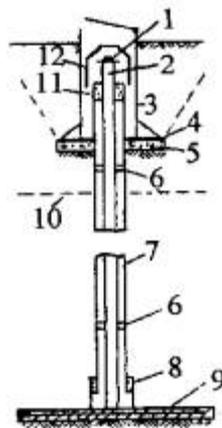


Рис. П.6. Глубинная железобетонная плита-марка:

1 - полусферическая головка; 2 - рабочая труба; 3 - защитная труба-люк с крышкой; 4 - металлический лист; 5 - бетонная подготовка; 6 - распорная диафрагма; 7 - защитная труба; 8 - нижний сальник; 9 - железобетонная плита; 10 - глубина промерзания грунта; 11 - верхний сальник; 12 - защитная крышка

Поверхностная грунтовая марка устанавливается на глубине ниже глубины промерзания грунта и используется для измерения деформаций поверхности грунтовых плотин или других сооружений.

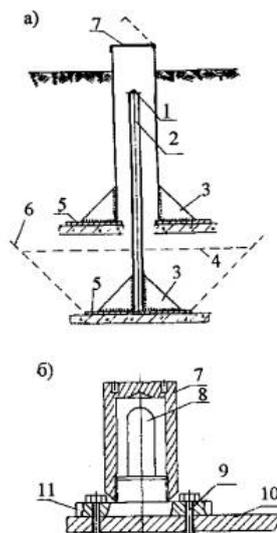


Рис. П.7. Конструкции марок:

a - поверхностная грунтовая марка; *б* - боковая постоянная марка; 1 - полусферическая головка; 2 - рабочая труба; 3 - диафрагма жесткости; 4 - глубина промерзания грунта; 5 - стальная опорная пластина; 6 - шурф; 7 - крышка; 8 - марка; 9 - винты; 10 - швеллер; 11 - основание марки

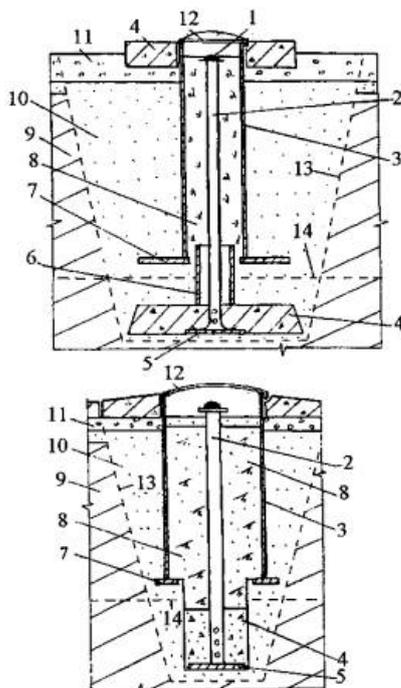


Рис. П.8. Схемы поверхностных постоянных марок:

1 - марка из неокисляющегося металла; 2 - труба марки; 3 - колодец трубчатого типа; 4 - слой бетона; 5 - анкерная плита; 6 - патрубок; 7 - основание колодца; 8 - теплоизоляция; 9 - суглинистый грунт; 10 - защитный слой песка; 11 - переходный слой; 12 - защитная крышка; 13 - граница шурфа; 14 - глубина промерзания грунта

Стенная закладная марка закрытого типа

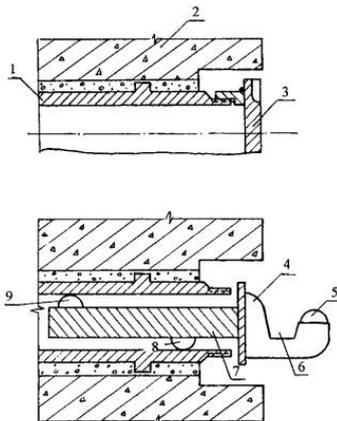


Рис. П.9. Конструкция стенной закладной постоянной марки:

1 - цилиндр из нержавеющей стали; 2 - стенка цементационной потерны; 3 - крышка съемная; 4 - кронштейн; 5 - высотная точка; 6 - полость для уровня; 7 - хвостовик; 8, 9 - полусферические выступы

На рис. П.10 приведено другое конструктивное решение марки закрытого типа.

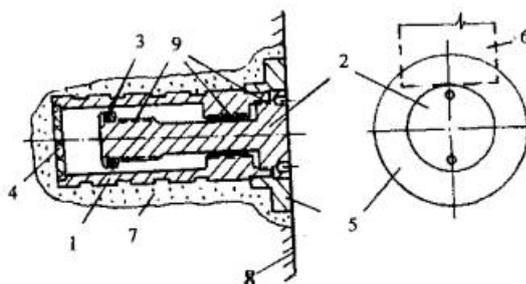


Рис. П.10. Марка закрытого типа конструкции Перепоновой:

1 - корпус; 2 - головка для установки рейки; 3 - упорная шайба; 4 - крышка; 5 - кольцо; 6 - рейка; 7 - бетон; 8 - стенка; 9 - резьба

Марка боковая постоянная конструкции Гидропроекта *открытого типа*

На рис. П.11 приведена другая конструкция марки открытого типа, имеющая инварную полосу с двумя шкалами штриховой рейки для нивелирования без применения переносных реек.

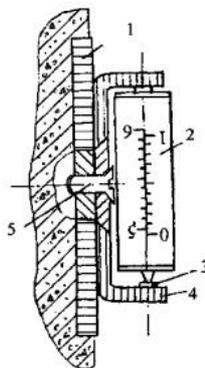


Рис. П.11. Стенная марка конструкции Пискунова:

1 - закладная деталь; 2 - инварная полоса; 3 - опорная пятка; 4 - держатель марки; 5 - крепежный винт

Плитные марки устанавливают на глубине 8-10 см от поверхности железобетонной плиты.

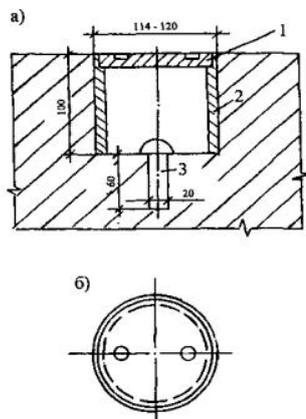


Рис. П.12. Плитная марка (размеры в мм):

a - разрез; *б* - вид сверху; 1 - крышка; 2 - защитный короб; 3 - марка

Цокольные марки закладывают на бетонной или гранитной поверхности 2 за пределами участков пешеходного или транспортного движения.

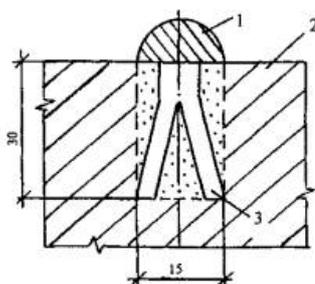


Рис. П.13. Цокольная марка (размеры в мм):

1 - головка марки $R = 8$ мм из нержавеющей металла; 2 - бетон; 3 - цементный раствор

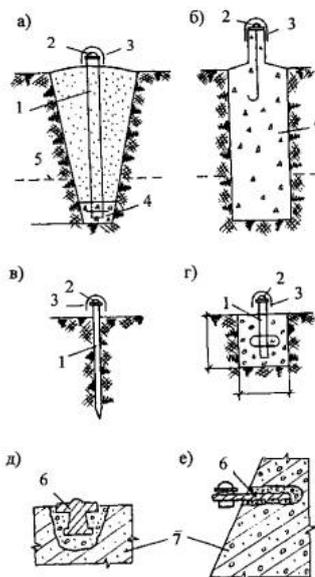


Рис. П.14. Геодезические знаки для установки на обвалоопасных участках и оползнях:

1 - металлическая труба или арматурный стержень; 2 - полусферическая головка; 3 - защитный колпачок; 4 - бетон; 5 - наибольшая глубина промерзания; 6 - закладная марка; 7 - железобетонный элемент

Конструкция пикетного знака представляет собой бетонный, металлический или деревянный столбик с надписью.

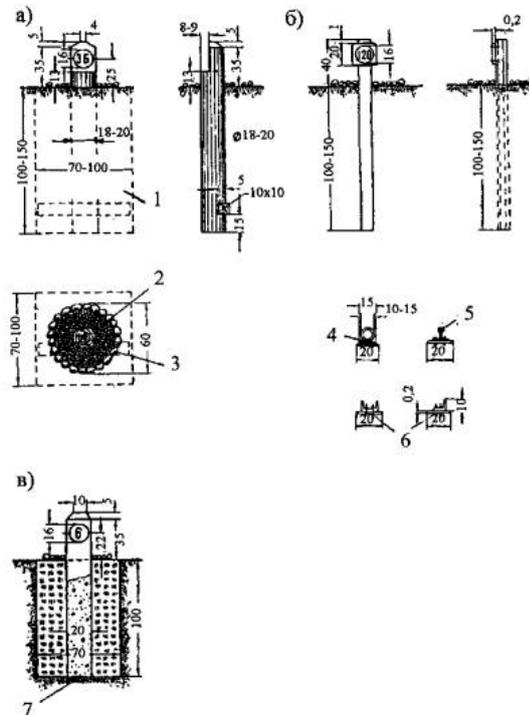


Рис. П.15. Пикетные знаки (размеры в см):

а - деревянный знак; *б* - металлический знак; *в* - бетонный знак; 1 - шурф размером 70×100; 2 - галька, щебень; 3 - бордюрный камень; 4 - сварка; 5 - рельс; 6 - заклепки; 7 - подсыпка щебнем или гравием

ДЛЯ ЗАМЕТОК:

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....
- 6.....
- 7.....
- 8.....
- 9.....
- 10.....