

**РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА  
МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ  
БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ  
СООРУЖЕНИЙ**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

## **СПИСОК ПРИЛОЖЕНИЙ**

**Приложение № 1 ОПИСАНИЕ АВАРИЙ НА ГТС**

**Приложение № 2 СТАТИСТИЧЕСКИЙ И РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ОБЗОР**

**Приложение №3 ТРЕБОВАНИЯ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**Приложение №4 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**Приложение № 5 ВЕДОМОСТЬ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ  
ГИДРОУЗЛА С ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНОЙ**

**Приложение № 5.1 ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**Приложение №6 К ГЛАВЕ V. ОТДЕЛЬНЫЕ СОБЫТИЯ (ОТКАЗОВ),  
РАЗРУШЕНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**Приложение №7 ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ ДЕКЛАРАЦИИ  
БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**Приложение №8 КАДАСТР / РЕГИСТР ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ  
СООРУЖЕНИЙ**

**Приложение № 9 ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, ОПОВЕЩЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ  
ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ**

**Приложение №10 К ГЛАВЕ IX. СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
АВАРИЙНЫХ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ ПО  
ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ  
СООРУЖЕНИЙ**

**Приложение №11 К ГЛАВЕ X. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РАБОЧИХ  
ПРОЕКТОВ**

**Приложение № 11.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПО ДАННЫМ  
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ**

**Приложение № 11.2 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РАЗЖИЖЕНИЯ ГРУНТОВ  
ТЕЛА И ОСНОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ**

**Приложение № 11.3 ТРЕБОВАНИЯ К ИЗЫСКАНИЯМ МИНЕРАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Приложение №12 К ГЛАВЕ XI. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Приложение №13 ЗАДАЧИ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД**

**Приложение № 14 ФОРМА АКТА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**Приложение № 15 ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ИНСПЕКЦИОННОЙ ПРОВЕРКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ**

**Приложение № 16 ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**Приложение № 17 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕРРИТОРИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, РУСЕЛ РЕК И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НИМ ТЕРРИТОРИЙ НИЖЕ И ВЫШЕ ПЛОТИНЫ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ИЛИ ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Приложение № 18 ПОЛОЖЕНИЕ О ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ИНСПЕКТОРЕ ОРГАНА НАДЗОРА ЗА БЕЗОПАСНОСТЬЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

## ОПИСАНИЕ АВАРИЙ НА ГТС

**Плотина Баньцяо (Китай).**

Плотина Баньцяо была построена в начале 1950-х на реке Жу в провинции Хэнань, для борьбы с наводнениями и производства электроэнергии. Плотина имела 118 метров высоты и объем водохранилища 375 млн.м<sup>3</sup>.

В результате ошибок проектирования и строительства, немедленно после ввода плотины в эксплуатацию в ней появились трещины и протечки. Ведущим Китайским гидрологом, Чень Син было рекомендовано строительство 12 водоспусков для плотины Баньцяо, но в целях экономии было построено только 5, а Чень Син подвергнулся партийной критике за призывы к растрате народных средств и был отстранен от работы.



*Рис. 1.1 - Разрушенная плотина Баньцяо*

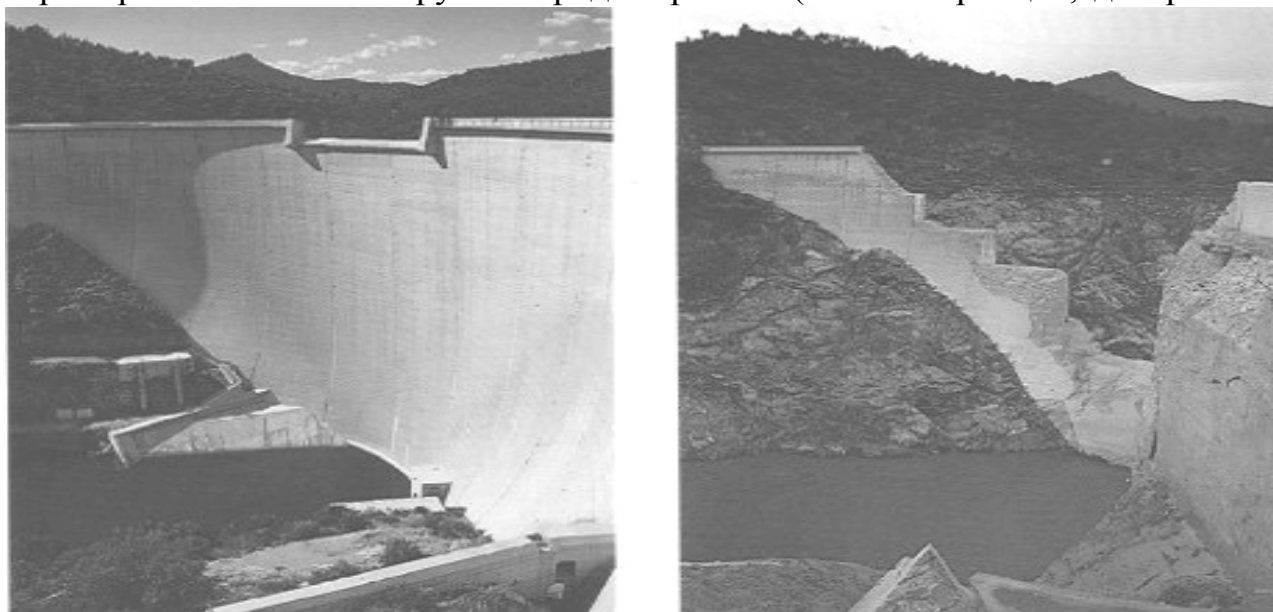
После катастрофы он был привлечен к ликвидации последствий и восстановлению плотины. Плотина Баньцяо была спроектирована с запасом на тысячелетнее наводнение (306 мм осадков в день). Однако в августе 1975 произошло двухтысячелетнее наводнение, за день выпала годовая норма осадков –189 мм в час и 1060 мм в день, а китайская метеослужба не смогла его предсказать. Связь в провинции была частично утрачена из-за массовых разрушений. 6 августа 1975 года из-за стремительного накопления воды в водохранилище, руководство Баньцяо запросило разрешение на открытие всех водоспусков, в котором им было отказано, из-за наводнений ниже по течению. Утром 7 августа разрешение было дано, но до руководства Баньцяо оно дошло с опозданием из-за обрыва связи. Вечером, в 19-30 7 августа, в плотине появилась первая трещина, и командир в/ч №34450 Народно-Освободительной Армии Китая, приписанной к плотине, под свою ответственность приказал открыть все водоспуски. Однако они уже оказались занесены илом и не справлялись с прибывающей водой. Ночью 8 августа в 00-20, командир отправил запрос на авиаудар по плотине, но через 10 минут, в 00-30, рухнула находящаяся выше по течению плотина Шиманьтань, рассчитанная на пятисотлетнее наводнение и принявшая на себя практически двойную проектную нагрузку. В 01-00, через полчаса, вода хлынула через верх плотины Баньцяо, и она тоже рухнула. Объем стока составлял 78,8 тыс. м<sup>3</sup>/сек, за 6 часов прошло 701 млн. м<sup>3</sup> воды, а всего за время стихийного бедствия 15738 млрд.м<sup>3</sup>. Образовавшаяся прорывная волна имела высоту 3-7 метров,

ширину 10 км и скорость 50 км/ч. Равнина ниже по течению была полностью затоплена на площади в 55 км длиной и 15 км шириной. Было затоплено 7 районных центров и несчетное количество деревень. Телеграфные приказы об эвакуации запоздали или вообще не доходили из-за обрывов связи, сигналы бедствия в виде ракет, поданные в/ч №34450, были никем не поняты, телефоны отсутствовали, солдаты-посыльные из в/ч №34450 не смогли обогнать приливную волну, некоторые из них погибли и пропали без вести. В населенных пунктах, своевременно получивших приказ об эвакуации, потери были относительно низкие: так, в расположенной сразу под плотиной деревне Шахэдянь погибло 827 человек из 6000. В расположенной возле Шахэдянь, но своевременно не предупрежденной деревне Вэньчэн, погибло половина из 36 000 населения, а деревня Даовэньчэн была смыта с лица земли со всеми 9 600 жителями. Плотины, расположенные ниже по течению, пытались разрушить точечными авиаударами, с целью перенаправить поток наводнения в другое русло, но это слабо помогало.

В итоге вода из прорвавшегося водохранилища Баньцяо снесла 62 плотины ниже по течению. Первые оценки погибших колебались от 90 000 до 230 000, но впоследствии выяснилось, что десятки тысяч были смыты водой на сотни километров в соседние провинции, и вернулись домой позднее. Согласно данным департамента гидрологии провинции Хэнань, всего в результате наводнения погибло 26 000 человек, еще 145 000 погибло сразу после, из-за голода и эпидемий. Было разрушено 5 960 000 домов, так или иначе, пострадало 11 000 000 человек.

### **Плотина Мальпассе (Франция).**

Мальпассе – бетонная арочная плотина на реке Рейран, построенная примерно в 7 км к северу от города Фрежюс (южная Франция, департамент



*Рис. 1.2 - Плотина Мальпассе до и после разрушения*

Вар, Лазурный берег), который и тогда и сейчас был известным курортом юго-

восточного берега Средиземного моря. Плотина предназначалась для целей ирригации и водоснабжения. Её длина по гребню составляла 222 м, ширина по гребню – 1,5 м, ширина по основанию – 6,82 м, ширина паводкового водослива – 30 м. Арка плотины двояковыпуклой кривизны симметричного очертания.

15 ноября 1959 года была обнаружена повышенная фильтрация воды сквозь правый берег, примерно в 20 м от плотины. 19 ноября в районе Мальпассе начались обильные дожди. За почти двухнедельный период выпадает 500 мм дождевых осадков (при этом в течение последних 24 часов перед аварией выпадает 130 мм). 2 декабря в связи с тем, что дождь продолжается, а уровень воды в верхнем бьефе (уровень воды со стороны водохранилища) не доходит до края плотины всего на 28 см, персонал плотины запрашивает разрешение у администрации департамента Вар на открытие затворов паводкового водосброса. Опасаясь подтопления строительной площадки автодороги А8, строящейся в 200 метрах ниже по течению (могли быть повреждены быки моста, бетон которых был залит недавно), администрация района запрещает открывать водосброс. В 18 часов 00 минут поступает разрешение на частичное открытие затворов водосброса – его открывают с расходом 40 м<sup>3</sup>/сек, что крайне мало для оперативной сработки водохранилища. 21 час 13 минут. Час X. Происходит обрушение напорного фронта плотины Мальпассе. Прорыв создает волну высотой 40 м,двигающуюся со скоростью 70 км/ч. В течение нескольких минут полностью уничтожены 2 маленькие деревни – Мальпассе и Бозон, а также стройплощадка автодороги А8. По словам выживших свидетелей, в момент аварии со стороны плотины раздался сильный треск, затем во всех домах ударной волной воздуха были выбиты двери и окна (что свидетельствует о мгновенном разрушении тела плотины – огромная стена воды сработала как поршень, двигаясь в узком каньоне, сжав воздух впереди себя). Незвестный житель долины дозванивается по телефону до полицейского управления Фрежюса, но там никаких мероприятий не предпринимают. Затем волна, стерев по пути массу небольших автодорог и железнодорожных путей, уже высотой «всего» 3 м доходит до Фрежюса (почти 10 км от плотины), затопляя всю его западную половину, где, наконец, уходит в море.

Несмотря на кромешную темноту ночи, солдаты и морские пехотинцы французской армии, войск США, а также строители автодороги А8 впервые же часы после катастрофы (до официальной организации аварийно-спасательных работ) организуют оперативное транспортное снабжение с помощью вертолетов, катеров, строительной техники, грузовиков, понтонов. Доктора и медсестры всю ночь помогают множеству раненых людей, используя карманные фонарики. Чуть позже французское правительство инициирует начало мероприятий плана ORSEC (тот самый официальный план экстренной ликвидации последствий техногенных и природных катастроф). Военнослужащие местных военных баз, совместно с подразделением американских вертолетчиков, базирующимся неподалеку, занимаются аварийно-спасательными работами, помогают выжившим, собирают тела

жертв. Генерал де Голль, президент Франции, также прибывает на место трагедии.

Официальные итоги катастрофы: по состоянию на 15 января 1960 года числятся погибшими и/или пропавшими без вести 423 человека, среди которых 135 детей. В результате аварии 02.12.1959 плотина Мальпасе была разрушена полностью. От нее остались только небольшой блок на одном берегу и небольшой край плотины на другом, смещенный на 2 м по горизонтали от исходного положения.

### **Плотина Сент-Френсис (США).**

Дамбу Сент-Френсис проектировал архитектор Вильям Малхолланд, которая использовалась для водоснабжения и выработки электроэнергии для всего Лос-Анджелеса. Для этого был спроектирован и построен гигантский акведук (372 км) через горный массив Сьерра-Невада. Одних только туннелей сквозь восточные склоны массива было прорублено 80 км. Один из таких туннелей начинался в 70 км к северу от Лос-Анджелеса. Там же, над отвесной 300-метровой скалой, обрывающейся вниз, в каньон

Сент-Френсис, Малхолланд построили две электростанции, которые должны были преобразовывать энергию падающей в каньон воды в электроэнергию, питающую город. В этом же месте, как раз



*Рис.1.3 - Проран, образовавшийся в теле плотине Сент-Френси*

посредине каньона, между двумя электростанциями была запланирована постройка

гигантской дамбы. Излишки воды, приносимые акведуком, должны были собираться в огромное водохранилище и, в случае необходимости, этот резервуар мог обеспечивать водой Лос-Анджелес целый год! Великолепный проект. Но именно этот проект и называют самым нелепым и несуразным проектом 70-летнего строителя.

Геологи предупреждали проектировщика о том, что он собирается строить плотину на ненадежном месте.

Плотина была расположена вдоль геологического разлома, выходящего к поверхности. Поэтому грунт под самой плотиной состоял в основном из обломочных пород, который все время размывался водами каньона и растворялся в его водах, превращаясь в грязь из слюдянистого кварца. На этой грязи и возвел гигантскую плотину опытный архитектор, не вняв ничьим предупреждениям.

Высота сооружения была 62 метра, длина плотины - 210 метров, толщина у основания - 52 метра. Но почти сразу бетонный фундамент начал течь, пропуская воду из водохранилища на 38 000 акрофутов воды. По бетонной стене самой плотины тоже обозначились трещины. За 20 минут до наступления часа X воды стали просачиваться из резервуара в результате утечки. Наводнение разрушило здание ГЭС расположенное в 1 км ниже плотины в 12.04 утра 13 марта 1928.

С раннего утра 12 марта со стороны обломочных горных пород появилась большая трещина. Специальная инспекция осмотрела ее и вызвала самого Малхолланда. Но он счел эту трещину незначительной.

Поздним вечером того же дня, в 23 часа 58 минут плотина не выдержала.

Со страшным грохотом несколько секций плотины, весом 3000 тонн каждая, были отброшены валом воды, несущей миллиарды литров в долину Санта-Клара.



*Рис. 1.4- Обломки плотины Сен-Френсис*



*Рис. 1.5 - Выстоявшая часть плотины  
Сен-Френсис*

Долина Санта - Клара лежала в 15 километрах от злополучного каньона. Там располагался строительный лагерь, где в палатках спали 150 человек, занятые на строительстве. Из них 66 удалось чудесным образом избежать волны, остальные погибли. Миновав долину и рабочий лагерь, рокошующая водяная стена набросилась на Калифорнийское шоссе, и поглотила 50 автомобилей со 125 пассажирами. Позже некоторые были обнаружены под слоем грязи в 35 километрах от шоссе. Разлившись в ширину до 3 километров, вода замедлила свой бег и превратилась в поток грязи, несущий в воды Тихого океана обломки строений, изгородей и другой хлам. Но и в этом, «замедленном» виде это явление представляло собой ревущий вал воды высотой в 36 метров и шириной в 3 км. С разрывающим душем воем пронесся он мимо Лос-Анджелеса, к счастью для горожан, и обрушился в Тихий океан. К этому времени дамба просуществовала всего 2 года.

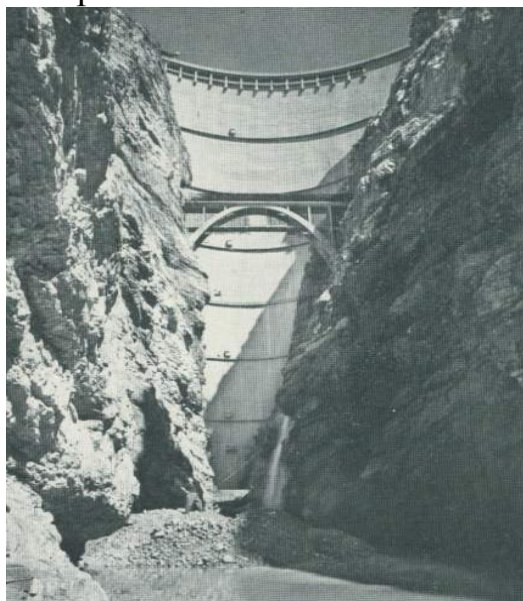
В результате проведенного расследования вся вина и ответственность были возложены на одного человека, который взял себе право принимать единоличные решения, касающиеся возведения плотин и дамб. 73-летний



Уилльям Малхолланд полностью принял на себя вину и ответственность за смерть около 600 человек.

### **Плотина Вайонт (Италия)**

Плотина Вайонт - арочная бетонная плотина рядом с горой Монте Ток на реке Вайонт, притоке реки Пьяве в провинции Венеция на севере Италии, построенная в 1959 году (заполнение водохранилища началось в феврале 1960 г.), в основном, для выработки электроэнергии. Имеет высоту 261,6 м, длину по гребню - 190 м, ширину по основанию - 23 м и ширину по гребню - 3,9 м, за что считается одной из самых «изящных» плотин в мире. Ещё с 1920-х годов планировалось построить в этом месте высокую плотину, но перипетии довоенных лет и Вторая мировая война помешали этим планам. Только 15 октября 1943 года был утвержден проект плотины, а в 1957 году началось строительство под руководством SADE (Адриатическая энергетическая корпорация), которая была монополистом в области электроснабжения в Северо-Восточной Италии.



*Рис. 1.6 - Плотина Вайонт*

Ещё до начала строительства высказывались опасения о геологической стабильности склонов водохранилища и окружающего горного массива, но SADE заверила всех, что все под контролем: геология ущелья хорошо изучена, и гора считается достаточно стабильной. В 1959 году при строительстве новой дороги со стороны горы Монте Ток были замечены первые трещины и подвижка грунта. По результатам обследования три независимых эксперта сказали, что массив со стороны Монте Ток нестабилен, и при заполнении водохранилища склон рухнет в бассейн. SADE их проигнорировала, так как необходимо было соблюсти сроки строительства.

Заполнение водохранилища не было прекращено, и 4 ноября 1960 года, при отметке воды в 190 метров (из запланированных 262), сошел первый оползень объемом около 800 тысяч кубических метров. После этого уровень

воды был снижен до отметки 50 метров, и инженеры из SADE приступили к новым исследованиям. Великие умы пришли к выводу, что в ближайшем будущем будет новый оползень, который разделит водохранилище пополам. Во избежание этого приступили к сооружению специальной галереи (тоннеля) по дну (в теле оползня или горы) для того, чтобы, когда сойдет следующий оползень и перекроет водохранилище поперек, его две части работали как сообщающиеся сосуды через построенную галерею. 15 сентября 1963 года весь склон горы съехал на 22 сантиметра, а в начале октября за раз съехал на целый метр. После этого было решение о спуске воды, но было уже поздно. SADE о подвижках грунта население ближайших деревень опять не информировала. 9 октября 1963 года примерно в 22:35 огромный оползень из 260 миллионов кубометров леса, земли и камней сошел в водохранилище (уровень заполнения был 245 метров из 262 по проекту) со скоростью 110 километров в час. Водохранилище было засыпано оползнем на высоту 170 метров, а вода объемом в 50 миллионов кубических метров перелилась через край плотины (по оценкам высота воды над верхним гребнем плотины была около 250 метров) и обрушилась смертельным валом высотой в 500 метров на долину реки, сметая все на своем пути. По долине этот массив воды уже катился с высотой в 20 метров, но и этого было более чем достаточно для трагедии.

В результате затопления долины реки Пьяве были уничтожены деревушки Longarone, Pirago, Rivalta, Villanova и Faè. При этом погибло около 1450 человек. Помимо этого пострадали многие деревушки вниз по долине реки и те, которые находились около «всплеска». Всего по разным источникам погибло от 1900 до 2500 человек. Около 350 семей было полностью уничтожено.

Сама плотина, хоть и испытала нагрузки, во много раз превышающие расчетные, устояла. Только потоком воды смыло около метра верхней кладки бетона с гребня.



*Рис. 1.7 - Оползень, сошедший в чащу водохранилище Вайонт*

По итогам разбирательства несколько инженеров из SADE и управляющей компании были осуждены на легкие сроки. Один из инженеров покончил с собой в 1968 году. А правительство Италии так не и подало в суд на SADE для возмещения убытков.

В качестве причины схода оползня называют неудачный выбор места строительства плотины, так как в южном склоне горы после детальных исследований была обнаружена поверхность скольжения. Водохранилище так никогда и не было восстановлено. В 2002 году плотина была открыта для туристов.

### **Плотина Днепрогэс (Украина)**

18 августа 1941 г. гитлеровцы, бросив на прорыв танки и моторизованные войска с целью внезапного захвата Днепрогэса и плотины, рассчитывали ворваться в город, прорвали оборону западнее Запорожья на узком участке фронта.

По мосту через старое русло Днепра врагу удалось прорваться на Хортицу, приблизиться к Днепрогэсу и начать орудийно-миномет-ный обстрел его защитников.

Обороняющиеся подразделения, выполняя приказ верховного главнокомандующего от 3 июля 1941 года, переключив генераторы ГЭС на самосожжение, отступили на Левобережье.

«18 августа 1941 года Днепрогэс работал с полной нагрузкой, хотя снаряды летели через плотину и машинный зал



Bundesarchiv, B 145 Bild-FD10187-0003  
Foto: o. Ang. | 1942 Sommer

*Рис. 1.8 - Плотина Днепрогэс*

электростанции. В случае отступления советских войск решено было оборудование станции и плотину вывести из строя, не дать противнику возможности пользоваться Днепрогэсом. Тяжелая, но необходимая операция была поручена главному инженеру Днепрогэса Григорию Шацкому...». Немцы, впоследствии также подтвердили разрушение машинного зала работниками станции. При своем отступлении русские вывели из строя оборудование очень простым и примечательным образом: переключением распределителя смазки при полном режиме работы турбин. Лишенные смазки, машины раскалились и буквально пожрали сами себя, превратившись в груды непригодного металлолома. Весьма эффективное средство разрушения и всего - простым поворотом рукоятки одним человеком!».

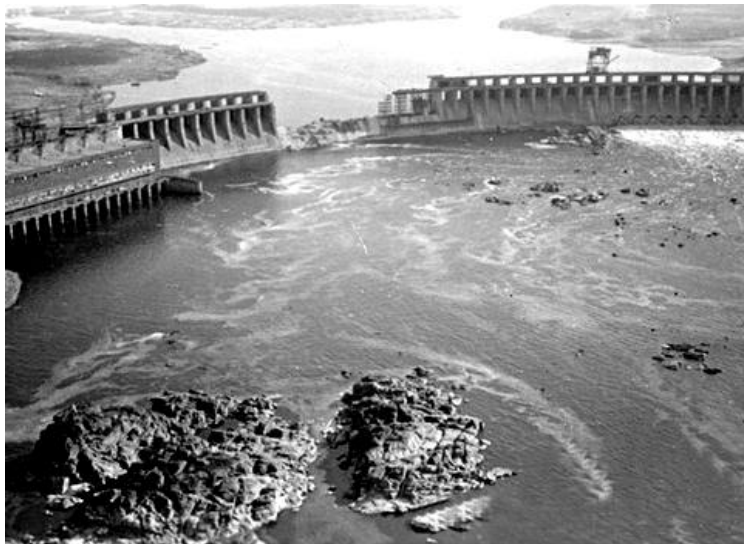
Но турбины не были главной целью уничтожения. Следовало взорвать саму плотину. Немецкие войска были еще на правом берегу Днепра, в районе Никополя и Кривого Рога. О планируемом взрыве Днепровской дамбы никто не был предупрежден ни на самой дамбе, по которой тем временем



*Рис.1.9 - Взорванный участок плотины Днепрогэс*

двигались военные транспорты и войска, которые отходили на левый берег Днепра, ни население и учреждения города Запорожье – километров 10-12 от гидроэлектростанции вниз по течению Днепра. Так же не были предупреждены военные части, расположенные вниз от Запорожья в днепровских плавнях, хотя телефонное соединение в то время на Левобережье функционировало нормаль-но. Изучение имеющихся документов 157-го полка войск НКВД по охране особо важных предприятий промышленности, охранявшего и оборонявшего Днепрогэс до последней минуты, позволяет с точностью до часов установить время подрыва плотины: 20.00-20.30 18 августа 1941 года. Именно в это время Днепрогэс, Днепровские плотины, железнодорожный мост через Днепр были взорваны. Военные транспорты и люди, которые в то время двигались по дамбе, естественно, погибли. В результате взрыва моста и плотины на острове Хортица остался отрезанным полк пехоты, который переправлялся в это время на восточный берег. В теле плотины образовалась большая брешь, пошел активный сброс воды. В результате возникла обширная зона затопления в нижнем течении Днепра. Гигантская волна смыла несколько вражеских переправ, потопила много фашистских подразделений, укрывшихся в плавнях. Но вырвавшаяся на свободу вода не разделяла людей на «своих» и «чужих». Почти тридцатиметровая лавина воды пронеслась по Днепровской пойме, заливая все на своем пути. Всю нижнюю часть Запорожья с огромными запасами разных товаров, военных материалов и десятками тысяч тонн пищевых продуктов и другого имущества за какой-то час снесло. Десятки судов, вместе с судовыми командами, погибли в том ужасном потоке. Точных данных о том, сколько погибло человек среди местного населения и солдат советской армии, нет. Немецкое командование оценивало свои потери в живой силе в 1500 человек. В плавневой зоне острова Хортицы и Днепровских плавнях на десятки километров к Никополю и дальше стояли на позициях военные части.

Взрыв плотины резко поднял уровень воды в нижнем течении Днепра, где в это время началась переправа отходивших под Николаевом войск 2-го кавалерийского корпуса, 18-й и 9-й армий. Эти войска были «отрезаны» при переправе, частью пополнили число группировки войск, попавших в окружение и плен, а частью сумели переправиться в невероятно тяжелых условиях, бросив артиллерию и военное снаряжение.



*Рис. 1.1 - Разрушение после взрыва плотины  
Днепрогэс*

Осенью 1943 года при отступлении немцев плотина Днепрогэса снова была взорвана. При этом план полного уничтожения плотины был реализован не полностью,

поскольку советским саперам и разведчикам удалось повредить часть проводов

идущих к детонаторам. Приказ был отдан командующим 1-й танковой армией вермахта Макензеном, а непосредственная ответственность за подрыв заряда, состоявшего из 300 тонн самой различной взрывчатки, возлагалась на командира 40-го танкового корпуса генерала Хенрици. Подрыв плотины Днепрогэса был среди пунктов обвинения немецких военных преступников в ходе Нюрнбергского процесса. Подвиг советских солдат, не допустивших подрыва, увековечен в Памятнике, установленном на могиле Неизвестного солдата.

### **Плотина Титон (США)**

Плотина Титон (США) каменно-земляная, с ядром, высота 93 м, длина по гребню 760 м. В основании плотины залегает реолит, представляющий собой породу с пустотами и значительными трещинами. Ядро сопрягалось с инъекционной завесой, выполненной в три ряда при глубине скважин до 91 м и шаге наружных скважин 6 м, центрального ряда - 3 м. Ко моменту аварии инъекционная завеса не была завершена.

В июне 1976 г. в прибрежной части плотины со стороны нижнего бьефа появилась фильтрация воды с расходом около 1,25 л/с. Через 2 сут. фильтрация на этом участке значительно увеличилась и расход достигал 1,4...1,7 м<sup>3</sup>/с. Через 30 мин расход возрос до 2 м<sup>3</sup>/с. Начали эвакуировать население из трех городов, расположенных ниже плотины Титон. Еще через 1 ч расход фильтрации достиг 28 м<sup>3</sup>/с. Образовалась воронка размыва, кото-рая стала интенсивно приближаться к насыпи плотины и разрушать ее. Через 1...1,5 ч произошла авария. Погибло 11 человек, ранено 2000 человек и остались без крова 30 000 человек. Кроме того, были разрушены коммуникации, строения и



дамбы, занесены илом дороги, сельхозугодия и каналы, вырваны деревья. Точную причину аварии установить не удалось.

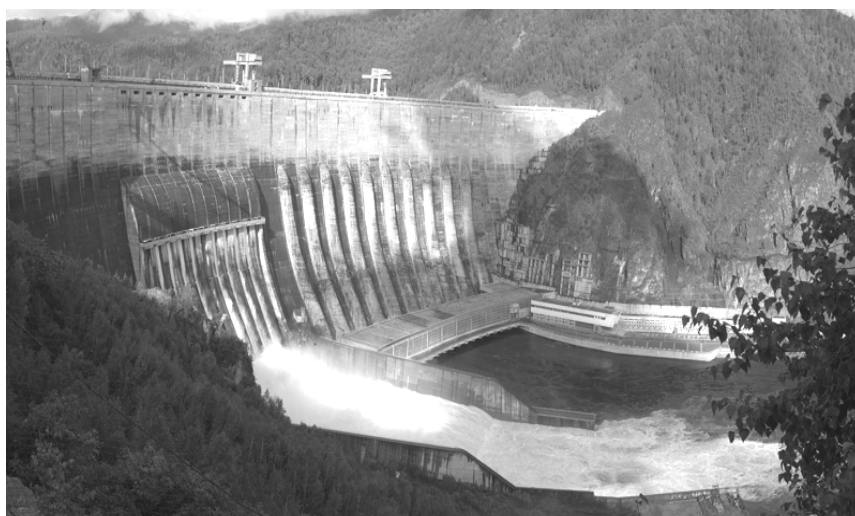
Специальный Комитет по расследованию аварии плотины Титон указал возможные причины разрушения: значительная фильтрация через инъекционную завесу в месте сопряжения насыпи с основанием и берегами: фильтрация воды по контакту ядра со скалой в правобережном примыкании; фильтрация воды через поперечные трещины в правобережной части ядра; повышенная фильтрация в обход инъекционной завесы. Следует отметить, что в плотине не была установлена КИА, которая позволила бы выявить опасные очаги фильтрации и принять своевременные меры. По мнению руководителя экспертного комитета, восстановление этой плотины потребует затрат, соизмеримых с ее полной стоимостью.



*Рис. 1.11 - Проран на плотине Титон*

### **Плотина Саяно-Шушенской ГЭС (Россия)**

Плотина Саяно-Шушенской ГЭС (СШГЭС) на реке Енисей является самой мощной гидроэлектростанцией (и вообще электростанцией) в России. Мощность ГЭС - 6400 МВт, среднегодовая выработка 23,5 млрд. кВт. ч. Плотина ГЭС образует крупное Саяно - Шушенское водохранилище сезонного регулирования, полным объемом 31,34 км<sup>3</sup> (полезный объем - 15,34 км<sup>3</sup>) и площадью 621 км<sup>2</sup>. Авария на СШГЭС произошла 17 августа 2009 года. На момент аварии станция несла нагрузку в 4100 мВт, из 10



*Рис. 1.2 - Плотина Саяно-Шушенской ГЭС*

гидроагрегатов в работе находилось 9 [6] (гидроагрегат № 6 находился в ремонте). В 8:13 местного времени 17 августа 2009 года произошло внезапное разрушение гидроагрегата № 2 с поступлением через шахту гидроагрегата под большим напором значительных объемов воды. Персонал электростанции,

находившийся в машинном зале, услышал громкий хлопок в районе гидроагрегата № 2 и увидел выброс мощного столба воды.

Потоки воды быстро затопили машинный зал и помещения, находящиеся под ним. Все гидроагрегаты ГЭС были затоплены, при этом на работавших гидрогенераторах произошли короткие замыкания, выведшие их из строя.

Произошёл полный сброс нагрузки ГЭС, что привело в том числе и к обесточиванию самой станции. На центральном пульте управления станцией сработала светозвуковая сигнализация, после чего пульт был обесточен - пропала оперативная связь, электропитание освещения, приборов автоматики и сигнализации. Автоматические системы, останавливающие



*Рис. 1.3 - Разрушение машинного зала  
СШГЭС*

гидроагрегаты, сработали только на гидроагрегате № 5, направляющий аппарат которого был автоматически закрыт. Затворы на водоприёмниках других гидроагрегатов оставались открытыми, и вода по водоводам продолжала поступать на турбины, что привело к разрушению гидроагрегатов № 7 и 9 (сильно повреждены статоры и крестовины генераторов). Потоками воды и разлетающимися обломками гидроагрегатов были полностью разрушены стены и перекрытия машинного зала в районе гидроагрегатов № 2, 3, 4. Гидроагрегаты № 3, 4 и 5 были завалены обломками машинного зала.

В связи с потерей энергоснабжения закрыть затворы можно было только вручную, для чего персоналу необходимо было проникнуть в специальное помещение на гребне плотины. Около 8:30 восемь человек оперативного персонала добрались до помещения затворов, после чего связались по сотовому телефону с начальником смены станции, который дал указание опустить затворы. Взломав железную дверь, работники станции в течение часа вручную осуществили сброс аварийно-ремонтных затворов водоприёмников, прекратив поступление воды в машинный зал. Закрытие водоводов привело к необходимости открытия затворов водосливной плотины с целью обеспечения санитарного попуска в нижнем бьефе СШГЭС.

Ростехнадзор непосредственной причиной аварии назвал разрушение шпилек крепления крышки турбины гидроагрегата, вызванное дополнительными динамическими нагрузками переменного характера, которому предшествовало образование и развитие усталостных повреждений узлов крепления, что привело к срыву крышки и затоплению машинного зала станции [6,7].

В результатах расследования аварии комиссией Ростехнадзора непосредственная причина аварии была сформулирована следующим образом:

«Вследствие многократного возникновения дополнительных нагрузок переменного характера на гидроагрегат, связанных с переходами через не рекомендованную зону, образовались и развились усталостные повреждения узлов крепления гидроагрегата, в том числе крышки турбины. Вызванные динамическими нагрузками разрушения шпилек привели к срыву крышки турбины и разгерметизации водоподводящего тракта гидроагрегата» [6].

В результатах работ Парламентской комиссии причины аварии сформулировала следующим образом:

Авария на СШГЭС с многочисленными человеческими жертвами стала следствием целого ряда причин технического, организационного и нормативно-правового характера. Большинство этих причин носит системный многофакторный характер, включая недопустимо низкую ответственность эксплуатационного персонала, недопустимо низкую ответственность и профессионализм руководства станции, а также злоупотребление служебным положением руководством станции.

Не был должным образом организован постоянный контроль технического состояния оборудования оперативно-ремонтным персоналом (что должно предусматриваться инструкцией по эксплуатации гидроагрегатов Саяно-Шушенской ГЭС, утверждённой главным инженером СШГЭС от 18.05.2009 г.). Основной причиной аварии стало непринятие мер к оперативной остановке второго гидроагрегата и выяснения причин вибрации [8].

В результате аварии на СШГЭС погибло 75 человек, оборудованию и помещениям станции нанесён серьёзный ущерб. Работа станции по производству электроэнергии приостановлена. Последствия аварии отразились на экологической обстановке акватории, прилегающей к ГЭС, на социальной и экономической сферах региона.

Авария на данный момент является крупнейшей в истории катастрофой на гидроэнергетическом объекте России и одной из самых значительных в истории мировой гидроэнергетики. Оценка последствий катастрофы в экспертном и политическом сообществе неоднозначна.

## **Приложение № 2**

### **СТАТИСТИЧЕСКИЙ И РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ОБЗОР**

По данным Международной комиссии по большим плотинам (СИГБ) в настоящее время в мире построено более 45000 больших плотин, более 60% из них являются грунтовыми. Наибольшее число подобных плотин в Нидерландах (100%) и в Англии (67%), наименьшее — в Норвегии (1%) и в Австрии (12%). Приблизительно на 40% плотин различных типов были зафиксированы аварии, а также прорывы напорного фронта.

Наиболее надёжными, как показывает практика, являются бетонные плотины, примерно в 3 раза менее надёжны каменно-земляные, аварии на которых в большинстве случаев произошли вследствие перелива воды через их



гребень. В таблицах ниже приведена статистика по частоте причин возникновения аварий ГТС (таблица 2.1) и по частоте возникновения аварий на плотинах разных типов.

**Частота различных причин аварий гидротехнических сооружений,  
сопровождающихся образованием волны прорыва**

Таблица № 2.1.

<b>Причина разрушения</b>	<b>Частота, %</b>
Разрушение основания	40
Недостаточность пропускной способности водосбросов	23
Конструктивные недостатки	12
Неравномерная осадка	10
Высокое пороговое (капиллярное) давление в намытой плотине	5
Военные действия	3
Сползание откосов	2
Дефекты материалов	2
Землетрясения	1
Неправильная эксплуатация	2
<b>ВСЕГО:</b>	<b>100</b>

**Частота аварий для различных типов плотин**

Таблица № 2.2.

<b>Тип плотины</b>	<b>Аварии, %</b>
Земляная плотина	53
Защитные дамбы из местных материалов	4
Бетонная гравитационная	23
Арочная железобетонная	3
Плотины других типов	17
<b>ВСЕГО:</b>	<b>100</b>

В историю гидротехники вошли колоссальные катастрофы, вызванные прорывом дамб на реках Хуанхэ и Янцзы, Миссисипи и Миссури, на Дунае, в Голландии. Крупные катастрофические аварии плотин произошли в США, Франции, Италии, Индии, Бразилии, Южной Корее и других странах. Наиболее трагические последствия от повреждения плотин ГЭС и водохранилищ имели место в США (плотины Биг Томсон, Каньон Лейк, Сен Френсис, Титон).

Наиболее опасные по своим последствиям ЧС возникают при **прохождении через гидротехнические сооружения сверхрасчётных расходов** воды и заниженных размерах водосбросных сооружений. Об этом свидетельствуют материалы Международной комиссии по большим плотинам, в соответствии с которыми ежегодно в мире на гидроузлах происходит около 3 тысяч аварий. Из них значительное число повреждений наблюдается в период прохождения катастрофических сверхвысоких половодий и паводков, что связано с недостатками проектно-технических решений при пропуске экстремальных расходов, а также вследствие плохой работы эксплуатационных служб. В результате в период прохождения крупных паводков не удаётся своевременно открыть затворы и перелив воды осуществляется через гребень плотины, что и приводит к разрушению конструкций.

Например на плотине Зербино в Италии высотой 16,5 м (построенной в 1924 г.) максимальный расход водосброса составлял 700 м<sup>3</sup>/с, а наибольший измеренный расход – не более 400 м<sup>3</sup>/с. В августе 1935 г. был зафиксирован приток воды к водохранилищу в количестве 2200 м<sup>3</sup>/с (повторяемость – 1 раз в 200 000 лет), слой переливающейся через гребень плотины воды достигал 2,2 м. На гидроузле Ринкон-дель-Боннет (Уругвай) в 1959 г. был отмечен паводок повторяемостью 1 раз в 5000 лет. В 1889 г. была размыта земляная плотина Соу-Фокс в США в результате перелива через гребень паводковой волны с максимальным расходом в 2 раза превышающим пропускную способность водосброса, погибло 2269 человек.

**Переливы воды** из водохранилища через гребень плотины могут быть связаны и с чисто техническими причинами – отказом затворов водосбросных сооружений вследствие редкого использования, отсутствия профилактики, периодической проверки их эксплуатационной надёжности, а также из-за прекращения подачи электроэнергии.

Если 35% случаев разрушения грунтовых плотин вызвано переливом воды через гребень, то 1/3 из них в свою очередь повреждалась из-за **отказов в работе затворного оборудования**. Подобные отказы приводили к аварийным ситуациям на целом ряде плотин. Из-за отсутствия подачи электроэнергии к механизмам управления затворами водосборов в 1958 году был разрушен

участок плотины Кадда в Индии длиной 137 м при высоте переливающегося слоя воды в 45 м. По этой же причине – неисправность электрооборудования и невозможность открыть все 18 пролётов для пропуска паводка (удалось открыть только три) были усугублены последствия аварии в 1979 г. на плотине Мачху II (также в Индии).

В России аналогичная авария произошла 7 августа 1994 г. на плотине Тирлянского водохранилища (высотой 9,9 м и объёмом 7 млн. м<sup>3</sup>) в бассейне р. Белой, когда после интенсивных дождей, вследствие изношенности механизмов и заваренных для прочности затворов, не смогли открыть все отверстия берегового водосброса (работало только одно из них), и вода из переполненного водохранилища хлынула через гребень земляной плотины. Плотина была разрушена в течение нескольких часов, семиметровая волна прорыва снесла пос. Тирлян, погибло 28 человек.

Неувязки в проекте гидромеханического оборудования и неготовность к работе водосброса вызвали разрушение ограждающей дамбы водохранилища Сургутской ГРЭС, т. к. в паводок не удалось полностью открыть затворы.

Перебои с электроснабжением явились причиной аварий и на грунтовых плотинах Тоус (Испания) в 1984 г. и Бельцы (Румыния) в 1991 г. В обоих случаях был нанесён большой ущерб расположенным ниже территориям, погибли люди. В период паводка 1985 г. разрушилась плотина Ноппинкоски в Швеции высотой в 7,5 м из-за того, что для пропуска сбросных расходов был поднят лишь один из двух затворов. В 1986 г. была частично смыта плотина Лутуфаллст (Норвегия) после заклинивания затворов.

Пропуск расчётных расходов может быть ограничен из-за **неблагополучного состояния водосбросов**, разрушения их отдельных элементов и размывов в нижних бьефах. В некоторых случаях перелив через гребень плотин происходит при засорении водосбросных отверстий плавающим лесом, древесиной, всплывающими торфяными массивами и т.д. Так, в паводок июля 1997 г. в Квебеке произошёл перелив через несколько гравитационных плотин слоем воды до 2 м. Бетонные плотины устояли, но были промыты земляные участки плотин и береговые примыкания. Ущерб составил 800 млн. канадских долларов, погибло 10 человек. Одной из причин аварии явилось засорение водосбросных отверстий плавающим мусором.

Наибольшую опасность представляют, конечно, повреждения и разрушения больших плотин и водохранилищ, т.к. с увеличением высоты плотин и объемов водохранилищ повышается степень риска, которому подвергаются население, хозяйственные и природные объекты в нижних бьефах гидроузлов.

Также велики, но менее изучены, опасность и ущерб для верхних бьефов, связанные с опорожнением водохранилищ. Например, в бывшем СССР в марте 1971 г. была разрушена перемычка при строительстве гидроузла на р. Аракс. Известен также прорыв в Таджикистане в 1987 г. небольшого горного Саргазонского водохранилища объемом 2.7 млн. м<sup>3</sup> и высотой плотины 23 м, вызвавший гибель 32 человек и большой материальный ущерб.

Чрезвычайно опасным было появление в 1985 г. трещины в бетоне напорной грани плотины Саяно-Шушенской ГЭС и сильной фильтрации, подавленной с помощью новейших технологических средств. За все годы эксплуатации этой ГЭС трижды происходили повреждения водобойного колодца, связанные с пропуском паводковых вод (в 1979, 1985 и 1988 гг.). В последнем случае водобойный колодец был сильно повреждён, и принято решение о строительстве резервного водосброса.

**Суффозионные нарушения** фильтрационной прочности контакта ядра плотины со скальным основанием явились причиной прорыва 2 июля 1992 года напорного фронта каменно-земляной плотины Курейской ГЭС. Для устранения аварии потребовалось создание противофильтрационной стены длиной 94 м.

Чрезвычайные ситуации возникали нередко в период строительства гидроузлов. Например, спровоцированный землетрясением в середине 1970 года оползень при строительстве Чиркейской ГЭС, крупнейшей на Северном Кавказе, перекрыл русло р. Сулак. Размыв завала водами реки вызвал образование волны прорыва, превысившей расход воды однопроцентной обеспеченности, но перемычка не была разрушена.

Нельзя не упомянуть также об опасности повреждения гидротехнических сооружений в связи с **военными действиями** в зонах этносоциальных конфликтов и возможными террористическими актами. В качестве примера можно привести повреждение турбины Дубоссарской ГЭС при артобстреле во время вооружённого конфликта в Приднестровье и опасности затопления многих населённых пунктов.

Частой причиной повреждений большого количества плотин на малых реках, являлось отсутствие необходимого обоснования данными **гидрологических наблюдений**, для расчетов которых принимались сечения русел рек, чаще всего имеющие недостаточную пропускную способность. В конце прошлого века подобные аварии произошли на небольших плотинах водохозяйственного назначения в Башкортостане, Свердловской и Калужской областях, в Калмыкии, Волгоградской области, а также на плотинах малых ГЭС в Ленинградской области, на Алтае и в ряде других регионов.

Авария, связанная с недооценкой максимальных расходов воды, произошла на плотине высотой 18 м на небольшой реке Какве на Урале в марте 1971 г. Водосбросы плотины были рассчитаны на пропуск расхода воды в 560 м<sup>3</sup>/с с обеспеченностью 0,1%. Расход переливающейся воды составил 1000 м<sup>3</sup>/с, плотина полностью разрушилась, что привело к гибели 15 человек, затоплению 1200 домов. ЧС была связана в значительной степени с наложением дождевых паводков на волну весеннего половодья.

Наряду с многими причинами, увеличивающими риск повреждения или разрушения дамб и плотин, существует ряд факторов, характерных в большей степени в настоящее время только для стран СНГ и России и относящихся к разряду социально-политических и экономических. К этим факторам относится превышение нормативных сроков эксплуатации целого ряда подпорных сооружений, нарушение работы отдельных узлов и запаздывание или отсутствие профилактических ремонтов в связи с финансовыми трудностями, эксплуатация ГЭС в нерасчетных режимах и многое другое.

«Бесхозные» (не имеющие собственника) малые и средние по размерам водохранилища представляют серьезную опасность, т.к. велика угроза их переполнения и прорыва напорного фронта при интенсивном снеготаянии и продолжительных летне-осенних осадках. Незапланированный и несогласованный с общими мероприятиями в период половодий и паводков спуск этих водохранилищ может усугубить последствия наводнений.

К примеру, весной 2006 года была проведена проверка степени готовности к пропуску паводковых расходов у 280 низконапорных гидроузлов Московской области. При этом учитывались такие факторы, как состояние плотин и водосбросов, предпаводковая сработка водоёма, наличие дежурного персонала, систем оповещения о ЧС, наличие аварийных материалов и т.д. Из обследованных гидротехнических сооружений различного назначения у 67% была установлена недостаточная степень готовности к пропуску паводка. Причем, в зависимости от форм собственности наименьшая готовность была обнаружена у бесхозных объектов, затем у сооружений различных АО, ООО и т.д. Но также высокий уровень неготовности имели и гидроузлы федеральной собственности, городских и сельских муниципальных образований [7].

Безопасность гидроузлов, особенно небольших, снижается также в связи с отсутствием у большинства собственников гидротехнических сооружений проектной документации, что мешает оценить их состояние и безопасность, установить соответствие обеспеченности расчетных расходов водосбросов классу сооружений.

Особое беспокойство вызывают возможные аварии ГЭС у гидроузлов комплексного назначения, где составные части (шлюзы, дамбы обвалования,

различные водозаборы) принадлежат различным собственникам. Контроль за этими сооружениями находится на низком уровне, что может привести к их повреждению, прекращению работы ГЭС или снижению выработки энергии. Такие ограничения в 1999 г. отмечались на шлюзах Волжско-Камского каскада, на Павловской, Цимлянской, Новосибирской, Волховской, Свирских ГЭС, дамбах обвалования и насосных станциях Чебоксарской ГЭС. Но самое неблагоприятное положение дел у дамб золошлаковых отвалов ТЭС. Низкое качество строительства, слабый контроль, неудовлетворительное обслуживание и др. причины создают риск их повреждения.

В годы экономических и политических преобразований резко сократилась гидрометеорологическая сеть наблюдений в бассейнах рек, что значительно снизило достоверность гидрологических прогнозов и затруднило работу по оперативному регулированию водохозяйственных систем и своевременному предупреждению чрезвычайных ситуаций. Кроме того, невелика также сеть государственного мониторинга на поверхностных водных объектах.

Снижается безопасности гидросооружений из-за их старения. Большинство из них эксплуатируется более 30 лет. Согласно данным мировой статистики именно в этот период возрастает вероятность аварий и повреждений гидроэнергообъектов. Выработка нормативного срока службы, а в ряде случаев полного ресурса, несоответствие большого числа давно эксплуатируемых сооружений действующим современным нормативам – серьёзная опасность повреждения гидроузлов и возникновения ЧС.

Важным фактором является также **занижение максимальных расчетных сбросных расходов** в проектах, принятых и выполненных несколько десятков лет тому назад на основании непродолжительных гидрологических рядов наблюдений. Не продолжительность рядов по стоку обусловила неправильный выбор модели расчетного гидрографа и других гидрологических характеристик. Гидрологические данные, накопившиеся за время эксплуатации ГЭС, свидетельствуют о необходимости корректировки значений многих характеристик режима рек, особенно максимальных расходов, наиболее существенно отличающихся от принятых ранее и определяющих пропускную способность водосбросов.

В табл. 3 перечислены стихийные и антропогенные факторы, способные вызвать разрушения гидроузлов, основные виды аварий, сопутствующие процессы, явления, усиливающие или ослабляющие катастрофы, перечень мер по предупреждению, предотвращению и устранению последствий разрушения гидротехнических сооружений. Большинство из перечисленных природных факторов риска в свою очередь вызываются климатическими процессами,

проявляющимися как в виде кратковременных и опасных метеорологических явлений (ураганов, ливней, снегопадов, смерчей и т.д.), так и в виде периодически повторяющихся или однонаправленных, долговременных изменений климата.

Проявления многих стихийных факторов бывают связаны со сложными и трудно прогнозируемыми **геофизическими и атмосферными процессами**, поэтому перечисленные в табл. 2.3 спонтанные природные процессы неопределенны во времени, неоднородны по последствиям и трудно предсказуемы. Но общими для них являются значительный размах по территории, большое влияние на человека, окружающую его природную среду и хозяйственные объекты, в том числе гидросооружения. Общей является также тенденция роста повторяемости и ущерба при всех видах стихийных бедствий, в связи с общим ростом численности и плотности населения, прогрессом техники и усложняющейся структурой общества, увеличением объектов повышенного риска, освоением регионов, наиболее часто подвергающихся стихийным бедствиям, а также с проникновением хозяйственной деятельности людей в опасные, труднодоступные районы, где сила и частота проявления стихийных процессов выше, чем в освоенных районах.

### **Факторы риска, последствия разрушения гидротехнических сооружений и меры предупреждения.**

Таблица № 2.3.

<p>Факторы риска (опасные явления)</p>	<p><b>Стихийные:</b> экстремальный сток, ледовые явления, нагоны, опасные метеорологические явления (бури, ураганы, ливни, снегопады, смерчи и т.д.), долговременные изменения климата, землетрясения, цунами, оползни, обвалы, снежные лавины и сели, подвижки ледников, вулканическое извержение.</p> <p><b>Антропогенные:</b> ошибки проектирования, несоблюдение строительных норм и правил эксплуатации сооружений, непрофессионализм, некомпетентность, халатность обслуживающего персонала, военные действия, террористические акты.</p>
<p>Вид аварий</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сверхнормативный сброс воды.</li> <li>– Перелив через гребень плотины.</li> <li>– Повреждение или размыв тела плотины и береговых сооружений.</li> <li>– Нарушение фильтрационной прочности различных частей гидроузла.</li> <li>– Нарушение устойчивости или чрезмерные перемещения сооружений.</li> <li>– Неисправность, повреждение технологического оборудования.</li> </ul>

Последствия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Формирование волн прорыва, затопление и подтопление местности в нижнем бьефе.</li> <li>– Опорожнение водохранилищ.</li> <li>– Вытеснение воды из водохранилищ при оползнях и обвалах, заполнение их наносами.</li> <li>– Потери на фильтрацию через тело плотины.</li> </ul>
Сопутствующие процессы	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Активизация геодинамических процессов: интенсивная эрозия в нижнем и верхнем бьефах, обрушение берегов, деформация русел и пойм. Активизация эндогенных процессов: возникновение «местных» очагов сейсмической активности.</li> <li>– Залповое поступление загрязняющих веществ и наносов из водохранилища, машинного зала (в т.ч. трансформаторного масла), разрушенных волной прорыва складов, хранилищ опасных токсичных веществ.</li> <li>– Формирование застойных зон в мелководных отчленениях долин, возникновение экстремальных бактериологических ситуаций.</li> </ul>
Явления, усиливающие (ослабляющие) катастрофы	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Число факторов, интенсивность их проявления.</li> <li>– Экологическое состояние региона</li> <li>– Тяжелые погодные и климатические условия.</li> <li>– Уклон местности, ширина, конфигурация и геоморфологическое строения долины реки.</li> <li>– Время прохождения гребня волны прорыва (сезон года, время суток).</li> <li>– Плотность населения. Степень хозяйственной освоенности территории, наличие опасных технологических процессов, хранилищ токсичных веществ.</li> <li>– Недооценка опасных последствий стихийных бедствий и техногенных катастроф.</li> <li>– Несовершенство системы обеспечения безопасности.</li> <li>– Заблаговременность оповещения населения.</li> <li>– Подготовленность населения, государственных служб и общественности к возможным катастрофам.</li> </ul>
Меры по предупреждению, предотвращению и ликвидации последствий катастроф	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Фундаментальные научные исследования, направленные на решение прикладных задач.</li> <li>– Повышение профессионального уровня и подготовка кадров специалистов в области стихийных бедствий и техногенных катастроф.</li> <li>– Организация служб мониторинга за опасными явлениями и состоянием гидроузлов.</li> <li>– Прогнозирование факторов риска и картирование возможных последствий аварий.</li> <li>– Соблюдение норм безопасности, корректировка инженерных решений на всех этапах создания и эксплуатации гидроузлов.</li> <li>– Усиление охраны гидросооружений.</li> <li>– Разработка системы мер по предупреждению и раннему оповещению населения, по защите населения, природных и хозяйственных объектов от катастроф.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Обучение поведению и действиям (прежде всего населения) при ЧС.</li> <li>– Разработка сценариев реагирования во время и после катастроф.</li> <li>– Оказание помощи жертвам катастроф.</li> <li>– Ликвидация последствий (возмещение материального ущерба, восстановление разрушений и т.д.).</li> </ul>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Самыми распространёнными природными процессами, постоянно угрожающими различного рода водохозяйственным сооружениям, являются наводнения, угрожающие более 70 % территории суши. Это не только наиболее часто встречающееся на Земле опасное природное явление, но и наиболее часто повторяющееся в многолетней перспективе и обладающее большой разрушительной силой.

Наиболее распространенным типом наводнений являются наводнения, связанные с интенсивным таянием снежного покрова и подъемами уровней воды на равнинных реках. Они могут приобрести катастрофический характер, если сочетаются с весенними дождями и обильным предзимним увлажнением почво-грунтов. Одна из причин подобных наводнений, наряду с гидрометеорологическими факторами (повышенные зимние осадки и раннее снеготаяние), бесконтрольное, без соответствующего инженерного обоснования массовое сооружение небольших прудов, плотин, запруд. Все эти емкости не всегда бывают «сработаны» к весне с тем, чтобы задержать часть паводковых вод. Но возможны и зимние наводнения от таяния снега в период оттепелей. Повторяемость выдающихся наводнений этого типа оценивается в 1 раз в 10-25 лет.

Особое место занимают паводки и наводнения с человеческими жертвами и большим материальным ущербом, являющиеся следствием воздействия целого ряда взаимосвязанных факторов — аномального развития гидрометеорологических процессов, активного проявления экзогенных процессов, переполнения и прорыва плотин водохранилищ, размыва хозяйственных и рекреационных объектов, разрушения предприятий — источников химического и биологического загрязнения поверхностных и грунтовых вод.

Подобный многоплановый катаклизм наблюдался летом 2002 г. на Кавказе и Черноморском побережье России, выразившийся в катастрофических паводках и наводнениях, активизации русловой эрозии, усиливавшихся и развивавшихся за счет активного проявления селевых процессов. Немаловажную роль при таком развитии событий сыграл человеческий фактор — неготовность специальных органов и исполнительной

власти к чрезвычайным ситуациям подобного масштаба, несогласованность действий различных ведомств, беспечность населения, не покинувшего опасные места, несмотря на предупреждения.

К возникновению ЧС может привести конкуренция в использовании водных ресурсов между различными отраслями хозяйства и пограничными территориями, особенно во время пропуска половодий и паводков и сброса воды из водохранилищ, при сработке уровней в летне-осенний сезоны, при установлении режимов накопления водных ресурсов в водохранилищах и т. д. Например, неконтролируемые, несогласованные сбросы воды из водохранилищ пограничных территорий. К сожалению, нет четких нормативно-правовых критериев для разрешения конфликтных гидроэкологических ситуаций на приграничных территориях.

Так, в 1984 году Средний Енисей в районе Лесосибирска подвергся зимнему затоплению из-за резкого увеличения выработки энергии на Красноярской ГЭС в связи с аварией на Экибастузской ГРЭС в период зимних холодов. Сбросы воды взломали лёд, подтопили и нанесли большой ущерб лесозэкспортным организациям. Было нарушено электроснабжение ряда предприятий, вода сорвала запани с подготовленной для переработки и экспорта древесины, снесла ограждающие дамбы затонов в ряде портов, в том числе в г. Красноярске, разметала караваны барж, стоящих на ремонте, и т.д. Убытки были бы значительно меньше, если бы энергетики предупредили местные власти и дали разрешение Красноярскэнерго на постепенное увеличение сброса воды через донные отверстия плотины.

Наиболее эффективным способом борьбы с природными наводнениями является перераспределение стока путем создания водохранилищ, возможности регулирования водных ресурсов которыми определяются в основном отношением полезного объема к среднему годовому стоку реки.

Однако создание водохранилищ не всегда снижает риск прохождения катастрофических наводнений, что связано с природными особенностями местности и режима реки. Так, в начале 1950-х гг. в Азербайджане для борьбы с наводнениями в бассейнах Куры и Аракса были сооружены Мингечаурский и Бахрамтапинский гидротехнические комплексы. Но после их ввода в эксплуатацию на реках произошло десять разрушительных наводнений (в 1961, 1967, 1969, 1976, 1982 и др. годах) и проведенные противопаводковые мероприятия оказались неэффективными, т. к. реки протекают по слабо наклоненным равнинам и несут большое количество взвешенных наносов, осаждающихся в их руслах. В результате на ряде участков русла рек располагаются выше прилегающей местности, и водохранилища в годы с осадками выше нормы не решают проблему наводнений.

Спасая в большинстве случаев обширные территории от наводнений, гидроузлы однако сами могут стать источником катастрофических затоплений в нижних бьефах в случае повреждения плотин и формирования волны прорыва.

Наводнения ниже плотин могут быть связаны не только с их повреждениями, но и с незапланированными сбросами излишних масс воды через гидросооружения. Можно привести ряд примеров наводнений, вызванных сверхрасчетными попусками. Один из последних — активный сброс воды из Новосибирского водохранилища (Россия) 18 июня 2001 г., который привел к затоплению около 1300 садовых участков.

Особенно опасны наводнения, вызванные зимними попусками из водохранилищ, формирующими подвижки льда и ледоход в нижнем бьефе, сопровождающиеся подтоплением прибрежных участков. Так, зимой 1956-1957 гг. из Камского водохранилища (Россия) были вдвое против нормативных увеличены попуски, вызвавшие ледоход на протяжении 60 км нижнего бьефа, и затем образование затора. В районе г. Краснокамска лед был поднят и перемещен сплошным полем, наводнением был причинен большой ущерб.

Ошибки синоптиков и гидрологов при прогнозе характера половодья на Енисее (Россия) летом 1988 г., неподготовленность ложа Саяно-Шушенского водохранилища к затоплению паводковыми водами, неполное обустройство русла Енисея ниже плотины Красноярской ГЭС, вынужденные запоздавшие холостые сбросы через пять водосливных сооружений плотины Красноярской ГЭС – всё это обусловило в короткое время подъём уровня воды в нижнем бьефе Красноярской ГЭС на 4 м и наводнение с большим материальным ущербом. Это событие ещё раз свидетельствует о необходимости соблюдения главного правила — в нижних бьефах гидроузлов и на территориях, подвергающихся периодическим затоплениям паводковыми водами не должно быть важных, недостаточно защищенных хозяйственных объектов и жилых построек, стесняющих поток воды и могущих быть разрушенными. Продолжает нарастать тенденция все большей освоенности, застроенности и заселенности нижних бьефов и паводкоопасных территорий, несмотря на печальный исторический опыт и постоянные предупреждения специалистов.

В период строительства и эксплуатации подпорных гидротехнических сооружений нередко проявляются неблагоприятные геодинамические процессы, создающие чрезвычайные ситуации и формирующие экстремальные геоэкологические проблемы. Выделяют следующие виды геодинамических процессов: землетрясения, приводящие к обрушениям, обвалам, оползням, деформациям геологических пород и при сильных динамических воздействиях — к повреждению и разрушению гидроузлов; гравитационные процессы —

обвалы, осыпи, просадки, вызывающие деформации дневной поверхности, повреждения водохозяйственных сооружений и коммуникаций; гидрогеологические особенности территории и карстово-суффuzionные процессы, вызывающие размывы тела и основания плотин, образование пустот, карстовые проявления, заиления; криогенные процессы в зоне многолетнемёрзлых пород, выражающиеся в их оттаивании, развитии термокарста, пучениях, приводящие к деформациям оснований и самих плотин, особенно земляных.

Только за последние 30-40 лет серьезные аварии и повреждения, вызванные сейсмическим воздействием, произошли на бетонных плотинах – Понтебо (высота 10 м, Алжир), Каньон Дель Пато (20 м, Перу), Синьфынцзян (105 м, Китай), Койна (103 м, Индия), Пакойма (113 м, США), Сефидруд (106 м, Иран), Шикань (25 м, Тайвань); на грунтовых плотинах – Хебген (высота 35 м), Сан-Фернандо Лоуэр (43 м), Сан-Фернандо Аппер (25 м) и Лос-Анджелес (40 м) – все в США, а также Эль-Инфирнильо (148 м) и Ла Виллита (60 м) – в Мексике, Сердже (57 м, Турция) и др. При этом плотины Каньон Дель Пато, Шикань, Сан-Фернандо Лоуэр были разрушены, а повреждения плотин Синьфынцзян, Койна, Сан-Фернандо Аппер могли бы иметь катастрофические последствия, если бы уровни верхних бьефов не были в момент землетрясения существенно ниже нормальных подпорных уровней.

Впервые вопрос о необходимости учета сейсмической опасности при проектировании и эксплуатации плотин ГЭС возник в 20-х годах прошлого века после разрушения грунтовой плотины Шеффилд (США) высотой 7,5 м при землетрясении 29 июня 1925 г. силой 6,3 балла. Но серьезные исследования фактора сейсмичности при гидротехническом строительстве начались лишь в 1950-60-е гг. после целого ряда аварий и повреждений на перечисленных выше крупных плотинах.

Наиболее серьезные инциденты произошли на энергетических объектах Армении в районе Спитакского землетрясения в 1988 году с интенсивностью в эпицентре в 10 баллов, а также в 1976 году на плотине Чир-Юрт в Дагестане, где в результате землетрясения силой 8 баллов образовались три трещины шириной до 400 мм. В результате Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г. произошло проседание гребня плотины озера Яцинкуль, затем ее разрушение в центральной части и формирование волны прорыва. В 1,5 км от плотины вследствие размыва около 3 млн. м<sup>3</sup> грунта сформировался водокаменный сель высотой 12 м, обрушившийся в долину реки Тегермеч.

Многие землетрясения за рубежом и, особенно, в Армении показали важность обеспечения сейсмостойкости не только крупных энергообъектов, но и безаварийной работы других источников энергии, энергетического

оборудования, подстанций, линий электропередачи и т. д. Так, большой ущерб экономике Армении в период Спитакского землетрясения был нанесен в результате прекращения подачи электроэнергии из-за повреждения подстанций и линий электропередачи. Коммунальное хозяйство городов Спитак и Ленинакан было полностью выведено из строя, а в городе Степанакерте разрушены все электростанции.

В Китае 12 мая 2008 года в провинции Сычуань произошло сильнейшее за последние более чем три десятилетия землетрясение силой 8 баллов, вызвавшее чрезвычайные разрушения и гибель более 80 тысяч человек. Провинция Сычуань (юго-запад Китая) обладает значительными водными ресурсами и обширной сетью гидротехнических и гидроэнергетических объектов, среди которых четыре крупных гидроузла с высокими плотинами: плотина Зипингнун высотой 156 м, Шэйпай – 132, Бику – 105,3 м, Баоцуси – 132 м.

Несмотря на близость плотин к эпицентру землетрясения (12-17 км), эти плотины выдержали сотрясения, за исключением разной степени повреждений (нарушение облицовочного бетона и разрыхление каменно-набросной плотины Зипингнун, смещение плотины Бику на 30 см, разрывы облицовочных плит и стен парапетов, трещины зданий ГЭС и т. д.). Сохранность плотин была обеспечена высоким качеством проектирования, правильной эксплуатацией и своевременным принятием необходимых мер в критической ситуации.

Кроме рассмотренных четырёх крупных плотин, большому числу менее масштабных объектов землетрясением был нанесён значительный ущерб. Пострадали многие водохранилища и ГЭС, нарушена инфраструктура, водоснабжение, возникла угроза потери контроля за безопасностью и распространением водных потоков. Всего были повреждены 1583 плотины и водохранилища, из них 3 больших, 57 средних и 1523 малых водоёмов. В связи с распространением из-за землетрясения оползней появились опасные вторичные последствия – запруды, их прорыв и затопления расположенной ниже местности.

При создании водохранилищ, преимущественно крупных, возможно **возникновение возбуждённых землетрясений**, вызванных самими водохранилищами в результате давления больших масс воды или ее фильтрации по разломам и изменения порового давления. К настоящему времени считается установленной связь между сейсмической активностью в отдельных районах и наполнением больших водохранилищ. Проявления возбужденной сейсмичности, как правило, совпадают с катастрофическими наводнениями, быстрым наполнением водохранилищ, с работой водосбросов и отмечаются во многих странах – во Франции (арочная плотина Монтейнар и

плотина Гранваль), в Южной Америке (плотина Хендрик Фервуд), в Австралии (Толбинго), в Греции (Кремаста), в США (Гувер), в Китае (Синьфын), в Пакистане (Мангла), в Швейцарии (Контра), в Алжире (Уэд-Фодд) и т. д..

Самым сильным землетрясением, связанным с возведением плотин, является катастрофическое землетрясение в Индии в 1967 г. в связи с сооружением бетонной гравитационной плотины высотой 103 м на р. Койна в районе, считавшимся малосейсмичным. Но начиная с 1962 г. в процессе наполнения водохранилища под ним на небольшой глубине начали регистрировать местные сотрясения. В сентябре 1967 г. произошло около 700 подобных толчков, в том числе несколько крупных, завершившихся катастрофическим землетрясением силой 8 баллов. Почти полностью был разрушен г. Койнанагар (1,5 км от плотины), погибло 177, ранено 1500 человек, несколько тысяч остались без крова.

Исследования показали, что частота и повторяемость возбужденных землетрясений обычно возрастает с увеличением напора на плотине и объема водохранилища. Но не только эти факторы определяют возбужденную сейсмичность – существует много высоких плотин и больших водохранилищ, где подобные явления не происходят. Например, водохранилище Поуэлл объемом 120 км<sup>3</sup> и глубиной 140 м, созданное плотиной Глен-Каньон на р. Колорадо, Серре-Понсо во французских Альпах и ряд других, не изменили локального сейсмического режима. Общим фактором для случаев возбуждения сейсмичности является наличие специфических геологических и гидрогеологических условий и тектонической обстановки. Водоохранилища являются как бы спусковым механизмом для критически напряженной среды.

Не всегда изменения сейсмичности коррелируют с изменением уровня, что наблюдалось, например, при заполнении Токтогульского водохранилища (1974-1992 гг.). По данным наблюдений Института сейсмологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики, в первые годы интенсивного заполнения водоёма (1985-1980 гг.) установлена достаточно отчётливая связь между уровнем воды и числом землетрясений. В последующие годы после начала непрерывной эксплуатации водохранилища связь колебаний уровня и числа сейсмических возбуждений прослеживается не все годы.

Возможность проявления «наведенной» сейсмичности отмечалась и при экспертизе проектов ГЭС на сибирских реках (Россия), например, Мокской ГЭС. Следствием землетрясений являются обрушения горных пород в долинах рек и образование «завальных» (плотинных) озёр, спуск которых сопровождается прорывной волной с большой скоростью прохождения и может спровоцировать формирование селей. Так, прорыв подпрудного

моренного озера Туяксу в верховьях Малой Алмаатинки в 1973 г. вызвал грязекаменный поток огромной разрушительной силы — 15-метровый вал двигался со скоростью 10 м/с, максимальный расход воды достигал 5200 м<sup>3</sup>/с, поток нес валуны весом до 300 т и был остановлен 110-метровой плотиной у пос. Медео. Из завальных озёр наиболее известно высокогорное Сарезское озеро в Таджикистане в долине р. Мургаб, возникшее в 1911 г. вследствие 9 балльного землетрясения, сопровождавшегося обвалом 2,2 млрд. т. горных пород.

В 1959 г. оползень разделил водохранилище Понтезей в Италии на две части, значительно уменьшив его объем. В 1982 г. возник оползень на откосе деривационного канала гидроузла Вэло в Новой Зеландии, который полностью разрушил здание ГЭС. В 1990 г. в Колумбии оползень, перекрывший русло р. Ареноза, после сильного ливня перерос в селевую лавину и накрыл ГЭС Кальдерас и подстанцию слоем ила и камней толщиной 15 м. Погибло 20 человек, повреждены 8 деревень, 8 мостов, 20 км дорог и небольшой город Сан-Карлос. Крупная авария произошла в 1991 г. в Румынии, когда ГЭС Клэбучет была выведена из строя оползнем, образовавшимся после прорыва воды из напорного туннеля и перекрывшим долину реки. При этом было нарушено водоснабжение Бухареста.

**Формированию оползней** и связанных с ними ЧС способствует ряд природных и техногенных факторов: рельеф, своеобразная структура и состав пород, гидрогеологические, гидрометеорологические и сейсмотектонические условия, а также техногенные нагрузки — подрезка нижних участков склонов, изменения гидрогеологических условий в процессе строительных работ и заполнения водохранилищ, сработка уровней в процессе их эксплуатации, буровзрывные работы и т.д. Последнее наблюдалось у ряда гидросооружений: Ташлыкской ГЭС-ГАЭС, шлюза Днепрогэс-2, Колымской ГЭС, а также ГЭС Хоабинь во Вьетнаме и т.д.

Нередко экзогенные процессы проявляются в результате активизации древних оползней. Например, на плотину Миатлинской ГЭС, построенную в 1977 г., с 1978 г. со стороны правого берега движется оползень объемом 3 млн. м<sup>3</sup>, он уже «прошел» путь более чем в 30 м. Оползень объемом около 10 млн. м<sup>3</sup> в районе правого берега плотины Мингечаурской ГЭС на р. Куре активизировался спустя 35 лет после начала ее эксплуатации. Провоцирующим фактором был сильный ливень (за сутки выпало около 80 мм осадков) и развитие глиняного карста из-за подмыва рекой толщи глинистых песчаников. Немаловажным дополнительным фактором явилось падение слоев коренных пород согласно склону, а также сейсмичность территории. Формированию оползневого участка длиной 500 м способствовал также режим сработки

водохранилища, переработка нижней части склона и, что очень существенно, подрезка склона дорожными выемками.

Строительство и эксплуатация крупных гидроузлов сопровождается **абразией берегов и активизацией оползней**, осыпей, сколов и т. д. В настоящее время протяженность абразионных берегов составляет значительную часть береговой линии современных водохранилищ.

Наиболее активно эродируемые берега — на водохранилищах юга Сибири (Россия); здесь величина абразии и скорость отступления бровки береговых уступов (до 150 м за сутки у пос. Артумей на Братском водохранилище) превысили все известные ранее в нашей стране (в среднем в интервале 3-6 м/год, максимум 15-20 м/год). Из общей протяженности берегов существующих и строящихся водохранилищ Сибири (30 тыс. км) около 10 тыс. км затронуты процессами переработки. Наибольшая протяженность обрушаемых берегов наблюдается на Братском, Красноярском и Иркутском водохранилищах и составляет соответственно 20, 30 и 60% от общей длины береговой линии.

Активизации процессов абразии способствуют изменения уровней водохранилищ, связанные с колебаниями водности рек, сработкой водохранилищ для нужд различных водопользователей и водопотребителей и с недостатками планирования наиболее экономичных вариантов использования водных ресурсов.

ЧС могут возникнуть вследствие **недостаточного инженерно-геологического обоснования проектов**, приводящего к неверной оценке надежности оснований плотин и фильтрационных свойств слагающих материалов, нередко влекущей за собой неправильный выбор местоположения гидросооружения, его тип, параметры и технологические особенности строительных работ. Аварии на гидроузлах, связанные с этим фактором, угрожают их безопасности и требуют скорейших, а на некоторых сооружениях — незамедлительных действий.

В США, в бассейне р. Тенесси, была построена плотина Хейлс-Бор на известняках, содержащих много карстовых пустот. Для их заполнения было истрачено 5000 тонн цемента, однако фильтрация под плотиной продолжалась. Были неудачные попытки заполнить полости цементом, глиной и другими материалами. В конечном итоге пробурили скважину глубиной 27 м, через которую закачали 1300 м<sup>3</sup> горячего жидкого асфальта. На юге Испании была возведена плотина Монте-Хаке высотой 72 м. Однако водохранилище не удалось заполнить в связи с распространением сильно трещиноватых закарстованных юрских известняков. Аналогичные события произошли с плотиной Сен-Гильельм-Ле-Дезер на р. Эро во Франции.



Авария, связанная с недооценкой геологических условий и дефектами строительства, явилась причиной прорыва плотины Курейской ГЭС. Недостаточная изученность геологического строения, пород и их свойств привела к затоплению деривационного туннеля Ингурской ГЭС (не были учтены карстовые проявления слоистых известняков). Плохо выполненная гидроизоляция стала причиной фильтрации в деривационном туннеле Храмской ГЭС, дефекты в зоне сопряжения грунтовой плотины с основанием у Кривопорожской ГЭС в Карелии и, наконец, проявления фильтрации в плотине Саяно-Шушенской ГЭС.

Аварийные ситуации на различных участках гидроузлов возникают в результате несоблюдения проектных отметок уровней и нестандартных условий эксплуатации в течение длительного времени. Нижнекамская ГЭС (Россия) эксплуатируется при несоответствующей проектной подпорной отметке. Поэтому Воткинская ГЭС функционирует при отсутствии подпора со стороны водохранилища Нижнекамской ГЭС. Кроме того, вследствие трансформации русла Камы уровни нижнего бьефа Воткинской ГЭС оказались на 1 м ниже проектных. Эти обстоятельства, а также работа Воткинской ГЭС со значительными суточными изменениями нагрузки и, соответственно, со значительными колебаниями уровней нижнего бьефа, вызвали размыв и разрушения слабо закрепленных участков в зоне переменного подпора. А именно, значительные деформации левобережного откоса отводящего канала (просадки и разрушения плит крепления) и местные деформации дна.

В некоторых случаях возможные ЧС, в том числе неготовность ГЭС работать в нештатных или аварийных ситуациях, были «заложены» в проект. Так, на многих гидроузлах России и стран бывшего СССР из-за отсутствия глубинных водосбросов невозможна глубокая сработка водохранилищ в случае экстренной необходимости. Это заставляет прибегать к рискованным решениям, как было, например, при необходимости глубокой сработки Токтогульского водохранилища. А именно, раскрывать с помощью взрыва уже заделанные отверстия временных водосбросов строительного периода.

Другой пример - Плявиньская ГЭС на моренных отложениях. В случае начавшегося суффозионного размыва в нижнем бьефе ГЭС предотвратить развитие аварии на плотине практически невозможно из-за использованной компоновки основных сооружений гидроузла, т. к. в этом случае необходима сработка водохранилища для подавления суффозионного размыва. Но техническое устройство гидроузла таково, что сброс воды будет происходить на повреждённый участок нижнего бьефа. Здесь мог бы помочь дополнительный водосброс, отводящий воду ниже по течению.

Кроме плотин и водохранилищ, в состав гидроузлов входят судоходные каналы и шлюзы, аварии на которых имеют свои специфические особенности. Наиболее ранняя из известных нам аварий произошла в 1962 году на шлюзе Воткинской ГЭС, когда во время шлюзования упала секция подпорной стенки шлюза из-за неполной засыпки её грунтом. В камере шлюза находился теплоход с 400 пассажирами, 21 человек погиб.

Особое внимание функционированию подпорных гидротехнических сооружений уделяется в последние годы не только из-за их неудовлетворительного во многих случаях технического состояния, возраста, но и опасения возникновения чрезвычайных ситуаций в условиях **глобального изменения климата** (ГПК) и изменения водных ресурсов.

В условиях ГПК прогнозируются следующие возможные трансформации водных ресурсов – увеличение стока основных рек, рост его изменчивости в течение года и в многолетнем ряду, увеличение экстремальных значений, сокращение весеннего стока и рост зимнего; изменение качественных показателей водных ресурсов вследствие увеличения растворимости многих загрязняющих веществ, снижение разбавляющей способности вод и способности рек и водоёмов к самоочищению, рост безморозного периода, приводящего к изменению сроков вскрытия и замерзания рек и водоёмов, а также к увеличению мощности ледяного покрова, повторяемости заторов, изменению подземного стока и стока межени. Возможно ухудшение медико-биологической обстановки, рост вероятности и площадей распространения стихийных явлений, увеличение повторяемости и мощности наводнений, активизация геодинамических процессов и т. д.

Рассмотренные ЧС, связанные с созданием плотин и водохранилищ, приурочены в значительной степени к периодам многоводных лет или сезонов. Но маловодные периоды оказывают нередко не меньшее влияние на функционирование гидротехнических систем. Поэтому при оценке надёжности электроснабжения следует учитывать экстремальные ситуации – крайние маловодья (не предусмотренные проектом), использование водных ресурсов водохранилищ не по проектному назначению («смена лидера» в использовании водных ресурсов водохранилища), а главное, гипотетическую возможность аварий и катастроф на гидросооружениях.

## Заключение

1. Оценку безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений необходимо начинать с выявления причин их возможного повреждения (факторов риска), изучения статистики видов аварий и их последствий, сопутствующих процессов, явлений, усиливающих или ослабляющих разрушительное воздействие.
2. Нужно принимать во внимание условность деления катастроф на природные и антропогенные, т. к. многие ЧС, вызываемые природными факторами, прямо или косвенно связаны с антропогенным прессом человека на природную среду (в том числе с нерациональным размещением технических объектов, с неразумной их эксплуатацией и т. д.).
3. ЧС, независимо от их характера, вызывают экологические последствия, которые по своей тяжести превышают непосредственные прямые ущербы. Это прежде всего экологические потери – гибель людей или ухудшение их здоровья, миграционные процессы, ухудшение социально-психологической обстановки (депрессия, чувство страха, проявления агрессивности, протестного потенциала и др.).
4. Необходима разработка нескольких «сценариев» прогноза ЧС и последствий, учитывающих внутривековые колебания водности рек и изменения связанные с глобальными изменениями климата. В противном случае гидроузлы окажутся в существенно иных условиях, нежели те, на которые рассчитана их эксплуатация.
5. Опыт эксплуатации ГЭС в различных странах свидетельствует о том, что полностью исключить ЧС на гидроузлах невозможно, но необходимо свести их или их последствия к минимуму с помощью серии мероприятий, прежде всего путём осуществления прогноза возможных бедствий.
6. С целью прогноза ЧС необходим непрерывный мониторинг, включающий не только наблюдения за работой оборудования, но и контроль за правильностью действий эксплуатационного персонала, т. к. инструкции не всегда строго их регламентируют. В связи с этим важны

квалификация персонала и его способность к принятию решений и грамотным действиям в условиях ЧС.

7. Прогноз и заблаговременное предупреждение ЧС позволяют (при проведении соответствующих мероприятий) не допустить развития неблагоприятных ситуаций и снизить тяжесть последствий (использование только гидрометеорологических прогнозов позволяет сократить экономические потери от ЧС различного характера на 40%).
8. Необходимо соблюдение требований к обеспечению безопасности всех элементов ГЭС, как при их проектировании, строительстве, так и при эксплуатации, особенно у гидроэлектростанций, работающих в изолированных системах.

### **Приложение №3**

## **ТРЕБОВАНИЯ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

### **1. Роль эксплуатирующих организаций.**

Эксплуатирующая организация ГТС обязана:

- обеспечивать соблюдение норм и правил безопасности ГТС при их строительстве, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, ремонте, реконструкции, консервации, выводе из эксплуатации и ликвидации;
- обеспечивать контроль (мониторинг) за состоянием ГТС, природными и техногенными воздействиями на него, производить оценку безопасности ГТС с учетом его работы в каскаде, вредных воздействий в результате хозяйственной и иной деятельности, размещения объектов в русле реки и на прилегающих к ним территориях ниже и выше ГТС;
- обеспечивать разработку и своевременное уточнение критериев безопасности ГТС;
- развивать системы контроля за состоянием ГТС;
- систематически анализировать причины снижения безопасности ГТС и своевременно осуществлять разработку и реализацию мер по обеспечению технически исправного состояния ГТС и его безопасности, а также по предотвращению аварии ГТС;
- обеспечивать проведение регулярных плановых обследований ГТС;
- создавать материальные резервы, предназначенные для ликвидации аварии ГТС;
- организовывать эксплуатацию ГТС и обеспечивать соответствующую нормам и правилам квалификацию работников;

- поддерживать в постоянной готовности локальные системы оповещения о ЧС на ГТС;
- совместно с органами государственной власти на местах информировать население о вопросах безопасности ГТС;
- осуществлять по вопросам предупреждения аварий ГТС взаимодействие с органом по ЧС;
- незамедлительно информировать об угрозе аварии ГТС специально уполномоченный орган, другие заинтересованные государственные органы, органы государственной власти на местах и органы самоуправления граждан и в случае непосредственной угрозы прорыва напорного фронта (плотины) - население, предприятия, учреждения и организации в зоне возможного затопления;
- содействовать специально уполномоченному органу, осуществляющему государственный надзор за безопасностью ГТС (Орган надзора), в осуществлении его полномочий;
- финансировать мероприятия по эксплуатации ГТС, обеспечению его безопасности, а также работы по предотвращению и ликвидации последствий аварий ГТС.

Большое значение для предупреждения ЧС в результате аварий ГТС имеет постоянное взаимодействие эксплуатирующих организаций с территориальными органами управления по делам ГО и ЧС и органом надзора. К обязанностям эксплуатирующих организаций, требующих такого взаимодействия относятся:

- информирование органов ГО и ЧС об опасных изменениях состояния ГТС и угрозе аварии;
- поддержание в постоянной готовности локальных систем оповещения об опасности ЧС;
- подготовка планов противоаварийных мероприятий, обучение персонала к действиям в условиях локализации и ликвидации ЧС;
- проведение на регулярной основе учений по поведению персонала в условиях аварийной ситуации;
- другие вопросы предупреждения, локализации и ликвидации ЧС.

## **2. Роль местных органов государственной власти.**

Органы государственной власти на местах:

- участвуют в реализации государственных программ в области обеспечения безопасности ГТС;
- обеспечивают безопасность ГТС при использовании водных ресурсов и осуществлении природоохранных мероприятий;
- принимают решения в установленном законодательством порядке о размещении ГТС, а также об ограничении их эксплуатации в случаях нарушения законодательства о безопасности ГТС;
- участвуют в ликвидации последствий аварий ГТС;

- информируют население об угрозе аварий ГТС, которые могут привести к возникновению ЧС;
- осуществляют иные полномочия в соответствии с законодательством.

### **3. Основные функции органа государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений.**

Основные функции органа надзора, вытекающие из предоставляемых им полномочий, можно кратко сформулировать следующим образом:

- организация разработки и утверждение ведомственных нормативных, правовых и нормативно-технических документов, участие в разработке законодательных актов и нормативно-правовых документов в области обеспечения безопасности ГТС;
- координация разработки и выполнения программ обеспечения безопасности ГТС;
- организация надзора за соблюдением эксплуатирующими организациями норм и правил безопасной эксплуатации ГТС, а также выполнения ими условий лицензий на проектирование, строительство и эксплуатацию ГТС, относящихся к объектам повышенного риска;
- формирование и ведение Кадастра/Регистра ГТС;
- организация государственной экспертизы деклараций безопасности ГТС;
- организация (плановых/регулярных) инспекционных проверок состояния ГТС и соответствия их состояния декларациям безопасности;
- внесение предложений в правительство об ограничении или запрещении деятельности, оказывающей неблагоприятное воздействие на безопасность ГТС, относящихся к объектам повышенного риска;
- организация обучения и аттестации инспекторов государственного надзора, аттестация персонала эксплуатирующих организаций, ответственного за безопасную эксплуатацию ГТС и т.п.

## **Приложение №4**

### **ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

#### **1. Природные факторы.**

Гидрологический режим реки во многих отношениях является наиболее важным из определяющих природных факторов для надежности и безопасности ГТС. С ним могут быть связаны два характерных вида гидрологических опасностей вызываемых:

- избыточным стоком реки в результате паводков и половодий;
- недостаточным стоком в периоды межени.

Явление избыточного стока представляет собой основной фактор природного риска для ГТС в период его строительства и затем при его эксплуатации. Так среди непосредственных причин разрушение групповых гидросооружений особо выделяются переливы воды через гребень вследствие недостаточной пропускной способности водосбросов (до 33% случаев); при этом свыше 80% таких аварий произошли при строительстве из-за отказов строительных водосбросов, главным образом, вследствие существенного повышения реальных расходов воды. В зависимости от размеров паводка урон, нанесенный строительству, может варьироваться весьма широко, от частичного повреждения до полного разрушения недостроенных сооружений и оборудования и даже человеческих жертв. Во время постоянной эксплуатации избыточный сток является меньшей проблемой, поскольку он существенно меньшей обеспеченности, чем при строительстве. Однако, при достаточно редких гидрологических событиях – паводках с расходами воды, превышающими проектные значения, возможны катастрофические последствия для ГТС и нижнего бьефа, причинение существенного ущерба сооружениям, а также инфраструктуре района, расположенного ниже по течению. Среди причин аварий грунтовых плотин во время так называемой нормальной эксплуатации выделяется перелив воды через гребень (около 60% случаев).

Низкий приток, в отличие от максимального стока, обычно захватывает длительный период времени, в большинстве случаев, чтобы создать серьезные проблемы, такая ситуация должна иметь место на протяжении нескольких лет подряд в течение наполнения водохранилища и начала постоянной эксплуатации. Недостаточный сток может препятствовать возвращению кредита, взятого на строительство объекта, либо вызвать необходимость оплачивать дополнительные издержки из-за неспособности производить энергию или же подавать воду в необходимых объемах.

Сейсмическая опасность для ГТС обычно принимается во внимание в случае возможных землетрясений интенсивностью 7 баллов и выше и характеризуется редкой повторяемостью воздействий значительной разрушительной силы. Как правило, современные гидросооружения обладают достаточной сейсмостойкостью. Аварии на грунтовых ГТС, связанные с землетрясениями, зафиксированы в 4% случаев, на бетонных – еще реже. Однако при сильных землетрясениях весьма вероятны комбинированные отрицательные эффекты, снижающие надежность и безопасность ГТС, связанные не только с непосредственными динамическими нагрузками на основания, конструкции, оборудование, но и с нарушениями электроснабжения, связи, потерь управления, ошибками персонала в принятии решения в экстремальных ситуациях и т.д. Сильное землетрясение может также спровоцировать обвально-оползневые явления с непредсказуемыми последствиями в верхнем и нижнем бьефах.

Инженерно-геологические и гидрологические особенности створа сооружений, зоны водохранилища, оснований определяются наличием и

расположением растворимых пород, тектонических разломов, трещин, вечной мерзлоты, карста, ослабленных зон, областей анизотропии и т. п. В некоторых случаях наличие того или иного дефекта определяло решение по переносу створа сооружений в другое место. В целом основания играют важнейшую роль в обеспечении надежности и безопасности ГТС, особенно гидросооружений из бетона. По разным оценкам из-за нарушений в основаниях произошло около 38% всех разрушений бетонных плотин. Свыше половины из них связывают с увеличением проницаемости пород, треть - со сдвигом по ослабленной зоне, а 10% - с неоднородной деформируемостью оснований. Часто дефекты в основаниях являются причиной повреждений и в теле сооружений. Около 22% аварий бетонных плотин, связанных с нарушениями в основаниях, были вызваны неоднородной их деформируемостью при совместной работе сооружения и основания под гидростатической нагрузкой. При этом отмечалось трещинообразование со стороны напорной грани сооружений, а также появление новых трещин в основаниях, развитие которых иногда приводило к разрыву цементационных завес и росту противодавления. В 4% всех аварий, связанных с основаниями, сооружения теряли устойчивость на сдвиг из-за слабости скалы, сложенной сильнотрещиноватыми перетертыми породами с глинистым заполнителем трещин.

Значительную опасность для ГТС представляет наличие карста. Кроме непосредственных угроз гидросооружениям, карст приводит к обильным потерям на фильтрацию из водохранилища, иногда вплоть до невозможности полного его заполнения. Карстообразование может также потребовать проведения дорогостоящих противофильтрационных мероприятий.

Природная вариабельность и изменчивость во времени и пространстве в разной степени свойственна всем показателям физико-механических характеристик грунтов и пород оснований: прочностным, деформационным, фильтрационным и др. Она устанавливается в ходе полевых и лабораторных исследований грунтов и в значительной мере определяет конструктивные решения по ГТС и их геометрическим параметрам.

Среди климатических воздействий на гидротехнический объект выделяются: осадки, инсоляция, температурное воздействие. Климатические воздействия являются характерной причиной повреждения бетонных ГТС.

Среди таких повреждений выделяется трещинообразование в результате температурных воздействий. Температурные трещины могут представлять серьезную опасность для работы бетонных конструкций, особенно тонкостенных, из-за усиления фильтрации через них. В районах с суровым климатом наблюдаются частые повреждения бетонных плотин в результате промораживания бетона и его отслаивания с оголением арматуры в зоне колебания уровня воды. Приrost поврежденной поверхности бетона при этом происходит скачкообразно с интервалом в 3-5 лет. Выветривание бетона в результате процессов замораживания/оттаивания и других климатических



факторов является одной из характерных причин старения поверхностей водосбросных трактов и открытых бетонных поверхностей.

При сильных осадках либо резком увеличении температур воздуха с обильным таянием снега возможна интенсификация обвально-оползневых явлений и поверхностной эрозии на склонах водохранилищ.

Значительную опасность в верхних бьефах представляют ветровые волны. Несмотря на то, что волновые воздействия не относятся к ведущим причинам аварий на современных гидротехнических объектах, совместно с ледовыми явлениями они представляют одну из основных причин переработки берегов и повреждений креплений верховых откосов грунтовых подпорных сооружений. При этом часто нарушаются условия нормального использования водохранилища и его береговой линии для рекреационных и других нужд, растут угрозы нарушения локальной устойчивости берегов, которые могут инициировать даже большие социальные риски, чем те, которые связаны с крупными обвально-оползневыми участками.

Обвально-оползневая опасность нередко присутствует в горных районах и может привести к возникновению аварии в результате сползания либо обрушения в водохранилище масс грунта, снега, льда и образования волны вытеснения. Завалы в водохранилище, вызванные крупными обвалами и оползнями, могут помешать нормальной работе водохранилища вплоть до резкого переполнения водохранилища с опасными последствиями для плотины. При переливе воды через гребень плотины последствия могут быть самыми катастрофическими, с разрушением плотины и гибелью людей в нижнем бьефе.

Как правило, крупные оползни и обвалы в водохранилища трудно предотвратить. Однако очень важно контролировать процесс подвижек, для чего создают систему предупреждения об опасности на случай его развития.

При заторно-зажорных явлениях, как в верхних, так и в нижних бьефах могут наблюдаться весьма опасные наводнения.

Биологические воздействия, связанные с жизнедеятельностью некоторых организмов, для современных ГТС не являются серьезной опасностью, но для небольших и в особенности для давно построенных объектов могут проявляться самым неожиданным образом. Существенной проблемой является обрастание, особенно замкнутых водоводов, пресноводной дейссеной и соответственно снижение их пропускной способности.

Химическая опасность для ГТС проявляется в двух основных аспектах:

- агрессивности водной среды по отношению к материалам конструкций ГТС, вызывающей выщелачивание бетона, коррозию металла и пр.;
- опасности выщелачивания и растворения горных пород и образования карста.

Вариабельность и изменчивость во времени и пространстве параметров нагрузок: ускорений сейсмических колебаний, скоростей течений, напоров, градиентов напора, давлений, пульсаций давлений, напряжений и др. во многих случаях превышают вариабельность и изменчивость показателей

свойств материалов и грунтов, но не всегда должным образом учитываются, что приводит либо к перестраховкам, либо к недоучету ролей той или иной нагрузки.

## **2. Проектно-технологические факторы.**

Роль конструктивных особенностей ГТС и их структуры в обеспечении надежности и безопасности наиболее полно проявляется при структурно-логическом моделировании работоспособности объектов как систем.

**Структурно-логическое моделирование работоспособности ГТС как системы.** На Рисунке 4.1 приводится пример структурно-логического моделирования надежности конструкции грунтовой плотины как системы, в основу которого положен принцип последовательно-параллельного соединения расчетных элементов. На модели последовательно соединены относительно обособленные структурные единицы (подсистемы): I-тело плотины, II-сопряжения и III-основание; отдельные элементы подсистем, отказ любого из которых ведет к отказу конструкции плотины в целом, параллельно - элементы, резервирующие надежность плотины.

Пунктирными линиями на схеме выделены случаи неполной структурной избыточности надежности конструкции плотины, организованные путем устройства переходных зон и фильтров, креплений откосов, дренажных устройств и др. Длинным пунктиром очерчены границы подсистем.

ГТС представляют собой системы, в которых широко используется избыточность (резервирование надежности) – дополнительные элементы, средства и возможности сверх минимально необходимых для выполнения системой заданных функций. Однако в большинстве случаев элементы возможности гидротехнических объектов как систем не дублируются. Для описания работоспособности таких систем с учетом запасов по прочности, устойчивости, долговечности, надежности, живучести используется понятие **неполного резервирования**.

**Неполное резервирование надежности ГТС.** Особенностью неполного резервирования является возможность отказа системы и при надежной работе дополнительного элемента. Кроме того, отказ элемента, частично резервирующего надежность, может вызвать нарушение работоспособности основного элемента. Например, обрушение низового откоса грунтовой плотины возможно и при нормально работающем дренаже, несмотря на резервирующие способности для устойчивости откоса последнего. В то же время отказ дренажа, несомненно, ухудшит условия работы низовой призмы плотины.

Полное резервирование на ГТС встречаются весьма редко, хотя и может иметь место, например, в многослойных защитных облицовках, каждый слой которых сам по себе способен выполнить функцию облицовки. Наиболее часто на ГТС встречается неполное структурное резервирование, направленное на повышение несущей способности и долговечности сооружений, конструкций, оснований, оборудования. Для этого предусматривается устройство понуров, фильтров, переходных зон, зубьев, защитных покрытий и креплений,

дренажных и противофильтрационных завес, балок жесткости, систем аэрации и гасителей энергии (на водосбросах) и т. д.

Иногда неполное резервирование определяется условиями строительства и эксплуатации ГТС и их оснований: слоистостью оснований, наличием подготовок (бетонных подушек, укрепительной и площадной цементации), устройством технологического армирования и т. п. Сравнительно реже используется функциональное резервирование, обычно совместно с другими

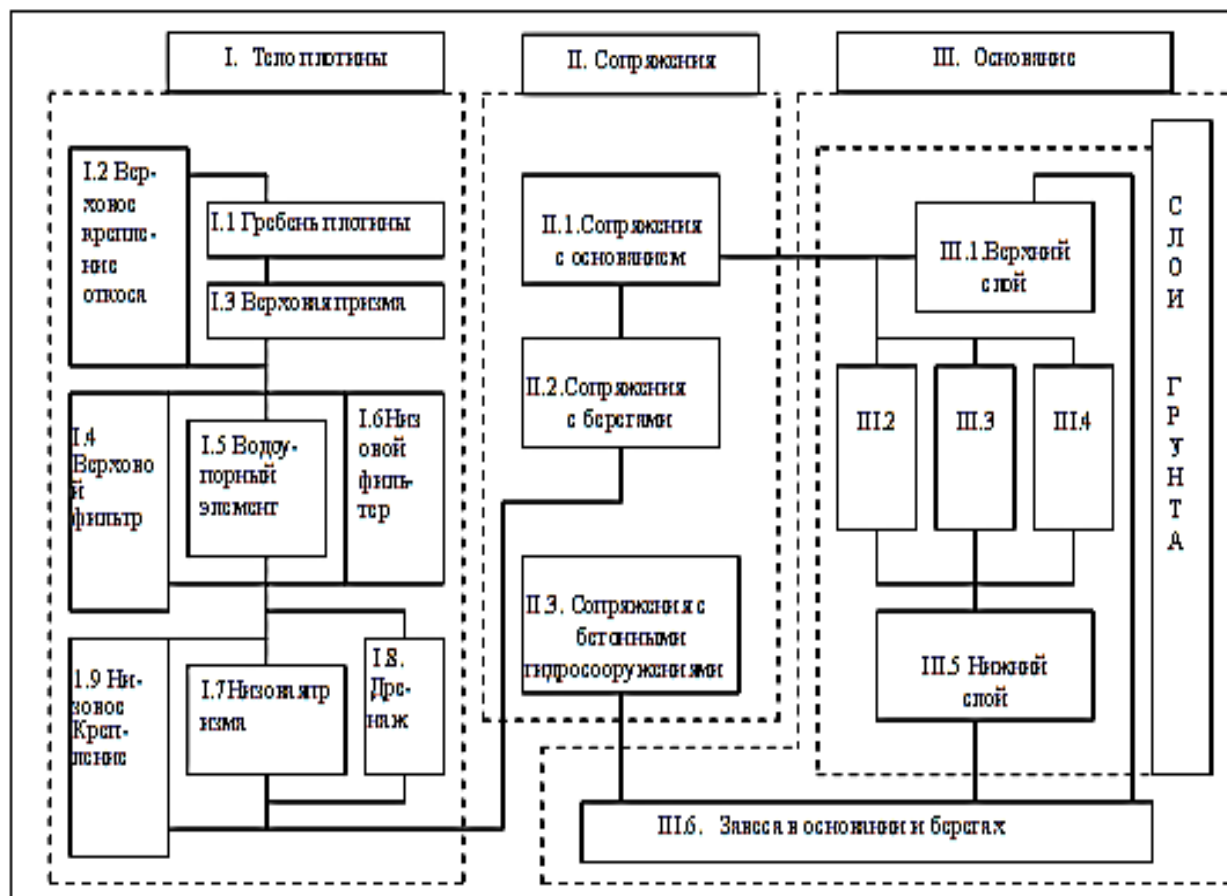


Рис. 4.1 - Пример структурно-логического моделирования работоспособности конструкции грунтовой плотины, расположенной на слоистом аллювиальном основании.

видами резервирования: структурным, информационным и временным. Иногда имеет место сочетание неполного структурного и функционального резервирования.

Таким образом, например, резервируется пропускная способность водосбросного фронта при помощи дополнительных водосбросных сооружений. Если предполагается срезка максимальных расходов за счет аккумуляции паводка водохранилищем, то для обеспечения надежности водосбросного фронта существенную роль может сыграть информационное и временное резервирование.

**Специфические виды не полного резервирования надежности гидротехнических сооружений.** Применительно к задачам надежности ГТС возможны и некоторые специфические виды неполного резервирования.

Например, особенностью ГТС является неравная ценность отказов различных единиц. Поэтому можно придать **приоритет** факту нарушения работоспособности более важного элемента или же возможности более тяжелого отказа, особенно при анализе надежности ГТС до первого отказа. Даже если резерв времени на восстановление после отказа (например, ввиду особой ответственности объекта) во внимание не принимать, учет приоритета позволяет выявить резервы надежности системы в целом.

Кроме вышеуказанных форм резервирования важное значение для надежности и безопасности ГТС могут иметь:

- временное резервирование работоспособности повреждаемых и восстанавливаемых элементов конструкций;

- информационное резервирование надежности ГТС, одним из важнейших элементов которого является КИА и системы оперативной обработки контрольной и диагностической информации о состоянии объектов.

Логическое моделирование надежности указывает и на то, что особое внимание следует уделять тем элементам конструкции плотины, с помощью которых происходит соединение подсистем (по надежности) в систему. Характерно, что отказ таких «общих» элементов отдельных подсистем при анализе надежности и безопасности ГТС является особенно важным, так как последние представляют собой своего рода «слабые» места объектов.

Среди других проектно-технологических факторов, которые определяют надежность и безопасность гидротехнических объектов наряду с проектными и конструктивными решениями, выделяются различного рода ошибки и просчеты, допущенные на стадиях изысканий, научного обоснования, проекта и конструирования: проектные дефекты конструкций, неудачные решения, недостаточный учет свойств основания и пр.

### **3. Строительно-технологические факторы.**

Надежность и безопасность ГТС, как интегральные свойства, закладываются на стадии проектирования, обеспечиваются при строительстве и поддерживаются при эксплуатации.

**Особенности строительного периода для безопасности ГТС.** Строительный период является наиболее сложным для обеспечения надежности и безопасности ГТС. С ним связана большая часть аварий на объектах (Рис. 4.2, Таблица 4.1), в том числе и с катастрофическими последствиями. Строительство объекта и первые годы эксплуатации (наполнение водохранилища часто происходит при недостроенном сооружении) - это периоды существования объекта, когда происходит перераспределение усилий в конструкциях и основаниях, рассеивается поровое давление в глинистых грунтах, набирает прочность бетон, проявляются «приработки», дефекты производства работ. Этот этап иногда называют «приработкой». Продолжительность этапа «приработки» может составлять десятилетия в зависимости от длительности строительства,

наполнения водохранилища, особенностей сооружений, оснований и других факторов, определяющих процессы вписывания ГТС в окружающую среду.

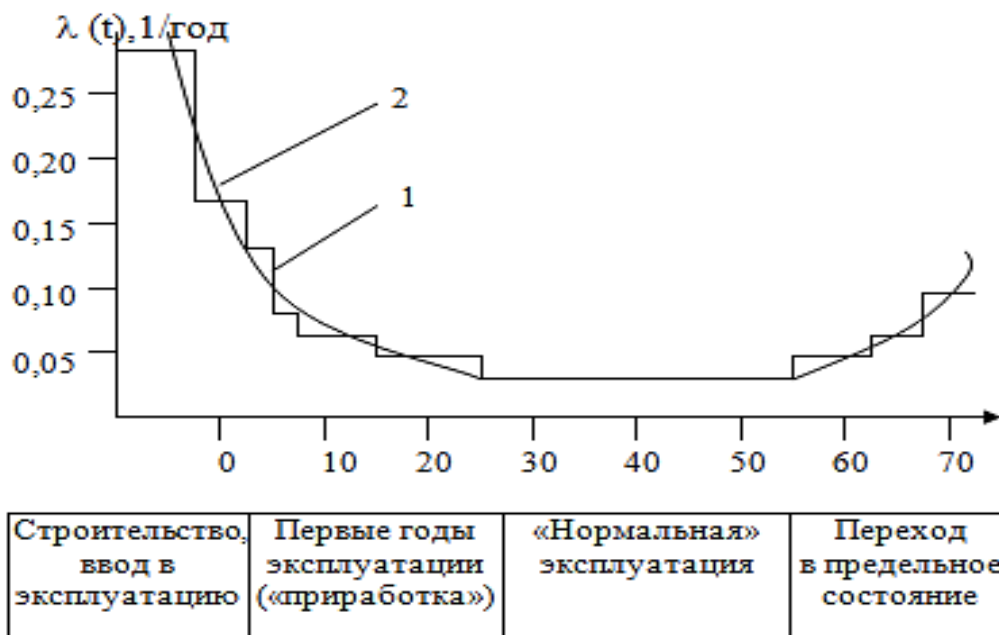


Рис. 4.2 - Эмпирическая зависимость (1) и аппроксимирующая кривая (2) средней интенсивности повреждений земляных плотин от времени.

### Среднестатистические частоты разрушений плотин высотой 15 м и выше при строительстве и в течение первых лет эксплуатации (1964 – 1983 гг.)

Таблица № 4.1

Период	Частота разрушений, 1/год		
	плотины	другие гидросооружения	обобщенный риск
Строительство	$1,9 \cdot 10^{-3}$	-	$1,7 \cdot 10^{-3}$
Первые 5 лет	$1,2 \cdot 10^{-3}$	-	$1,1 \cdot 10^{-3}$
Первые 10 лет	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$

**Причины, влияющие на безопасность ГТС при строительстве.** Для периода строительства характерно не только наличие дополнительных нагрузок и воздействий на сооружения и конструкции (поровое давление, давление цементации, температурно-усадочные нагрузки, нагрузки от строительных механизмов и др.), но и недостаточная несущая способность из-за незавершившихся процессов консолидации грунта, «созревания» бетона и пр., что резко снижает запасы прочности и устойчивости сооружений.

Вследствие этих причин, а также проявления проектных и строительных дефектов, период приработки характеризуется высокими темпами изменения значений интенсивности повреждения объектов  $\lambda(t)$ . В это время обычно наблюдается сильный износ ГТС, поэтому нередко требуется проведение масштабных ремонтно-профилактических мероприятий. Окончание приработки совпадает со стабилизацией показателей состояния объектов во времени, что объясняется завершением процессов их адаптации к условиям окружающей среды.

При возведении ГТС и наполнении водохранилища, наиболее вероятно обрушение и оползание откосов грунтовых ГТС (около 15% всех разрушений грунтовых плотин при строительстве). Весьма распространенным видом деформационных повреждений грунтовых гидросооружений при строительстве является образование трещин вследствие неравномерного деформирования различных участков сооружений и их оснований в вертикальном и горизонтальном направлениях. В ряде случаев эти повреждения вызваны дефектами производства работ (недоуплотнение, сегрегация грунтов при отсыпке), влекли за собой разрушение сооружения в результате суффозии при наполнении водохранилища (по некоторым оценкам – около половины всех разрушений грунтовых плотин). В других случаях для ликвидации трещин и дефектов приходилось оперативно осуществлять сложные ремонтные мероприятия.

Наличие дефектов производства работ (выступов, каверн, наплывов бетона и др.), определяемых технологией строительства, на обтекаемых водой поверхностях во многих случаях становится причиной кавитационной эрозии на водопропускных сооружениях. Период строительства ГТС и первые годы эксплуатации являются наиболее опасными и с точки зрения возникновения абразивного износа на строительных и эксплуатационных водосбросах, что связано с большой вероятностью попадания в них строительного мусора.

Выше уже отмечалась роль строительных водосбросов, МО на них и других временных устройств для обеспечения надежности и безопасности ГТС. Весьма вероятны связанные с отказами строительных водосбросов переливы воды через гребень недостроенных грунтовых плотин. Процессами перелива трудно управлять, поэтому развитие таких аварий обычно носит бурный, катастрофический характер.

Вариабельность и изменчивость в пространстве и во времени показателей физико-механических свойств материалов и грунтов, конструкций и сооружений, определяемых технологией строительства, несколько ниже, чем для природных грунтов оснований, но остается достаточно высокой (коэффициент вариации до 0,2 и более), что следует учитывать как важный фактор надежности и безопасности, в том числе и в рамках контроля качества строительных работ.

Авторский надзор за качеством выполнения СМР существенно снижает риск повреждений и разрушений строящихся объектов и является важнейшим фактором управления надежностью и безопасностью ГТС при строительстве.

Следует заметить, что не всегда должным образом при расчетном обосновании надежности и безопасности ГТС учитываются особые техногенные воздействия: взрывы при производстве работ, подрезка склонов и т. п. Такие нагрузки опасны своей непредсказуемостью, причем действуют они на непригруженные основания, конструкции и конструктивные элементы, которые еще не набрали проектной прочности, что нередко приводит к накоплению усталостных повреждений в сооружениях, необходимости проведения дополнительных работ по цементации и пр.

#### **4. Эксплуатационно-технологические факторы.**

Проблемой многих водохранилищ, особенно созданных в горных и предгорных районах, является процесс аккумуляции насосов (заиления), оказывающее заметное отрицательное влияние на различные аспекты эксплуатации ГТС. На некоторых водохранилищах заиление сопровождается и аккумуляцией в опасных объемах различных загрязнителей (химического, биологического, органического и другого происхождения).

**Основные факторы заиления водохранилищ.** Выделяются следующие основные негативные эффекты заиления водохранилищ, существенные как для верхнего, так и для нижнего бьефов:

- уменьшается полезная емкость, водохранилища с соответствующими убытками участников водохозяйственного комплекса;
- увеличиваются нагрузки на напорные ГТС и МО донных водосбросов;
- происходит распространение отложений насосов вверх по реке с последующим подъемом уровней воды в зоне выклинивания подпора с угрозами подтопления и затопления обжитых территорий при прохождении паводков;
- усиливается поступление токсических и других растворимых веществ из накопленных осадков в воду;
- происходит осветление потока, поступающего в нижний бьеф, приводящее к эрозии русла и берегов реки в нижнем бьефе и понижению уровней воды, что может неблагоприятно сказаться на социально-экологической обстановке;
- происходит засорение (может занесение аванкамер ГЭС) сороудерживающих решеток, что сказывается на выработке электроэнергии на гидроэлектростанциях;
- происходит аккумуляция наносов у плотины, приводящая к занесению донных водосбросов, прежде всего тех, которые часто не используются, при этом создается угроза безопасности плотины и нарушения ее нормальной эксплуатации;
- происходит интенсивное зарастание периферии водохранилища водной растительностью;
- ухудшаются условия для воспроизводства рыбных ресурсов в бьефах;

- возникает угроза загрязнения воды водохранилища сине-зелеными водорослями с последующим ухудшением ее качества и угрозой потери биологического разнообразия;

- снижается рекреационная ценность водоема.

В условиях регулирования стока процесс накопления веществ всегда преобладает над процессами перемещения и разложения. По мере старения водохранилища в его донных отложениях происходит аккумуляция больших масс органического материала, что становится одним из определяющих факторов влияния на трофический уровень водоема. Накоплению питательных веществ в донных отложениях глубоких водохранилищ способствует и термическая стратификация. Она приводит к образованию слоев эпилимниона и гипolimниона, между которыми почти полностью прекращается водообмен. Термическая стратификация оказывает значительное влияние на эволюцию биологических процессов и качества воды, приводя к росту биомассы водорослей в эпилимнионе и дефициту растворенного кислорода в гипolimнионе.

Все большую роль в развитии экосистем водохранилищ играет интенсификация антропогенной деятельности в бассейнах рек (промышленность, сельское хозяйство, рекреация, урбанизация, в том числе прямо и косвенно связанные с гидротехническим строительством), которая способствует увеличению поступлений в водоемы питательных веществ и ускорению процессов эвтрофикации водохранилищ, что часто вызывает быстрый переход водных экосистем через стадию равновесия. Особенно опасными являются поступление фосфора и азота, которые существенно влияют на увеличение продуктивности водоемов, вызывает рост биомассы, в частности, сине-зеленых водорослей. В результате может произойти ускоренная деградация водохранилища с упрощением биоценозов и развитием нежелательных эффектов, определяющих качество воды в водоеме (по дефициту растворенного кислорода, цвету, вкусу, запаху и др.).

Сезонная термическая стратификация развивается в водохранилищах со значительной глубиной в регионах с умеренным климатом. В полусухих регионах наряду с сезонной термической стратификацией может наблюдаться и не менее опасная для жизнедеятельности видов соляная стратификация.

**Влияние фильтрации на безопасность ГТС.** Одним из наиболее характерных последствий наполнения водохранилищ является фильтрация. Фильтрация оказывает как непосредственное силовое воздействие на гидросооружения, вызывая механическую и химическую суффозию грунтов, выщелачивание бетона, так и приводит к потерям воды из водохранилища, подъему уровня грунтовых вод и подтоплению в прилегающих к водохранилищу зонах.

В частности, частой причиной аварий на грунтовых плотинах признается механическая суффозия. По некоторым оценкам из-за механической суффозии произошло около 60% всех разрушений грунтовых гидросооружений, в том числе их пятая часть – после 50 лет эксплуатации. Отмечен случай разрушения



грунтовой плотины в результате суффозии спустя 116 лет службы (плотина Эмери в США).

Зафиксирован также ряд крупных аварий на бетонных плотинах, связанных с химической суффозией оснований.

Увеличение проницаемости пород, рост фильтрации и противодействия, является важными причинами аварий бетонных плотин на скальном основании (до 40% всех аварий и 57% аварий, связанных с основаниями). При этом чаще всего повреждались основания, сложенные метаморфическими и осадочными породами.

Избыточная фильтрация часто отражалась на выработке электроэнергии и водоснабжении и справедливо вызывала опасения за устойчивость сооружений. Ликвидация протечек требовала значительных затрат времени и ресурсов. В 4 из 10 случаев избыточная фильтрация стала причиной крушения крупных бетонных плотин.

С повышенным противодействием связывают около 24% случаев аварий на бетонных гидросооружениях. В начале эксплуатации плотин на рост противодействия существенное влияние оказывают дефекты противофильтрационных завес, спустя 20 – 30 лет службы плотин – выход из строя дренажных систем.

При наличии в основаниях и берегах растворимых пород, в особенности содержащих сульфиды и другие соли металлов (железа, марганца, алюминия, ртути, кадмия), существует опасность химического загрязнения фильтрующих вод, попадание загрязнителей в нижний бьеф и грунтовые воды. Химическое загрязнение грунтовых вод может иметь тяжелые социальные последствия, особенно в сельских районах, сказываясь на питьевом водоснабжении населения и сельскохозяйственном производстве.

Следует также учитывать характер взаимодействия фильтрующей воды, в частности, обладающей высокой жесткостью, с материалами конструкций ГТС. В качестве примера здесь можно привести события в нижнем бьефе плотины на реке Гриндстоун Крик (США), построенной из укатанного бетона. Смешение профильтровавшейся через бетон воды с водами реки вызвало бурное выпадение белого осадка и образование белых потоков по всей речной системе Рио Рекос вплоть до реки Рио Гранде. Несмотря на отсутствие токсичности в осадке, его наличие в реках вызвало панические настроения у населения, настороженность и опасения у многих специалистов.

Для предотвращения опасных последствий фильтрации особую роль играет работоспособность противофильтрационных и дренажных устройств. Дренажные устройства являются одними из наиболее часто используемых средств борьбы с подтоплением и заболачиванием территорий, и от качества их исполнения в значительной мере зависит решение проблем, связанных с фильтрацией из водохранилищ.

**Особые факторы воздействий на ГТС при их эксплуатации.** Среди особых эксплуатационных воздействий выделяются наполнение и аварийная (так называемая «быстрая») сработка водохранилища, представляющие

наиболее ответственные (критические) стадии в жизненном цикле ГТС. Так около 13% всех аварий на грунтовых плотинах произошли при указанных режимах. Аккумуляция наносов в водохранилище приводит к тому, что в некоторых случаях приходится осуществлять их удаление путем промывок, которые также связаны с особыми воздействиями на сооружение и окружающую среду.

При сбросе наносов на обтекаемых потоком поверхностях водосбросов быстрыми темпами развивается абразивная эрозия. Эрозии подвергаются как бетон, так и стальная облицовка затворных камер и закладные детали, в результате чего усиливается обходная фильтрация. Тяжелым абразивным повреждениям подвергаются водобойные колодцы и гасители энергии.

При сбросах нанососодержащего потока через гидроэлектростанцию возникают серьезные угрозы для гидросилового оборудования. В результате поступления наносов в турбинные камеры усиливается их износ и уменьшается выдаваемая мощность. Сильной абразивной эрозии подвергаются направляющий аппарат и лопасти турбин.

Промывки водохранилищ, работающих в каскаде, имеют свою уникальную специфику. Сброс наносов из вышележащего водохранилища неминуемо ведет к их накоплению в нижележащем.

Среди сооружений и объектов, выполняющих особые функции в составе гидроузлов, выделяются водосбросные сооружения и их МО. Водосбросные сооружения (водосбросы) относятся к гидросооружениям, обеспечивающим при выполнении заданных функций надежность и безопасность других гидротехнических объектов в верхнем и нижнем бьефах. В общем случае, с точки зрения обеспечения надежности и безопасности ГТС, других защищаемых объектов должна рассматриваться схема резервирования по пропуску избыточных расходов воды с учетом работоспособности всех водопропускных сооружений (гидроэлектростанций, водосбросов, водовыпусков, водоспусков). Возможность многофункционального применения и перераспределения функциональных заданий между различными структурными единицами водосбросного фронта может иметь не только экономические выгоды, но и способствовать повышению надежности и безопасности ГТС.

### **Особенности отказов водосбросных сооружений ГТС.**

Особенностью отказов водосбросных сооружений ГТС является возникновение угроз для других объектов, причем эти угрозы могут быть вызваны как неспособностью водосброса выполнять свои функции в результате различных нарушений работоспособности, повреждений разрушений конструкции, так и определенными обстоятельствами его использования. Среди последствий неисправностей, отказов и аварий на водосбросных сооружениях выделяются:

- неконтролируемые переливы воды через гребень подпорных сооружений;
- затопления и подтопления объектов в верхнем бьефе;

- местные размывы русла и подмывы гидросооружений, берегов и хозяйственных объектов в нижнем бьефе;

- непредусмотренные проектом гидродинамические нагрузки, с которыми могут быть связаны повреждения конструкций гидросооружений и объектов в районе гидроузла, разжижение грунтов и обрушение грунтовых откосов;

- завалы русла, образование бара и сопутствующее им подтопление гидросооружений со стороны нижнего бьефа;

- образование облаков водяной пыли, насыщение воздуха водой и нарушения в работе электротехнического оборудования, обводнение грунтовых откосов с потерей их устойчивости, обледенение территорий и объектов.

Специфическим вопросом анализа, оценки и обеспечения надежности и безопасности водосбросных сооружений является и учет надежности МО, устанавливаемого на них. Зафиксирован ряд крупных аварий, связанных с неисправностями и отказами МО (разрушением и заклиниванием затворов, выходом из строя подъемных механизмов), с катастрофическими последствиями для напорных сооружений ГТС и объектов в нижнем бьефе.

Среди непосредственных причин аварий на водосбросных сооружениях выделяются:

- несоответствие расчетной пропускной способности водосбросного сооружения параметрам максимального притока воды в водохранилище из-за недостоверности гидрологического прогноза, прорывов вышерасположенных плотин, оползней и обвалов в водохранилище и пр.;

- несоответствие действительной пропускной способности водосбросного сооружения расчетной из-за засорения отверстий, нарушений гидравлического режима и других неблагоприятных отличий режимов его работы от проектных;

- заклинивание затворов водосбросного сооружения и неисправность подъемных механизмов, в том числе и в результате отсутствия их электропитания;

- кавитационная эрозия материалов конструкций и конструктивных элементов водосбросного сооружения;

- абразивная эрозия материалов конструкций и конструктивных элементов водосбросного сооружения;

- гидродинамические нагрузки на конструкции водосбросного сооружения, превышающие расчетные, и связанные с ними резонансные и усталостные явления;

- эрозионное и силовое действие скоростного потока на концевых и отводящих участках водосбросов, размывы русел, разрушения креплений и основания в нижних бьефах;

- выветривание бетона водосбросных трактов в результате процессов замораживания / оттаивания и других факторов окружающей среды, коррозия закладных частей и т. п., ведущие к износу конструкций;

- неготовность водосбросного сооружения к использованию из-за невыполнения требуемых ремонтно-восстановительных и ремонтно-профилактических работ.

Особо опасные разрушения конструкций водосбросов наблюдаются при совместном воздействии нескольких из вышеперечисленных причин, либо когда повреждения, вызванные одной причиной, становятся источником возникновения другого опасного явления.

Характерным видом повреждения поверхностей высоконапорных водосбросов является кавитационная эрозия. Особенно увеличилось за последние десятилетия (примерно на 25%) число тяжелых кавитационных повреждений водосбросных трактов, что, прежде всего, связывают с ростом напоров на ГТС.

Кавитационная эрозия на водосбросах возможна в результате общей и местной кавитации. Общая кавитация наблюдается на входных оголовках поворотах, диффузорных участках, отдельных бычках и обычно определяется недостатками конструкции водосброса или же неблагоприятными отличиями режимов его работы от проектных. Местная кавитация чаще всего наблюдается в водобойных колодцах на гасителях энергии, в затворных камерах, водосбросных трактах и носках-трамплинах и приурочивается к тем или иным конструктивным (пазы затворов, переломы) и технологическим неровностям обтекаемой поверхности. Если возникновение общей кавитации чаще всего вызывается нарушениями проектных условий эксплуатации водосброса, то возникновение местной – дефектами проекта и производства работ.

С технологическими и конструктивными неровностями обтекаемых поверхностей связано около одной трети случаев возникновения кавитационной эрозии. При этом кавитационные повреждения составляют около 40% от общего числа тяжелых повреждений на водосбросах. Повреждения от кавитационной эрозии элементов камер затворов составляют четвертую часть от общего числа аварий. Опасность развития тяжелых последствий в данном случае составляет около 40%.

Достаточно часто (до 20% от общего числа случаев) подвергаются эрозии элементы гасящих устройств водосбросов, однако случаи опасных повреждений при этом сравнительно редки. Меньше подвержены эрозии входные оголовки, выходные порталы и сопряжения ниток водопропускных сооружений, но опасность развития тяжелых последствий в данном случае весьма высока (свыше 50%).

Кавитационная эрозия на современных водосбросах усугубляется и развивается существенно интенсивнее в случае, когда не обеспечена достаточная подача воздуха в кавитационно-опасные зоны аэраторами, выполняющими функцию защиты.

В зависимости от причин возникновения, кавитационную эрозию можно разделить на первичную и вторичную, где последняя обуславливается повреждениями, вызванными другими воздействиями на элементы

конструкции. Среди таких воздействий выделяются абразия и гидродинамические нагрузки.

Абразивная эрозия элементов конструкций водосбросов чаще всего встречается при их расположении на низких отметках. Она зафиксирована в донных трубчатых и туннельных водосбросах, на водосливных плотинах с низким флютбетом и в пределах концевых устройств. Концевые устройства обычно подвергаются воздействию абразивной эрозии при несимметричных режимах работы водосброса, способствующих поступлению с нижнего бьефа продуктов размыва несвязных грунтов и разрушения скалы.

В зависимости от причин возникновения, абразивную эрозию также можно разделить на первичную (насосы, поступающие из верхнего бьефа, строительный мусор) и вторичную (продукты разрушения элементов конструкции водосброса и размывов в нижнем бьефе).

Опасные гидротехнические нагрузки (осредненные и пульсационные) возникают преимущественно там, где течение сопровождается отрывом потока от стенок водовода с образованием замкнутых водоворотов областей высокой турбулентности и при различного рода переходных режимах. Причины их возникновения могут быть самые разные. Среди первичных причин выделяются ошибки в проекте, обуславливаемые несовершенством знаний о каком-либо виде нагрузки, и эксплуатация сооружения по схеме, не предусмотренной проектом. Среди вторичных причин – возникновение повреждений, вызванных кавитационной и абразивной эрозией, и вибрации других гидросооружений и оборудования.

Опасные разрушения и размывы скальных пород в нижнем бьефе наблюдаются, как правило, при сопряжении бьефов отбросом струи. При донном сопряжении бьефов значительные местные размывы отводящего русла возможны в тех случаях, когда не происходит достаточного гашения кинетической энергии потока в пределах водобоя и рисбермы, или же (вторичные нарушения) при разрушении водобоя (рисбермы) в результате других воздействий. Так 10% аварий бетонных сооружений связывают с размывом пород основания поверхностным потоком и подмывом сооружений.

**Характерной особенностью ГТС являются разные сроки службы отдельных элементов и подсистем. При современном уровне проектирования, строительства и эксплуатации длительность надежной и безопасной службы основных сооружений ГТС (плотин, зданий ГЭС и т. п.) может быть практически неограниченной, если решаются проблемы надежного контроля за состоянием объекта, профилактики, ремонта и реконструкции.** Для относительно тонкостенных гидротехнических конструкций, отдельных конструктивных элементов гидросооружений (дренажных и противодиффузионных устройств, креплений, облицовок и т. п.) оборудования, устанавливаемого на ГТС, всегда существует предел износа, связанный с потерей прочности, устойчивости, вибрационной стойкости и других полезных свойств во времени, который может быть достигнут значительно раньше истечения срока службы гидроузла либо плотины в целом,

но и здесь после соответствующих ремонтно-восстановительных работ, вплоть до замены поврежденного либо разрушенного элемента, возможно полное восстановление эксплуатационных свойств объекта.

В этой связи, особую роль в обеспечении эксплуатационной надежности и безопасности гидротехнических объектов играет: характер возможных эксплуатационных отказов и аварий на ГТС; резервы времени на предотвращение аварий и динамика протекания аварийных процессов на объекте; вероятные объемы ремонтных и восстановительных работ; резервы времени на ремонт и восстановление; обеспеченность объекта материально-техническими и социальными ресурсами, которые необходимы для проведения профилактических и ремонтно-восстановительных работ.

Среди других эксплуатационно-технологических факторов, которые в значительной мере могут определять надежность и безопасность ГТС, следует также выделить опасности нарушения электроснабжения, отказа средств связи, ошибки прогноза воздействия объекта на окружающую среду и т. п.

### **5. Изменение природных факторов под влиянием гидротехнического строительства.**

Возведение крупных плотин и появление водохранилищ можно выделить в особый вид техногенного воздействия на природу, как на региональном уровне, так и в глобальном масштабе. Наполнение и эксплуатация крупного водохранилища приводят к существенным изменениям в ходе естественных процессов, в проявлении природных нагрузок и воздействий. При этом происходит как прямое воздействие гидротехнического строительства на окружающую природу, так и косвенное воздействие, связанное с расширением на базе ГТС других видов антропогенного вмешательства.

**Основные изменения природных факторов.** Среди основных эффектов изменения природных факторов под влиянием гидротехнического строительства, учет которых необходим при оценке надежности и безопасности ГТС, выделяются:

- изменение гидрологического режима реки;
- проявление так называемой «наведенной» сейсмичности;
- активизация обвально-оползневых явлений;
- инженерно-геологические и гидрогеологические изменения;
- активизация карстообразования;
- трансформация русел;
- изменение ледотермического режима реки;
- климатические изменения и др.

Первым следствием, вызываемым возведением плотины и появлением водохранилища, является изменение гидрологического режима реки – межсезонное перераспределение стока воды и задержка наносов в водохранилище, что приводит к изменению режимов течения воды, транспорта наносов, уровней воды, температур, химического состава воды. В исключительных случаях создание водохранилища может оказать прямое

воздействие на климатические условия по всей водосборной площади и вызвать изменение нормы стока воды.

Существенный вклад в изменение гидрологического режима реки, прежде всего по годовому стоку реки, расходам воды и наносов, может внести расширение на водосборе после строительства ГТС различного рода агролесомелиораций: сельскохозяйственного производства, вырубки либо посадки лесов, осушения болот, ирригации. При этом следует учитывать не только возможность существенного увеличения поступлений наносов в водохранилище с территории водосбора, но и резкое ухудшение их «качества» за счет различного рода загрязнителей, гидрохимические процессы.

Результаты обследований отдельных длительно эксплуатируемых крупных гидроэлектростанций свидетельствуют о том, что наряду со «старением» сооружений в процессе их эксплуатации наблюдается развитие специфических негативных геодинамических процессов в районах их расположения (Табл. № 4.2), которые в совокупности приводят к неудовлетворительному, а в отдельных случаях к аварийному состоянию объектов.

**Геодинамические процессы, наиболее часто проявляющиеся на участках высоких плотин и влияющие на их безопасность**

Таблица № 4.2

Ведущий процесс	Форма проявления	Виды опасности для высоких плотин
<i><b>Природные геодинамические процессы</b></i>		
Тектоническое деформирование земной коры	Региональные и локальные тектонические деформации. Современное движение земной поверхности. Дифференцированные подвижки по разломам, обрушения, обвалы, оползни. Изменение напряженно-деформированного состояния массивов. Землетрясения.	Деформации оснований сооружений, изменение «проектных» параметров геологической среды, динамические воздействия на сооружение
Флюидодинамические процессы	Гидротехнические деформации горных пород в зонах проницаемых разломов. Современные суперинтенсивные деформации земной поверхности	Образование контрастных зон повышенной деформируемости и проницаемости
Гравитационные процессы	Обвалы, оползни, просадки	Деформации дневной поверхности, повреждение сооружений и коммуникаций
Геодинамические и карстово-суффозионные процессы	Размывы, образование пустот, карст, суффозия, заиливание	Изменения инженерно-геологических и гидротехнических условий

Криогенные процессы	Оттаивание, термокарст, пучение	Деформации оснований сооружений и элементов сооружений на контакте с основанием
<b>Ведущий процесс</b>	<b>Форма проявления</b>	<b>Виды опасности для высоких плотин</b>
<i><b>Техногенные и техногенно-индуцированные процессы</b></i>		
«Разгрузка» массива в ходе строительных работ	Разуплотнение массива, раскрытия трещин	Изменения физико-механических свойств массива
«Пригрузка» массива сооружением	Обжатие массива, закрытие трещин	Деформации дневной поверхности
Деформационные и фильтрационные процессы, связанные с созданием и эксплуатацией водохранилища	Деформации (прогибы и положительные деформации) верхних частей земной коры Разуплотнение массива в результате гидростатического взвешивания, гидродинамические и суффозионные явления	Изменение физико-механических свойств основания, повышение водопроницаемости массива, деформации поверхностных и внутренних частей массива
Деформационные процессы, обусловленные изменением передаваемых на массив нагрузок при эксплуатации сооружений	Переменные во времени деформации массива, развитие зон повышенной трещиноватости и «перенапряженных» участков	Изменение свойств и состояния оснований примыканий высоких плотин

Среди опасных проявлений геодинамических процессов выделяются техногенные (так называемые «наведенные») землетрясения. Как правило, эти землетрясения характеризуются большой повторяемостью, обуславливая регулярные сейсмические воздействия на гидросооружения. В результате происходит накопление деформаций сооружений во времени и снижение прочностных характеристик материалов конструкций. До настоящего времени в расчетах гидроузлов на сейсмостойкость возможность таких многократных сейсмических событий, уровень которых ниже расчетных землетрясений, должным образом не учитывалась.

Проявлению «наведенной» сейсмичности способствуют два основных типа изменений в механическом равновесии литосферы, связанные с воздействием водохранилища:

- водохранилище действует на литосферу своим собственным весом: этот эффект может рассматриваться как чувствительный при объеме водохранилища более 100 млн. м<sup>3</sup>, и при условии относительной концентрации



массы, изменения могут распространяться на глубину до нескольких километров;

- воздействие водохранилища приводит к перераспределению внутреннего давления и нарушениям сплошности в массивах; рост внутреннего давления может быть связан как с прямым воздействием перегрузки от водных масс, так и с ухудшением условий дренирования (непрямое воздействие); изменения, в зависимости от гидрогеологических условий, могут распространяться на глубину до нескольких километров и более.

Сопоставление графиков колебаний уровней воды в различных водохранилищах, эксплуатируемых как в сейсмически активных районах, так и в спокойных, с точки зрения землетрясений, тектонического или вулканического происхождения, с графиками сейсмических ускорений, указывает на наличие корреляционной связи между высокими уровнями воды в водохранилищах и активизацией «наведенной» сейсмичности.

**Активизация обвально-оползневых процессов.** Активизация обвально-оползневых процессов возможна на стадиях строительства, первого наполнения водохранилища, последующих сработок и наполнений. На стадии строительства она обуславливается подрезкой склонов при ведении дорожно-строительных работ, использованием буровзрывных технологий. Оползни, происходящие во время строительства, не только оказывают влияние на планы и график строительства, но и потенциально ухудшают условия функционирования сооружений в процессе дальнейшей эксплуатации. Чтобы предотвратить «наведенную» оползневую опасность нужно, прежде всего, ее оценить, затем - разработать превентивные меры. Следует иметь ввиду, что затраты на исследования и стабилизационные меры в любом случае будут меньшими, чем возможны затраты на ликвидацию последствий активизации оползня либо обвальных процессов.

Среди основных причин активизации оползневых подвижек на берегах водохранилищ выделяются следующие:

- развитие взвешивающего давления в нижней части оползневого тела, погруженного в воду, которая взаимодействует с остальной (пассивной) частью оползня;
- развитие внутреннего порового давления при быстрой сработке уровня воды в водохранилище;
- подъем уровней грунтовых вод и рост порового давления внутри массива при его обводнении;
- волновая эрозия, разрушение береговой части оползневого тела и, как следствие, уменьшение прочности этой части на сдвиг.

Взвешивание и разуплотнение приповерхностных частей береговых массивов и перестройка гидрогеологических условий вызывают интенсификацию фильтрационно-суффозионных процессов, развитие обвально-оползневых участков.

«Спусковым крючком» для оползня может служить и насыщение пород водой вследствие выпадения осадков, а также водяной пыли, образующейся при работе водосбросов.

Движущиеся массы грунтов, снега и льда, поступая в водохранилища, генерируют так называемые импульсные или же «обвальные» волны, которые могут воздействовать как на берега, так и на плотину. Обрушаясь на берега, эти волны могут вызывать вторичные оползни. Воздействие таких волн на плотину может, как уже отмечалось, привести к разрушению плотины и наводнению в нижнем бьефе.

Среди инженерно-геологических и гидрологических изменений, наряду с вышеперечисленными «наведенной» сейсмичностью и активизацией обвально-оползневых явлений, следует выделить отступление зоны многолетней мерзлоты с непредсказуемыми последствиями для надежности и безопасности гидросооружений (для северной строительно-климатической зоны), выщелачивание и растворение горных пород, содержащих растворимые соли, снижение проницаемости пород и ухудшение условий дренирования нагруженных слоев, раскрытие трещин и др.

Создание водохранилищ в районах распространения карста часто приводит к активизации карстообразования и увеличению расходов карстовых источников. В некоторых случаях утечки в карстовые полости создают трудности для наполнения водохранилища. Вопросы появляются и в тех случаях, когда расходы карстовых вод уменьшаются. Это может означать, что при наполнении верхнего бьефа возникает гидрогеологическая связь через карст с соседними бассейнами, что существенно может усложнить борьбу с утечками из водохранилища.

**Изменение руслового и уровненного режимов рек.** Ряд проблем неблагоприятного плана при эксплуатации ГТС связываются с трансформацией русла в нижнем бьефе – изменением руслового и уровненного режимов реки против бытового на участках значительной протяженности от створа гидросооружений, которое выражается в понижении уровней воды в зонах преобладания размывов в процессе русловых деформаций и повышении уровней воды в зонах преобладания отложения продуктов размыва. Как правило, существенное изменение режимов уровней происходит в относительно короткий срок, однако в ряде случаев, в частности при русловых карьерных разработках в нижнем бьефе, процессы трансформации русла могут усиливаться и продолжаться десятки лет.

Трансформация русла может вызвать серьезные экологические изменения в нижнем бьефе, среди которых:

- отмирание вторичных рукавов, уменьшение извилистости русла. С одной стороны, это способствует повышению устойчивости русла, с другой – ведет к упрощению и деградации экосистем и ландшафта;
- «падение» уровней воды наряду с фактором регулирования стока сказывается на сокращении поступлений илистых частиц на пойму при

паводках и половодьях, что приводит к уменьшению плодородия и засуходоливанию поймы.

**Угрозы в социально-экологической сфере.** Весьма серьезные угрозы реализуются и в социально-экономической сфере, включая снижение надежности и безопасности гидросооружений и других объектов водохозяйственного комплекса. Среди последних выделяются:

- ухудшение условий работы водозаборов, как следствие понижения уровней, так и из-за отложения наносов;

- подмыв опор мостовых и других переходов через реки;

- на участках отложения продуктов размыва происходит уменьшение глубин, повышение уровней воды и подтопления поймы, вынос песка на пойму. При этом часто снижается устойчивость русла, усиливается эрозия и возникает угроза потери земельных ресурсов, строений, жилых объектов;

- ухудшение условий судоходства из-за отложения наносов. Требуется дноуглубительные работы, которые в дальнейшем могут неблагоприятно сказываться на состоянии русла;

- ухудшение условий судоходства на скальных участках дна и на порогах шлюзов из-за уменьшения глубин. При этом возникает необходимость реконструкции причальных и судопропускных сооружений;

- при падении уровня воды в нижнем бьефе, возможно, некоторое увеличение выработки электроэнергии на гидроэлектростанции, однако при этом усиливается кавитационный износ турбин, ухудшаются условия сопряжения бьефов, происходит усиленное разрушение обнажившихся конструкций ГТС, выполненных из неморозостойкого бетона.

При эксплуатации гидроузлов с крупными водохранилищами (годового и многолетнего регулирования) нередки и климатические изменения, в том числе и неблагоприятные. После установления ледостава на реке в нижнем бьефе ГТС в течение всего зимнего периода может наблюдаться полынья значительной длины (до 100 км и более). Открытие водной поверхности реки в зимний период становятся «фабриками» шуги и тумана. Шуга при остановке может образовать зажор, что обуславливает подъем уровня воды и заполнение прилегающей территории с весьма тяжелыми социальными последствиями зимних затоплений. К отрицательным последствиям социально-экологического и технико-экономического плана приводит и туман, вызывающий обледенение окружающей территории, сооружений линий электропередач на расстояниях в десятки километров.

## **Приложение № 5**

### **ВЕДОМОСТЬ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ГИДРОУЗЛА С ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНОЙ**

Таблица № 5.1

№ п/п	Наименования критериев безопасности	Ед. изм.	Значения критериев безопасности для разных состояний ГТС			
			нормальное	потен- циально опасное	предела- рийное	Аварийное
1.	Уровни воды верхнего бьефа	М	393.0	394.0	угроза перелива	начало перелива
2.	Уровни воды в пьезометрах при оценке устойчивости откосов для створов на ПК 8+00 (ПК 22+00)					
	П <sub>2</sub>	м	387.51 (327.74)	388.23 (378.23)	388.95 (378.72)	Выход воды на поверх- ность откосов с высокой мутностью
	П <sub>3</sub>	м	384.98 (361.43)	386.13 (361.62)	387.28 (361.81)	
	П <sub>4</sub>	м	384.65 (361.43)	385.82 (361.02)	386.99 (361.22)	
	П <sub>5</sub>	м	- (360.98)	- (361.36)	- (361.74)	
3.	Горизонтальные смещения гребня.	см	≤5	8	10	Образо- вание продольных трещин
4.	Сейсмическое воздействие	балл	≤6	7	8	≥9
5.	Уровни воды в пьезометрах при оценке фильтрационной прочности грунтов для створов на ПК 8+00 (ПК 22+00)					
	П <sub>2</sub>	м	386.07 (376.76)	385.35 (376.27)	384.63 (375.78)	Выход воды на поверх- ность откосов с высокой мутностью
	П <sub>3</sub>	м	382.68 (361.05)	381.53 (360.86)	380.38 (360.67)	
	П <sub>4</sub>	м	382.31 (360.42)	381.14 (360.22)	379.97 (360.02)	
	П <sub>5</sub>	м	- (360.22)	- (359.84)	- (359.46)	
		м				
6.	Градиенты напора фильтрационного потока в ядре и в основании	- -	2.0 1.5	4.0 2.0	6.0 2.5	≥8 ≥4
7.	Контролируемые расходы фильтрации	м <sup>3</sup> /с	0.030	0.035	0.040	0.045
8.	Скорость снижения уровня воды в верхнем бьефе	м/с ут	1.0	1.5	2.0	не котнроли- руемое
9.	Локальные просадки на	см	50	70	80	>100

	гребне, откосах деформации крепления верхового откоса					
10.	Намокание откосов и бортов, образование родников. Выходы мутной воды.	-	Намокание откосов	Родники с чистой водой	Родники с мутной водой	Бурное течение воды высокой мутностью
11.	Трещины в бетоне трубы и затворной камеры	мм	$\leq 1$	3	5	Полное разрушение
12.	Приток воды в водохранилище	м <sup>3</sup> /с	$\leq 710$	715	969	1355
13.	Сброс воды в нижний бьеф	м <sup>3</sup> /с	$\leq 850$	870	900	>900
14.	Скорости воды в камере затворов	м/с	$\leq 17$	20	25	>40
15.	Отложение наносов перед водоприемниками	М	371.17	374.0	Угроза завала	Завал водоприемника
16.	Скорости ветра по флюгеру	м/с	20	28	30	Разрушение крепления откоса, угроза перелива воды
17.	Осадка гребня плотины ниже расчетной	см	5.0	20.0	40.0	50.0
18.	Осадка секций трубы под плотиной (относительные вертикальные смещения на стыке 2-секции)	мм	10	20	40	>50
19.	Раскрытие деформационных швов	мм	2	3	4	-
20.	Напряжения в бетоне и арматуре трубы $R_{bi}/R_s$	кг/с м <sup>2</sup>	15.0/350 0	16.0/375 0	18.0/390 0	20.0/400 0
21.	Отказы в работе механического оборудования	-	вибрация	резкие удары	трещины в металле	потеря работоспособности
22.	Прекращение подачи электроэнергии в период прохождения максимальных расходов	час	1.0	2.0	3.0	>30

## Приложение № 5.1

### ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

**Для оценки состояния эксплуатируемого ГТС необходимо контролировать следующие количественные показатели:**

- максимальные расходы воды в створе ГТС и гидрографы их стока;
- уровни воды в верхнем и нижнем бьефах;
- пропускную способность водопропускных сооружений, ГЭС, насосных станций, каналов и русел рек по длине контролируемой зон;
- заиление чаши водохранилищ и верхних бьефов гидроузлов, отметки отложения наносов перед водоприемниками сооружений. Давление наносов на конструкции ГТС;
- скорость подъема и снижения уровней воды в верхнем бьефе гидроузлов;
- отказы в работе МО, средств АСУ и энергоснабжения;
- гидростатическое давление со стороны верхнего и нижнего бьефов, взвешивающее и фильтрационное давления, напоры воды при напорном режиме движения воды в трубах;
- испарение с водной поверхности, скорость ветра и высота волн;
- значения физико-механических, деформационных и фильтрационных характеристик грунтов тела и основания ГТС;
- параметры сейсмических колебаний оснований и динамической реакции сооружений, (акселерограммы, перемещения, скорости, ускорения, продолжительность воздействия);
- вертикальные и горизонтальные перемещения и деформации сооружений, их оснований в пределах активной и приконтактной зон. Осадка от разжижения грунтов при воздействии сейсма;
- температура бетона ГТС, напряжения в бетоне, арматуре, модуль деформации бетона;
- взаимные смещения по межсекционным швам бетонных сооружений;
- раскрытие трещин, межблочных швов в бетонных сооружениях;
- углы поворота контролируемых сечений бетонных сооружений;
- фильтрационный расход воды (суммарный и по отдельным участкам сооружений и их оснований), поступающий в дренажные устройства и подземные выработки или выходящий на дневную поверхность;
- отметки депрессионных поверхностей фильтрационного потока в теле грунтовых сооружений и береговых примыканиях;
- пьезометрические напоры и их градиенты в теле грунтовых сооружений, оснований и береговых примыканиях;
- поровое давление и интенсивность его рассеивания в основаниях и водоупорных элементах плотин из грунтовых материалов;
- температура окружающей среды (вода, воздух), температура тела ГТС и грунтов основания;
- скорость потока воды в пределах ГТС (разрушение бетона, параметры пульсации и кавитации) размывы в нижних бьефах;

- местная фильтрационная прочность грунтов;
- давление гидравлического удара и величину вакуума в трубах ГЭС и НС;

Визуальному контролю подлежат следующие качественные показатели состояния эксплуатируемых ГТС:

- наличие и развитие просадок или пучения грунта на гребне, берме и откосах;
- локальные оползни откосов и береговых склонов;
- повреждения волнозащитных креплений откосов плотин, наличие локальных просадок и пучений;
- наличие полостей и каверн в основании и теле сооружений;
- наличие и развитие трещин на гранях сооружений, в зонах сопряжений элементов сооружений и оснований с различными механическими и фильтрационными свойствами, а также в подземных выработках;
- протечки воды в потернах сооружений, следы выщелачивания бетона;
- засорение, зарастание дренажных устройств;
- высачивание воды, намокание откосов и склонов;
- мутность профильтровавшейся воды, ее химический состав;
- переработка берегов с угрозой прорыва напорного фронта.

### Водоподпорные ГТС из грунтовых материалов (глухие)

Таблица № 5.2

№ п/п	Комплекс расчетов	Нагрузки	Контролируемые Показатели
1.	По оценке несущей способности ГТС	<p>Собственный вес грунта тела и основания ГТС</p> <p>Силовое воздействие фильтрующейся воды</p> <p>Давление незавершенной консолидации</p> <p>Сейсмические воздействия</p> <p>Воздействия неустойчивых масс грунта</p>	<p>Физико-механические показатели грунтов и строительных материалов</p> <p>Уровни воды в верхнем и нижнем бьефах и соответствующие им отметки поверхности кривой депрессии</p> <p>Избыточное поровое давление в теле и основании ГТС</p> <p>Смещения, ускорения, периоды колебаний, параметры динамической реакции ГТС</p> <p>Смещения локальных масс грунта на откосах и бортах</p>

2	По обеспечению фильтративной прочности грунтов	<p>Силовое воздействие фильтрующей воды и его изменения при разных скоростях наполнения и снижения УВБ</p> <p>Воздействие суффозионных явлений.</p>	<p>Пьезометрические напоры, градиенты напора при разных УВБ, скорости подъема и снижения УВБ. Фильтрационные расходы воды на разных участках ГТС.</p> <p>Локальные просадки грунта на гребне, бермах и бортах. Протечки в потернах, следы выщелачивания бетона. Засорение и зарастание дренажных устройств. Мутность профильтровавшейся воды, ее химический состав.</p>
3.	По обеспечению пропуска воды через ГТС	<p>Деформации, вызванные уплотнением грунтов под действием собственного веса и сейсмических воздействий</p> <p>Силовое воздействие волн.</p>	<p>Осадка ГТС от разжижения грунтов при сейсме. Осадки тела и основания ГТС в процессе их возведения и последующей эксплуатации.</p> <p>Высота волн от ветра, сейсма и обрушения неустойчивых масс грунта (обвалов). Разрушение креплений верхового откоса.</p>

### Водоподпорные ГТС, бетонные (глухие)

Таблица № 5.3

№ п/п	Комплекс расчетов	Нагрузки	Контролируемые Показатели
----------	----------------------	----------	------------------------------



1.	По оценке несущей способности ГТС	<p>Собственный вес ГТС и грунта основания</p> <p>Давление воды на поверхности ГТС</p> <p>Объемные силы фильтрации</p> <p>Давления, от ветровых волн</p> <p>Давления отложившихся наносов</p> <p>Температурно-влажностные воздействия</p> <p>Сейсмические воздействия</p>	<p>Физико-механические показатели грунтов и строительных материалов и грунтов основания</p> <p>Эпюры давления воды при НПУ, ФПУ, наклоны, углы поворота сечений, вертикальные и горизонтальные перемещения</p> <p>Взвешивающее и фильтрационное давления, в том числе выход из строя дренажных и противofiltrационных устройств</p> <p>Высота волн, эпюры давления</p> <p>Отметки отложений <math>\gamma</math>, <math>\text{tg}\varphi</math> и <math>C</math> наносов</p> <p>Температура окружающей среды (воды, воздуха), напряжения в бетоне и арматуре, раскрытие швов и трещин</p> <p>Смещения, ускорения, периоды колебаний, параметры динамической реакции ГТС</p>
2.	По обеспечению фильтрационной прочности грунтов	<p>Силовое воздействие фильтрующейся воды</p> <p>Воздействие суффозионных явлений</p>	<p>Пьезометрические напоры, градиенты напора и расходы фильтрации на разных участках ГТС</p> <p>Протечки воды в потернах, следы выщелачивания бетона, высачивание воды на поверхность бетона, намокание склонов. Засорение дренажных устройств. Мутность профильтровавшейся воды, ее химический состав</p>
3.	Обеспечению пропуска воды через ГТС	<p>Состояние ГТС в период прохождения паводков</p> <p>Воздействия волн</p>	<p>Величины максимальных расходов и гидрографы стока воды, режим уровней НПУ, МПУ, РПУ</p> <p>Высота волн от ветра, сейсма, возникновение волн при обвалах масс грунта в водохранилища, русла каналов</p>

### Бетонные водосбросные (воспринимающие напор воды)

Таблица № 5.4

№ п/п	Комплекс расчетов	Нагрузки	Контролируемые Показатели
1.	По оценке несущей способности ГТС	Собственный вес ГТС и грунта основания  Давление воды на поверхности ГТС  Объемные силы фильтрации  Давления наносов  Давления от волн	Физико-механические строительных материалов и грунтов основания  Эпюры давления воды при НПУ, МПУ, наклоны, углы поворота сечений, вертикаль- ные и горизонтальные перемещения  Взвешивающее и фильтрационное давление, в том числе выход из строя дренажных и противофильтрационных устройств  Отметки отложений $\gamma$ , $\text{tg}\varphi$ и $C$ наносов  Высота волн, эпюры давления
2.		Температурно- влажностное воздействие  Сейсмические воздействия	Температура окружающей среды (воды, воздуха), напряжения в бетоне и арматуре, раскрытие швов и трещин  Смещения, ускорения, периоды колебаний, параметры динамической реакции ГТС
	Обеспечению фильтрационной прочности грунтов	Силовое воздействие фильтрующейся воды  Воздействие суффозионных явлений	Пьезометрические напоры, градиенты напора и расходы фильтрации на разных участках ГТС  Протечки воды в потернах, следы выщелачивания бетона, высачивание воды на поверхность бетона, намокание склонов. Засорение дренажных устройств. Мутность профильтровавшейся воды, ее химический состав.

3.	По обеспечению пропуска воды через ГТС	<p>Состояние ГТС в период прохождения паводков</p> <p>Отложения наносов, снижение объемов трансформации</p> <p>Работоспособность оборудования и средств управления</p>	<p>Максимальных расходы воды, гидрографы стока, отметки уровней НПУ, МПУ, РПУ. Пропускная способность водосбросов, скорости течения воды. Разрушения бетона под действием пульсации и кавитации. Размывы основания в нижнем бьефе.</p> <p>Изменения максимальных расчетных расходов за счет заиливания чаши водохранилищ и пропускной способности при отложении наносов перед водоприемниками</p> <p>Отказ в работе механического оборудования, средств АСУ, энергоснабжении</p>
----	----------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Водопроводящие ГТС (трубы, каналы, туннели)

Таблица № 5.5

№ п/п	Комплекс расчетов	Нагрузки	Контролируемые Показатели
1.	По оценке несущей способности ГТС	<p>Собственный вес ГТС и грунта основания</p> <p>Боковое и горное давления грунтов</p> <p>Давление воды на поверхности ГТС</p>	<p>Физико-механические свойства строительных материалов. Вес оборудования.</p> <p>Физико-механические свойства грунтов, коэффициент крепости, коэффициент упругого отпора</p> <p>Эпюры давления воды при расчетных горизонтах (нормальном, минимальном, форсированным)</p>
		<p>Объемные силы фильтрации</p> <p>Температурно-влажностные воздействия</p> <p>Скорости снижения уровней воды</p> <p>Сейсмические воздействия</p>	<p>Эпюры фильтрационных и взвешивающих сил</p> <p>Температура ГТС, напряжения в бетоне и арматуре, раскрытие швов и трещин в бетоне</p> <p>Величины деформаций плит крепления откосов</p> <p>Смещения, ускорения, периоды колебаний ГТС</p>

2.	Фильтрационной прочности грунтов	Силовое воздействие фильтрации и явлений суффозии.	Величины пьезометрических напоров, градиенты напора, потери воды на фильтрацию. Намокание откосов, выклинивание воды на поверхность, мутность воды.
3.	По обеспечению пропуска воды через ГТС	<p>Состояние ГТС в период прохождения паводков</p> <p>Отложения наносов перед водоприемниками и угроза их завала, деформация русел каналов</p> <p>Боковая приточность и изменчивость режима работы канала</p> <p>Работоспособность оборудования и средств управления</p>	<p>Отметки поверхности воды (напоров) при пропуске максимальных расходов. Пропускная способность ГТС, скорости течения воды в сжатых сечениях, на водобое. Разрушения бетона и размывы основания в нижнем бьефе.</p> <p>Отметки отложений наносов перед водоприемниками. Физико-механические характеристики наносов и оценка устойчивости откосов отложений.</p> <p>Отложения наносов в каналах, изменение их пропускной способности, отметки кривой свободной поверхности воды и оценка возможности переполнения каналов.</p> <p>Расход воды боковых притоков, неустановившиеся режимы течения воды в каналах. Высота волн неустановившегося движения воды.</p> <p>Отказ в работе механического оборудования, средств АСУ, энергоснабжении</p>

### Специальные ГТС (ГЭС и НС со зданиями, не воспринимающими напор)

Таблица № 5.6

№ п/п	Комплекс расчетов	Нагрузки	Контролируемые Показатели
-------	-------------------	----------	---------------------------

1.	По оценке несущей способности ГТС	<p>Собственный вес ГТС и оборудования</p> <p>Воздействия фильтрации на участке НСУ</p> <p>Температурно-влажностное воздействие</p> <p>Действие подвижной нагрузки</p> <p>Воздействия напорного режима на трубопроводы</p> <p>Сейсмические воздействия</p>	<p>Физико-механические показатели строительных материалов. Вес оборудования.</p> <p>Отметки поверхности кривой депрессии, пьезометрические напоры, градиенты напора</p> <p>Напряжения в бетоне и арматуре, раскрытие межсекционных швов, трещин. Взаимные смещения по швам.</p> <p>Прогибы конструкций в пролетах</p> <p>Напор воды, давления при гидравлических ударах, высота всасывания (<math>H_{\text{вакуума}}</math>)</p> <p>Смещения, ускорения, периоды колебаний</p>
2.	По обеспечению фильтрационной	Силовые воздействия фильтрации	<p>Пьезометрические напоры, градиенты напора, расходы фильтрации.</p> <p>Намокание откосов высачивание воды на поверхность, мутность воды.</p>
3.	По обеспечению пропуска воды через ГТС	<p>Заиливание аванкамер и забивка решеток мусором</p> <p>Воздействия неустановившегося движения воды</p> <p>Деформации ГТС</p> <p>Работоспособность механического оборудования</p>	<p>Снижение пропускной способности, увеличение расхода электроэнергии на НС и снижение выработки ГЭС</p> <p>Высота волн неустановившегося движения, оценка возможности перелива воды через гребень дамб</p> <p>Отметки гребня дамб, оценка возможности перелива воды через гребень</p> <p>Отказ в работе механического оборудования, средств АСУ, энергоснабжения</p>

## Приложение №6

### К ГЛАВА V. ОТДЕЛЬНЫЕ СОБЫТИЯ (ОТКАЗОВ), РАЗРУШЕНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

## **1. Методы определения вероятности наступления отдельных событий (отказов) на гидротехнических сооружениях.**

1.1. Для определения уровня риска аварии необходимо знать вероятность наступления каждого отдельного события (отказа), входящего в сценарии развития аварийных ситуаций на ГТС для всего «древо событий» в целом. Ежегодная, вероятность превышения максимальных расчетных расходов воды и скорости ветра задаются нормами (СНиП) в зависимости от класса ГТС. Уровни воды в верхнем и нижнем бьефах определяются условиями пропуска максимальных расходов воды через ГТС. Ежегодная вероятность их появления определяется вероятностью появления соответствующего максимального расхода. Методики построения кривых обеспеченности этих показателей изложены в [34,35]. По этим кривым можно определять вероятность превышения любых промежуточных расходов и уровней воды в верхнем и нижнем бьефах.

1.2. Вероятностные характеристики сейсмических воздействий могут быть определены, исходя из следующих условий. Территория района строительства ГТС в радиусе 200 км разбивается на элементарные участки одинакового размера 10x10 км. Для каждого элементарного участка поверхности по глубине сейсмогенерирующего слоя, используя данные инструментальной регистрации сильных движений грунта, устанавливают следующие сейсмические характеристики:

- значения потенциально опасных магнитуд землетрясений;
- параметры колебаний грунта при землетрясениях с различными магнитудами;
- повторяемость (число землетрясений в течение одного года с различными магнитудами);
- функции изменения амплитуды колебания грунта в диапазоне расстояний 0-200 км.

Исходная информация о возможных сейсмических воздействиях собирается за период, соответствующий сроку службы сооружения. Для практических целей обычно достаточно учитывать землетрясения с магнитудой  $M=3$  и выше.

Перечисленные выше данные позволяют сделать необходимые вычисления и построить график годовой вероятности не превышения максимальных ускорений колебания грунта для участка расположения ГТС повторяемостью один раз в 100-10.000 лет, а также синтезировать акселерограммы землетрясений. Методика таких вычислений приведена в ниже. Выполнение расчетов по определению вероятностных характеристик сейсмических воздействий целесообразно поручать специализированным организациям, имеющим в своем распоряжении данные сейсмометрических наблюдений.

1.3. Для большинства событий, участвующих в оценке уровня риска аварии ГТС, вероятность их наступления не регламентирована нормами,

поэтому они нуждаются в том, чтобы для них были установлены вид функций и законы их распределения. Всякое теоретическое распределение характеризуется величиной своих основных параметров: математическим ожиданием –  $\bar{x}$  (центр группировки, среднее значение), дисперсией –  $S^2$  (величина рассеивания,  $S$ -среднее квадратичное отклонение), асимметрией –  $A$  и эксцессом –  $E$ .

Если  $A=0$  кривая симметричная  $A>0$  асимметрия положительная, при  $A<0$  асимметрия отрицательная. Эксцесс характеризует крутизну кривой. В качестве кривой с нулевым эксцессом принята кривая нормального распределения. Если  $E>0$  эксцесс положительный и вершина кривой находится выше кривой нормального распределения и наоборот.

Наиболее известным и часто используемым для расчетов является закон нормального распределения (Гаусса), его функция плотности описана уравнением

$$\varphi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}, \quad (7)$$

где: параметр функции Лапласа  $t = \frac{x-\bar{x}}{S}$ . Этому закону подчиняется все случайные величины, на которые оказывают влияние большое число равнозначных по величине факторов.

Существуют достаточно большое число других видов функций: закон Максвелла при исходном двухмерном законе Гаусса, закон модуля разности, распределение размахов, закон равной вероятности, композиционный закон Гаусса и равной вероятности, тоже, но равномерно возрастающей (убывающей) вероятности, экспоненциальный односторонний (показательный), распределение редких событий (Пуассона), распределение Лапласа-Шарлье, распределение Пуассона-Шарлье и другие. Большая часть из них находит применение при определении характеристик машин, их деталей и материалов. Это точность работы отдельных механизмов, расположения их узлов, величины зазоров, линейные и угловые размеры. Для оценки состояния ГТС практическое применение имеют четыре закона распределения: нормальный, Лапласа-Шарлье, закон распределения редких событий (Пуассона) и показательный.

1.4. Для применения нормального закона распределения требуется большое количество данных наблюдений и исследований. При ограниченном количестве данных мы часто имеем асимметрию и эксцесс в распределении, которые будут искажать результаты оценок. Распределению Лапласа-Шарлье подчиняются величины близкие к нормальному распределению, но имеющие асимметрию и эксцесс отличные от нуля.

Закону распределения редких событий подчиняются дискретные случайные величины, вероятность которых мала, а объем выборки велик: число бракованных изделий, отказы в работе МО ГТС, их систем АСУ и перебои в электроснабжении.

Из-за простоты расчетов широкое применение имеет также показательный закон распределения.

Функция плотности закона Лапласа-Шарлье описывается уравнением

$$\varphi(x) = [\varphi(x)_{\text{норм}} + \frac{A}{6} * \Phi^{\text{III}}(x) + \frac{E}{24} * \Phi^{\text{IV}}(x)], \quad (8)$$

где:  $\Phi^{\text{III}}(x)$  и  $\Phi^{\text{IV}}(x)$  третья и четвертая производные функции нормального распределения.

$$\text{Асимметрия } A = \frac{\Sigma(x - \bar{x})^3}{S^3}, \text{ эксцесс, } E = \frac{\Sigma(x - \bar{x})^4}{S^4} - 3$$

При  $A=0$  и  $E=0$  функция плотности Лапласа-Шарлье становится функцией нормального закона.

Функция плотности закона распределения редких событий (Пуассона) описывается уравнением:

$$P_{m,n} = \frac{a^m}{m!} e^{-a}, \quad (9)$$

где:  $m$  - объем изделий, продолжительность периода наблюдений и т.д.

$N$  - общее число изделий, продолжительность периодов,

$n$  - число бракованных деталей, продолжительность отказов,

$a = \frac{\Sigma m \cdot n}{N}$  - среднее число событий с отказами,  $m! = 1 \times 1 \times 2 \times 3 \times 4 \dots$

Функция плотности непрерывной случайной величины, подчиненной показательному закону, имеет вид:

$$P_x = \frac{1}{\bar{x}} e^{-t/\bar{x}} \quad (10)$$

при  $x \geq 0$ , при  $x < 0$   $P_x = 0$ , где  $t = x / \bar{x}$ ,  $\bar{x}$  математическое ожидание случайной величины  $x$ .

Примеры использования вышеуказанных законов для определения вероятности наступления событий приведены ниже.

1.5. Общий допустимый уровень риска аварии в целом по ГТС в соответствии с [19] не должен превышать для сооружений I-го класса - 0.00005 (раз в 20.000 лет), для II-го класса - 0.0005 (раз в 2000 лет) и для III-го класса - 0.003 (раз в 330 лет). С позиции безопасности ГТС уровень риска аварии необходимо назначать не по классу, а по категории опасности, так как класс сооружения назначается по многим признакам и они не всегда указывают на опасность ГТС.

Очень большая разница в величине допустимого уровня риска между I-м и II-м, между II-м и III-м классами. Если эти требования принять к руководству, эксплуатация действующих ГТС I-го класса и многих ГТС II-го класса при таких допустимых уровнях риска сегодня должна быть приостановлена.

Требования к проектам сооружений разных классов отличаются только величиной коэффициента надежности с разницей между классами в 0.05 (1.25,



1.20, 1.15 и 1.10), поэтому по устойчивости и прочности ГТС и фильтрационной прочности грунтов в величине уровня риска аварии для разных классов сооружений большой разницы в допустимых уровнях не должно быть. Разница в величинах уровня риска для разных классов сооружений возможна только при оценке перелива воды через гребень водоподпорных ГТС из-за большого различия в обеспеченности максимальных расходов. Но в районах с высокой сейсмичностью не зависимо от класса ГТС, выбор отметки верха водоподпорных сооружений определяется высотой гравитационной волны.

Предлагается принять допустимый уровень риска аварии для сооружений I-й категории равным 0.0005 (раз в 2000 лет), для II-й категории - 0.001 (раз в 1000 лет), для III-й категории - 0.002 (раз в 500 лет) и для IV-й категории - 0.004 (раз в 250 лет). Допустимый уровень риска при переходе с I-ой категории на II-ю возрастает в 2 раза и так далее.

Допустимый уровень риска должен назначаться не только для сооружения в целом, но и для отдельных видов сценариев, чтобы сохранить нормативные требования к оценке их уровня риска для разных расчетных условий. Допустимый уровень риска аварии в целом по ГТС и отдельных видов сценариев показан в Таблице № 6.1.

Таблица № 6.1

<b>Виды сценариев</b>	<b>I-я категория</b>	<b>II-я категория</b>	<b>III-я категория</b>	<b>IV-я Категория</b>
Общий уровень риска	0.0005	0.001	0.002	0.004
Перелив воды через гребень	0.0001	0.0002	0.0004	0.0008
Потеря фильтрационной прочности	0.0002	0.0004	0.0008	0.0016
Потеря устойчивости	0.0002	0.0004	0.0008	0.0016

**При уровне риска аварии ГТС выше указанных значений, эксплуатация сооружения не возможна без выполнения ремонтно-восстановительных работ.**

На Рисунке 4 показан пример оценки уровня риска аварии гидроузла, состоящего из грунтовой плотины и водовыпускного сооружения оборудованного затворами с электрическим приводом. Отводящая труба, проложена под плотиной. Согласно п.п. 5.2. п. 5 Главы II настоящей книги, ГТС имеет II-ю категорию опасности и допустимый уровень риска (Таблица № 6.1) - 0.001 «Древо событий» состоит из трех групп сценариев, дающих оценку риска перелива воды через гребень плотины, оценку вероятности потери устойчивости откосов и возникновения суффозии в грунтах тела и основания плотины. Вероятность возникновения аварии по сценариям, произведение вероятностей по которым было менее  $1 \times 10^{-7}$ , принималось равным нулю.

Общий уровень риска аварии по гидроузлу равен  $0.00043 < 0.001$  (блок 1-  $0.0000002 < 0.0002$ , блок 2-  $0.000381 < 0.0004$ , блок 3 -  $0.00005 < 0.0004$ ).

## **2. Особенности разрушения гидротехнических сооружений, определение границ зоны затопления.**

2.1. Нарушение или полное разрушение ГТС происходит по разным причинам, из них наиболее распространенными являются:

- обрушение откосов грунтовых ГТС;
- перелив воды через гребень водоподпорного сооружения;
- недостаточная фильтрационная прочность и несущая способность грунтов основания;
- недостаточная фильтрационная прочность материалов, из которых возведено водоподпорное сооружение.

Обрушение откосов грунтовых ГТС может произойти из-за дефектов укладки материалов, или из-за просадки грунтов основания (когда в основании залегают просадочные грунты или мелкозернистые песчаные, подверженные разжижению при сейсмическом воздействии). При обрушении откосов грунтовых ГТС проран на участке дефектной зоны образуется практически мгновенно и на всю высоту насыпи. Напор воды на входе в проран равен глубине воды перед насыпью. Определение величин расходов воды, вытекающих из чаши водохранилища в разные промежутки времени (построение гидрографа волны прорыва), можно вычислить методами, приведенными в [33,36].

Перелив воды через гребень водоподпорных сооружений может происходить:

а) при повышении уровня верхнего бьефа выше критических отметок из-за снижения пропускной способности водосбросных сооружений вследствие отказов в работе отдельных отверстий или завале наносами водоприемников и русел подводящих каналов;

б) при недостаточном запасе превышения гребня над накатом ветровых и других волн из-за осадок и деформаций сооружения и основания, в том числе и вследствие разжижения грунтов при сейсмических воздействиях.

Если водоподпорное сооружение бетонное и обладает достаточной прочностью и устойчивостью, поток воды переливается через сооружение слоем  $h$  по всей длине гребня  $L$ . Расход потока воды  $Q$  можно определить по уравнению  $Q = m \cdot L \cdot h \sqrt{2gh}$ , где  $m$  коэффициент расхода водослива с широким порогом.

[illegible]

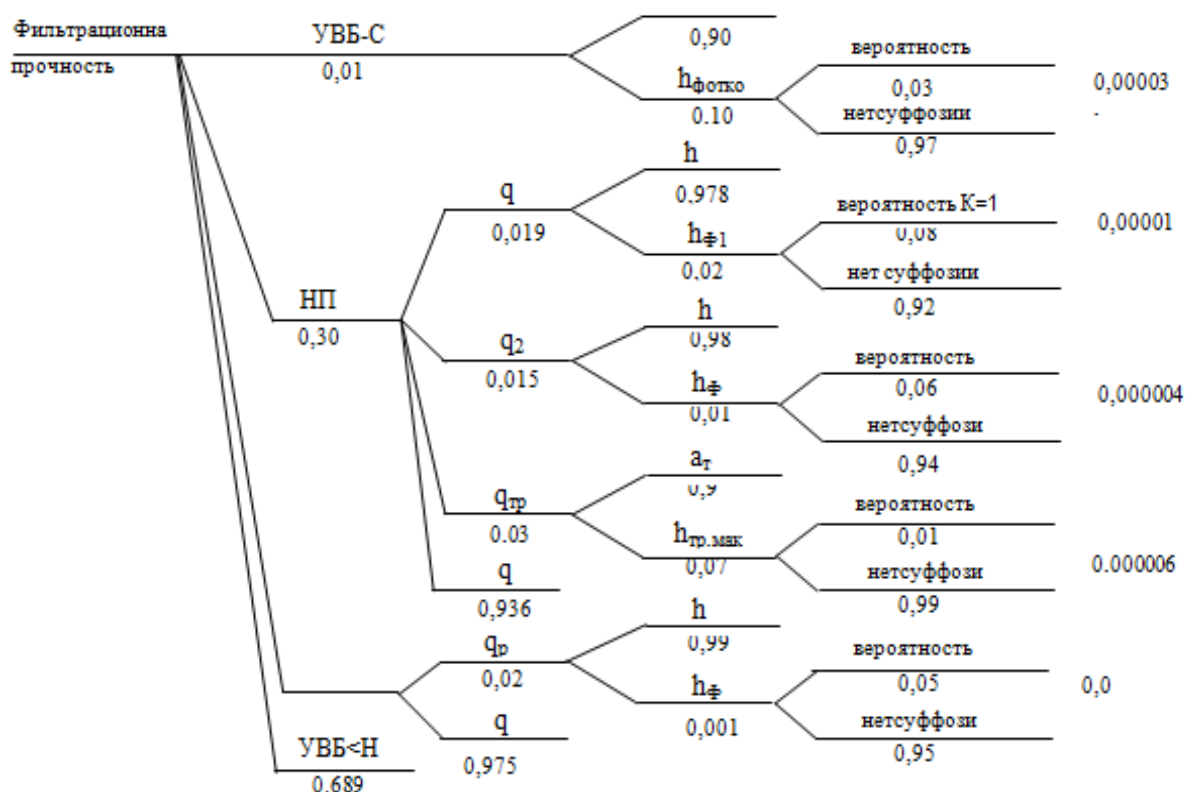


Рис. 6.1 - Оценка вероятности аварии гидроузла, состоящего из грунтовой плотины и водовыпуска с отводящей трубой под плотиной

Итого:	блок-1	0,0000002
	Блок-2	0,000381
	Блок-3	0,000050
Всего:		0,000431

#### Условные обозначения:

МРЗ – максимальное разрушительное землетрясение	$h_N$ – высота наката волны на откос
ОБЗ - расчетное землетрясение	$V_B$ - скорость ветра
УВБ – уровень верхнего бьефа	а- запас гребня плотины над волной
УВБ БС – тоже, с быстрой сработкой	$h_{\text{ф1}}$ - положение кривой депрессии верхнее
МПУ – максимальный подпертый уровень	$h_{\text{фр}}$ - тоже, при установившейся фильтрации
РПУ – уровень расчетного паводка	$K_3$ - коэффициент запаса
НПУ – нормальный подпертый уровень	q- расход фильтрации
МО – механическое оборудование	q <sub>тр</sub> - расход фильтрации через трещину (шов)
ЭС – сбой в подаче энергоснабжения	а <sub>тр</sub> - ширина трещины (шва)
НР – период нормальной работы	

Поток воды, перелившийся через гребень, попадает на низовой откос, имеющий уклон 1:2, 1:3. Возникает перепад (движение потока воды как по быстротоку возможно при уклонах менее 1:4), который создает на низовом откосе воронку размыва.

Вследствие размыва, перепад начинает движение вверх по течению, разрушает гребень плотины и выходит на верховой откос, образуется проран-

канал в теле плотины с уклоном дна, близким к 0.15-0.25. Скорости потока воды в проране могут достигать 30-50 м/с, скорости размыва дна 0.3-0.5 м/мин. В нижней части канала, где он сопрягается с низовым откосом, сохраняется движение потока воды в виде перепада. Образуется новый уступ, который начинает движение вверх по течению прорана в сторону верхового откоса. По длине прорана может образовываться несколько перепадов одновременно и так до тех пор, пока нижняя часть прорана не достигнет основания плотины. Если основание сложено четвертичными отложениями, размыв будет продолжаться, пока не будут созданы условия для гашения энергии потока. Если основание сложено скальными породами, воронка размыва не образуется, и волна прорыва на начальном участке своего пути будет иметь более высокие скорости течения. После того как проран достигнет основания, разрушение его дна и стенок начнет снижаться, а уклон дна выполаживаться.

Расходы потока воды, вытекающие из водохранилища по прорану, будут изменяться во времени. На первой стадии зарождения прорана они будут относительно небольшими. Затем, после начала поступления воды из водохранилища непосредственно в проран, они резко начнут увеличиваться. Основные объемы воды в водохранилище находятся в верхних слоях. Размыв дна прорана и снижение его отметок происходит быстрее, чем снижение отметок уровня верхнего бьефа. Напор воды на входе в проран и глубины потока будут увеличиваться, будут расти скорости и расход прорывной волны. Затем, когда скорость снижения уровней воды в водохранилище начнут опережать скорости размыва дна прорана, начнут снижаться напоры воды на входе в проран, глубины потока и расходы волны прорыва. Расчет расходов гидрографа прекращается, когда величина снижения горизонтов воды в водохранилище сравняется со скоростью снижения отметок дна прорана.

2.2. Сегодня нет достаточно надежных методов расчета процесса разрушения грунтовых плотин и определения гидрографа прорывной волны. Для ориентировочных расчетов можно принимать: ширину прорана  $b=0.7 H_{пл}$ , начальный напор на входе (величина переливающегося слоя)  $H=0.5-1.0$  м, уклон дна  $i=0.15-0.20$ . Скорость снижения (размыва) дна  $\Delta h$  Вм/мин зависит от скорости потока воды в проране  $V$  м/с  $\Delta h=0,01 V$  м/мин. Скорость воды можно определить по формуле  $V=q/h$  (погонный расход на глубину потока воды), где  $h=k \cdot H$ .  $k=(0.5-0.67)$  принимается в зависимости от величины коэффициента расхода водослива с широким порогом соответственно для  $m=0.34$  и  $0.385$ . Расчет ведется подбором: задаемся шириной прорана и начальным напором (величиной переливающегося слоя) определяем расход воды, скорость потока и скорость размыва дна. Задаемся интервалом времени и определяем объем стока воды, который вытечет из водохранилища в течение принятого интервала времени. По кривой емкости водохранилища определяется отметка УВБ и расчетный напор на входе в проран в конце расчетного интервала времени. По формуле водослива с широким порогом повторно определяем расход воды, объем сработки и новую отметку УВБ. Определение расхода воды прорывной

волны в первый интервал времени прекращают тогда, когда заданная отметка УВБ совпадет с вычисленной. Затем аналогичным способом определяется расход волны прорыва в следующий интервал времени. Для более точного определения гидрографа прорывной волны необходимо выполнять исследования специальной гидравлической модели.

2.3. При недостаточной фильтрационной прочности и несущей способности грунтов основания, или фильтрационной прочности материалов тела водоподпорного сооружения, возникает механическая суффозия и неравномерная деформация, что в итоге приводит к образованию локальных замкнутых полостей. Когда такие полости соединяются между собой, образуется единый фильтрационный проход и свободное течение потока воды из верхнего бьефа в нижний. Величину расхода воды через такой проход можно определить по формуле  $Q = \mu \omega \sqrt{2gH}$ , где  $\mu$  и  $\omega$  - коэффициент расхода и площадь сечения полости,  $H$  - действующий напор воды.

В скальных породах, имеющих сравнительно высокую несущую способность, процесс механической суффозии развивается сравнительно медленно, а величины деформаций незначительные, поэтому, как правило, имеется некоторое время для принятия решения и выполнения мероприятий по ликвидации опасной фильтрации. В породах четвертичного возраста, после образовании сквозной полости фильтрации, ее размеры и скорость потока начинают быстро увеличиваться. В таких случаях необходимо экстренно снизить уровни воды в верхнем бьефе, организовать перекрытие полостей фильтрации путем устройства завесы из металлического шпунта и другие мероприятия, чтобы обеспечить в первую очередь снижение расходов фильтрации и затем ликвидировать ее вообще.

2.4. Для организации защиты населения, производственных и сельскохозяйственных объектов от возможного затопления необходимо рассчитать гидрограф прорывной волны для случая возникновения суффозии в основании или теле ГТС и определить границы зоны затопления. Для случая, когда полость фильтрации образуется в четвертичных грунтах, скорость размыва грунта на ее поверхности, также как и в предыдущем случае, будет определяться скоростью потока воды. По мере размыва грунта и увеличения размеров полости, гидравлические потери по длине будут снижаться, расход и скорость потока увеличиваться. Когда поперечные размеры полости станут соизмеримыми с высотой насыпи плотины ( $d \geq 0.5H$ ) произойдет обрушение свода полости, а за ним и самого водоподпорного сооружения. Мгновенно образуется проран на всю высоту насыпи.

Расчет гидрографа прорывной волны выполняется в два этапа: задаются размерами полости и ее гидравлическими сопротивлениями, определяют расход и скорость воды, через принятые интервалы времени уточняют расчетный напор, определяют новые размеры поперечного сечения и так до тех пор, пока не произойдет ее «обрушение». После образования прорана, расчет выполняется по аналогии с предыдущим случаем.

2.5. Для определения границ зоны затопления используются топографические карты масштаба 1:10.000 и 1:5.000. Предварительно на картах выделяют зоны с различной шероховатостью поверхности земли (поселки, лесные массивы, поля и другие разновидности ландшафта). По пути движения волны прорыва разбивают поперечники равномерно по длине и в характерных местах. Для каждого поперечника определяют уклон дна. По гидрографу волны прорыва определяют максимальный расход воды и для каждого поперечника подбором по уравнению  $Q = \omega C \sqrt{R * i}$  определяют отметку уровня воды соответствующую максимальному расходу и границы зоны затопления. (C - коэффициент Шези, вычисляемый по уравнению  $C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$ , R - гидравлический радиус, i - уклон, n - коэффициент шероховатости, средневзвешенный по длине смоченного периметра).

Для участков по пути движения потока, где поток будет делиться между отдельными протоками, должно соблюдаться условие  $\Sigma Q_p = Q_{\text{мак}}$  при одинаковом для всех проток уровне воды.

Если по пути движения потока встречается сужение русла (каньон, ущелье) происходит подпор горизонтов воды, дополнительное подтопление территории выше ущелья и снижение величин расходов прорывной волны за счет трансформации части ее стока.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ВЕРОЯТНОСТИ СОБЫТИЙ

Для оценки уровня риска аварии ГТС необходимо знать вероятность возникновения каждого события, входящего в состав «древо событий».

**Методика оценки вероятности опасного сейсмического воздействия** [31] основана на сейсмическом районировании территории по степени опасности отдельных элементарных участков, расположенных в радиусе 200 км от ГТС. Территория в пределах указанных границ разбивается на участки одинакового размера 10x10 км. По каждому участку поверхности производится сбор данных:

- о геологических и геофизических условиях очагов землетрясений, характеристики колебаний грунта при различных магнитудах. Для практических целей достаточно учитывать землетрясения с  $M \geq 3$ ;
- повторяемость землетрясений и изменения амплитуды колебаний грунта в диапазоне расстояний от 0 до 200 км.

Зависимость частоты повторяемости землетрясений представляется в виде уравнения  $\text{Log} N = a - b * M$ ,  
где N - количество событий с магнитудой M за определенный временной интервал (год).

Затухание амплитуды колебаний в зависимости от расстояния  $A_{\max} = f(R)$  определяется по следующим уравнениям, полученным В.В. Штейнбергом.

$$A_{\max} = \exp (-0.0916 R + 4.734) \quad 3.6 < M < 4.5$$

$$A_{\max} = \exp (-0.042 R + 5.47) \quad 4.6 < M < 5.5$$

$$A_{\max} = \exp (-0.0272 R + 6.102) \quad 5.6 < M < 6.5$$

$$A_{\max} = \exp (-0.018 R + 6.63) \quad 6.6 < M < 7.5$$

где  $A_{\max}$  - максимальное ускорение,  $R$  - гипоцентрального расстояние.

По Ю.К. Чернову [48] параметры сильных движений грунта зависят от гипоцентрального расстояния только в пределах так называемой ближней зоны, размеры которой  $R_0$  определяются величиной магнитуды землетрясения, размерами очага и его минимально возможной глубиной. Величину  $R_0$  можно приближенно оценить по формуле  $\log R_0 = 0.195 M + 0.039$ .

При  $R_0 < R$  параметры колебаний практически не зависят от  $R$ . Амплитуда ускорений в ближайшей зоне  $A_0$  определяется по формуле  $\log A_0 = 0.15 M + 1.63$ . За пределами ближайшей зоны изменения  $A_{\max}$  с расстоянием определяется по формуле

$$\log A_{\max} = \log A_0 + a * \log (R/R_0),$$

где  $(a) = 0.06 M - 1.97$  - коэффициент затухания.

Годовая вероятность превышения максимальных ускорений за определенный интервал времени рассчитывается по экспоненциальному статистическому закону  $P = 1 - e^{-1/t}$ , где  $t$  - периоды времени. Полученные значения  $A_{\max}$  и  $t$  используются для построения зависимости  $A_{\max} = f(t)$  для периода 100-10.000 лет.

Для синтезирования акселерограмм колебаний грунта в данном районе используется программа М.П. Салганика ACL-RAN. Предварительно для принятых в расчет максимальных ускорений и амплитуд, вычисляют ширину импульса ( $d$ ) по формуле  $\log d = 0.2 M + 0.5 \log R - 1.3$ . и преобладающие периоды ( $T$ ) по формуле  $\log T = 0.15 M + 0.25 \log R - 1.9$ .

Поскольку для вышеперечисленных расчетов необходимо иметь результаты сейсмометрических наблюдений, а также карты эпицентров землетрясений района расположения ГТС, сейсмогенных зон и основных разрывных нарушений, такая работа должна поручаться специализированным организациям.

Гравитационные волны, возникающие при землетрясениях, зависят от величины сейсмического воздействия. Вероятность их возникновения можно приравнять к вероятности землетрясения. Высота волн определяется по [47].

**Вероятность событий, связанных с гидрологическими условиями** района расположения ГТС, регламентируются нормами. Вероятность максимальных расходов воды, скорости ветра, высоты ветровых волн устанавливаются СНиП [18,42] в зависимости от класса ГТС.

Расчетные уровни воды в верхнем и нижнем, бьефах ГТС, соответствующие им положения депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле грунтовых сооружений определяются условиями пропуска



расчетных расходов воды. Их вероятность возникновения соответствует вероятности расхода воды, проходящего через ГТС. Таким образом, вероятность большей части событий, составляющих «древо событий», заранее известна и должна соответствовать нормативным требованиям. При оценке уровня риска аварии ГТС **неизвестными** являются вероятности наступления событий, которые определяют несущую способность ГТС, фильтрационную прочность грунтов оснований и тела грунтовых сооружений, а также событий, связанных с работоспособностью МО водопропускных сооружений, средств управления этим оборудованием и надежностью энергоснабжения.

### **Определение вероятности перелива воды через гребень ГТС.**

Для недопущения перелива воды через гребень плотин и ограждающий дамб нормами регламентируется высота превышения гребня этих сооружений над высотой наката ветровых, гравитационных и других волн на верховой откос ГТС. Когда, в целях снижения высоты грунтовых ГТС, на гребне сооружений устанавливаются волнозащитные конструкции, предъявляются требования к высотному положению гребня противофильтрационных конструкций (ядра, экрана), который должен быть выше максимального уровня воды в верхнем бьефе. Поскольку в период эксплуатации, ГТС подвергаются деформациям (осадка, смещения, наклоны, осадки ГТС, связанные с «разжижением» грунтов при землетрясениях), то величина запаса верха сооружения над высотой наката волны, или гребня противофильтрационных конструкций над МПУ, постоянно меняется во времени и обладает признаками случайного события. Методику определения численных значений вероятности вышеперечисленных событий рассмотрим на отдельных примерах.

### **Определение вероятности ремонтов механического оборудования и перебоев в энергоснабжении.**

МО, оборудование систем управления и энергоснабжения ГТС имеют меньший срок службы, нежели ГТС в целом, поэтому в процессе эксплуатации они нуждаются в постоянном уходе, ремонте и модернизации. Особую опасность представляют собой случаи, когда ремонт оборудования или отключение энергоснабжения происходят во время прохождения паводка, что приводит к сокращению пропускной способности водопропускных сооружений или полному выходу их из строя. Служба эксплуатации обязана фиксировать все случаи нарушения работы водопропускных сооружений и каналов, учитывать продолжительность ремонтных работ и отключения электроэнергии, а также продолжительность прохождений всех паводков в период половодья. Результаты учета и наблюдений за прошедший пятилетний период должны обрабатываться и анализироваться.

Например, за пятилетний период суммарное время прохождения паводков составило 1400 часов. При этом в течение  $n=800$  часов всё

оборудование работало исправно ( $m=0$ ), в течении  $n=450$  часов - были остановки на ремонт продолжительностью до одного часа ( $m=1$ ). Для паводков продолжительностью  $n=100$  часов - остановки на ремонт достигали от одного до двух часов ( $m=2$ ). Для суммарной продолжительности паводков  $n=30$  часов были остановки на ремонт продолжительностью - 3 часа ( $m=3$ ) и  $n=20$  часов - 4 часа ( $m=4$ ). Ремонтов продолжительностью более 4-х часов не было.

Используя закон распределения редких событий (Пуассона) определим вероятность выполнения ремонтов разной продолжительности

$$P_n(m) = \frac{\alpha^m * e^{-\alpha}}{m!}, \text{ где } \alpha = \frac{\sum m*n}{\sum n}, m!=1*1*2*3$$

Результаты расчетов даны в Таблице № 6.1.

Таблица № 6.2

m	N	m*n	Pn(m)
0	800	0	0.5688
1	450	450	0.3209
2	100	200	0.0906
3	30	60	0.0170
4	20	80	0.0024
5	0	0	0.0003
	1400	790	1.0

Из таблицы видно, что ремонты продолжительностью 3 и 4 часа имеют вероятность 0.017 и 0.0024 соответственно. Если принять во внимание, что затвор любого отверстия на данном сооружении может быть поднят в ручную или с использованием подручных механизмов в течении 3-х часов, необходимо проверить, как отразится событие вероятностью равной 0.017 на снижении пропускной способности сооружения, на сколько поднимется уровень воды в верхнем бьефе, не приведет ли это событие к переливу воды и разрушению ГТС.

Аналогичным методом можно оценить вероятность ремонтов оборудования систем управления затворами водопропускных сооружений и перебоев в энергоснабжении ГТС.

### **Определение вероятности перелива воды через верх водоподпорного сооружения при воздействии ветровых и гравитационных волн.**

Возвышение гребня водоподпорного сооружения определяется для трех случаев стояния уровня воды в верхнем бьефе: НПУ, РПУ и МПУ. Величина возвышения определяется по формуле:

$$h_s = \Delta h_{\text{set}} + h_{\text{run}1\%} + a,$$

где  $\Delta h_{\text{set}}$  - ветровой нагон воды,  $h_{\text{run}1\%}$  - высота наката ветровой волны, а - запас возвышения гребня. Ветровой нагон воды для речных ГТС достигает не-

скольких (мм.) и не имеет принципиального значения. Высота наката ветровой волны зависит от высоты волны и конструкции верхового откоса ГТС. Запас (а) принимается равным 0,5 м, а при высоте волны более 5м  $a=0,1h_{1\%}$  ( $h_{1\%}$  - высота волны 1% вероятности превышения). Отметку гребня принимают с учетом строительного подъема, который определяется прогнозируемой осадкой ГТС в эксплуатационный период.

Методика определения характеристик ветровых волн, заложенная в СНиП, универсальная. Она распространяется на все виды гидрологических объектов: моря, озера, реки и искусственные водоемы, на любые конфигурации водных акваторий и конструкции ГТС. Она использует многочисленные переходные коэффициенты и графические приложения, а результаты расчетов, как и многие другие гидрологические характеристики, имеют прогнозные значения. Для пользования методикой СНиП необходимо иметь определенные навыки и опыт. Поскольку на территории бывшего СССР имелись многочисленные гидрометрические станции, находящиеся на государственном содержании, то дополнительные метеорологические наблюдения на ГТС, как правило, не предусматривались. Вопросы обеспечения безопасности ГТС выдвигают дополнительные требования к организации натурных наблюдений в части изучения воздействия ветровых волн на ГТС.

В первую очередь, необходимо на наиболее опасных ГТС проводить постоянные наблюдения за направлением и скоростью ветра, а также за величиной наката ветровых волн на верховой откос водоподпорных сооружений в периоды, когда горизонты воды в верхнем бьефе находятся на уровне расчетных (НПУ и МПУ). Известно, что высота волн при одной и той же скорости ветра не постоянна. Высокие волны сменяются более низкими и наоборот. Наибольшая высота наката не обязательно соответствует наиболее высокой волне. Наблюдения должны проводиться для установления зависимости средней высоты наката волн на откос и ее среднего квадратичного отклонения от разной по величине скорости ветра. Зависимости должны быть достаточно надежны для того, чтобы можно было их использовать для прогноза высоты наката волн при скоростях ветра близких к расчетным.

Отметки гребня сооружений и противофильтрационных конструкций постоянно меняются. Это связано с осадками и деформациями ГТС. Осадка начинается сразу после начала возведения сооружения, но к концу строительства полностью не заканчивается. Обычно в период строительства наблюдения за осадками не ведутся, поэтому величину осадки ГТС, которая будет происходить в период эксплуатации, определяют ориентировочно. Кроме осадок, сооружения подвергаются упругим деформациям под действием внешних переменных по величине нагрузок. К таким нагрузкам относится вода, при подъеме ее уровня в верхнем бьефе деформации увеличиваются, при снижении - деформации меняют свой знак (плюс на минус). Поэтому для ГТС, расположенных в северном полушарии, наиболее опасным является период весеннего половодья, когда уровни воды и деформации сооружений максимальные и метеорологические условия неустойчивые. В этот период

необходимо проводить более частые геодезические наблюдения, чтобы выявить все особенности деформаций ГТС.

Пример. В результате наблюдений на одном из ГТС с марта по июнь выполнено 40 измерений деформаций плотины. Высота плотины относительно НПУ изменялась с 3,50 м до 3,24 м. Результаты измерений были разбиты на 9 интервалов. Средние значения интервалов (х) и количество наблюдений, подающих в каждый интервал (m) показаны в Таблице № 2 (графы 1 и 2). Из значений графы 1 вычитаем 3.37 (среднее значение) и вносим в графу-3. Как получены данные граф 4, 5, 6 и 7 видно из таблицы. Под таблицей против каждой из граф даны средние значения путем деления сумм на 40. Полученные результаты используются для вычисления величин среднего квадратичного отклонения S, коэффициента асимметрии А и эксцесса Е. Параметр функции Лапласа (t) определяется с использованием данных графы 3 и значений  $\bar{x}$  и S. Ординаты плотности нормального закона распределения (графа 9) определяются по формуле

$$\varphi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-0.5(t)^2}$$

Ординаты теоретической кривой плотности распределения (графа 10) получается путем умножения данных графы 9 на величину  $0.03 \cdot 40 / S$ , где  $(3.49 - 3.46) = 0.03$  шаг интервала, 40 - сумма данных графы 2, S- среднее квадратичное отклонение). Графы 11 и 12 это данные граф 2 и 10 в нарастающем порядке. В графу 13 помещены значения разности граф 11 и 12. Тесноту схождения эмпирической кривой распределения и теоретической оцениваем с использованием критерия Колмогорова ( $\lambda$ ).

Критерий Колмогорова

$$\lambda = \sqrt{\frac{(\Delta m)^2}{\sum m}}, \text{ при } \lambda \leq 0,75 \quad P(\lambda) = 1 - \frac{e^{-0.5(6.6 - 8.4 \cdot \lambda)^2}}{\sqrt{2\pi}}$$

$$X_{\text{ср}} = \frac{\sum xm}{m} = \frac{133,93}{40} = 3.34825$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 \cdot m}{\sum m} - \left(\frac{\sum xm}{\sum m}\right)^2} = \sqrt{\frac{0.1719}{40} - \left(\frac{-0.87}{40}\right)^2} = 0.0618442$$

$$A = \frac{\sum x^3 \cdot m}{\sum m \cdot S^3} = \frac{-0.0081}{40 \cdot 0.061842^3} = -0.85334 \quad E = \frac{\sum x^4 \cdot m}{\sum m \cdot S^4} - 3 = \frac{0.001622}{40 \cdot 0.061842^4} - 3 = -0.22687$$

$\Phi_2$ ,  $\Phi_3$  и  $\Phi_4$  - вторая, третья и четвертая производные от плотности распределения нормального закона.

$$\Phi_4 = (t^2 - 1) \frac{e^{-0.5t^2}}{\sqrt{2\pi}}, \quad \Phi_3 = (3t - t^3) \frac{e^{-0.5t^2}}{\sqrt{2\pi}},$$

$$\Phi_4 = (3 - 6t^2 + t^4) \frac{e^{-0.5t^2}}{\sqrt{2\pi}}$$

Функция плотности распределения Лапласа-Шарье имеет вид

$$\varphi(x) = \left[ \varphi(x)_{\text{норм}} + \frac{A}{6} \cdot \Phi_3 + \frac{E}{24} \cdot \Phi_4 \right]$$

Интегральная функция этого закона имеет вид

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^t e^{-0.5t^2} + \frac{A}{6} \cdot \Phi_2 + \frac{E}{24} \cdot \Phi_3$$

Для нормального закона

$$\lambda = \sqrt{\frac{1.497^2}{40}} = 0.237,$$

для закона Лапласа-Шарлье

$$\lambda = \sqrt{\frac{2.646^2}{40}} = 0.418$$

Анализ данных измерений деформаций по плотине  
(с использованием нормального закона распределения)

Таблица № 6.3

x	m	$x_1$	$x_1 m$	$x_1^2 m$	$x_1^3 m$	$x_1^4 m$	$t=(x_1)-\bar{x})/s$	$\varphi(t)$	$m_1$ 9*19.404	$\sum m$	$\sum m_1$	11-12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3.49	1	0.12	0.12	0.0144	0.00173	$2.07 \cdot 10^{-4}$	2.29213	0.02884	0.55969	1	0.560	0.440
3.46	2	0.09	0.18	0.0162	0.00146	$1.31 \cdot 10^{-4}$	1.80702	0.07796	1.51268	3	2.072	0.928
3.43	3	0.06	0.18	0.0108	0.00065	$3.89 \cdot 10^{-5}$	1.32192	0.16651	3.23109	6	5.303	0.697
3.40	5	0.03	0.15	0.0045	0.00014	$4.05 \cdot 10^{-6}$	0.83681	0.28109	5.45441	11	10.76	0.242
3.37	7	0	0	0	0	0	0.35170	0.37501	7.27688	18	18.03	-0.04
3.34	7	-0.03	-0.21	0.0063	-0.0002	$5.67 \cdot 10^{-6}$	-0.1334	0.39541	7.67257	25	25.71	-0.71
3.31	6	-0.06	-0.36	0.0216	-0.0013	$7.77 \cdot 10^{-5}$	-0.6185	0.32949	6.39344	31	32.10	-1.10
3.28	5	-0.09	-0.45	0.0405	-0.0037	$3.28 \cdot 10^{-4}$	-1.1036	0.21698	4.21043	36	36.31	-0.31
3.25	4	-0.12	-0.48	0.0576	-0.0069	$8.29 \cdot 10^{-4}$	-1.5887	0.11293	2.19137	40	38.50	1.497
$\Sigma$	40	$\Sigma$	-0.87	0.1719	-0.0081	0.001622						

$$\bar{x} -0.02175 \quad 0.0043 \quad -0.0002 \quad 4.06 \cdot 10^{-5}$$

Анализ данных измерений деформаций плотины  
(с использованием закона распределения Лапласа-

Таблица № 6.4

X	M	$x_1$	$x_1^* m$	$t=(x_1-\bar{x})/s$	$\varphi(t)$	$\frac{\Delta^* \Phi_3}{6}$	$\frac{\Delta^* \Phi_3}{24}$	6+7+8	$m_1$ 9*19.404	$\Sigma m$	$\Sigma m_1$	11-12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3.49	1	0.12	0.12	2.29213	0.02884	0.02119	0.00025	0.05029	0.975786	1	0.976	0.024
3.46	2	0.09	0.18	1.80702	0.07796	0.00532	0.00437	0.08764	1.700622	3	2.676	0.324
3.43	3	0.06	0.18	1.32192	0.16651	-0.0392	0.00698	0.13428	2.605544	6	5.282	0.718
3.40	5	0.03	0.15	0.83681	0.28109	-0.0769	0.00189	0.20605	3.998181	11	9.280	1.720
3.37	7	0	0	0.35170	0.37501	-0.0540	-0.0081	0.31300	6.073559	18	15.35	2.646
3.34	7	-0.03	-0.21	-0.1334	0.39541	0.02237	-0.0108	0.40696	7.896842	25	23.25	1.749
3.31	6	-0.06	-0.36	-0.6185	0.32949	0.07586	-0.0027	0.40270	7.814094	31	31.06	-0.07
3.28	5	-0.09	-0.45	-1.1036	0.21698	0.06069	0.00579	0.28347	5.500535	36	36.57	-0.57
3.25	4	-0.12	-0.48	-1.5887	0.11293	0.01215	0.00616	0.13124	2.546634	40	39.11	0.888
$\Sigma$	40	$\Sigma$	-0.87									

$$\bar{x} = -0.02175$$

$P(\lambda)_{\text{норм}} = 0.9999$  и  $P(\lambda)_{\text{Лан}} = 0.9966$  Несмотря на то, что  $A \neq 0$ , и  $E \neq 0$ , при нормальном законе распределения эмпирические частоты имеют более тесную связь с теоретическими, чем при законе Лапласа-Шарлье, поэтому для оценки вероятности перелива воды через гребень плотины будем использовать нормальный закон распределения с  $\bar{x} = 3.34825$  и  $S=0.061842$ .

Кроме того, по результатам наблюдений за режимом ветра и волн были получены зависимости:

- высота наката волн на откос  $h_{\text{гун}} = 0,15 + 1,25 \log V$ ;
- коэффициент вариации наката волн  $C_v = 0,14 + 0,002V$ .

Отметка НПУ= 0 (условно принята за ноль), РПУ=0,50 м (пропуск паводка, входящего в основное сочетание нагрузок, при условии, что одно из отверстий сброса в течении 3-х часов было закрытым), и при РПУ= 0.56 м (отверстие было закрыто в течении 4-х часов). Условная отметка МПУ- 0, 70 м. Расчетные скорости ветра при НПУ-  $V_{2\%} = 30$  м/с, РПУ-  $V_{20\%} = 25$  м/с и МПУ-  $V_{30\%} = 20$  м/с. Расчет вероятности перелива воды через гребень плотины ведем в Таблице № 6.5. Вначале определяются отметки верха волн наката для указанных выше 4-х случаев, затем для

$$t = \frac{H_{\text{нл}} - \bar{X}}{S}$$

определяется величина вероятности осадки гребня плотины, при которой возможен перелив воды.

Таблица № 6.5

Определена верха наката волны относительно НПУ					Вероятность осадки гребня плотины до отметок равных H (пл)		
УВБ	P	$t_{1\%}$	$h_{\text{наката}} = \bar{h} * (1 + C_v t) + \Delta$	$h_{\text{накат}}$	H (пл)	t	$P = \phi(t)$
НПУ	0.01	2.32	$2.00 * (1 + 0.20 * 2.32) + 0$	2.928	2.928	-6.50	$5.23 * 10^{-12}$
РПУ	0.01	2.32	$1.90 * (1 + 0.19 * 2.32) + 0.50$	3.233	3.233	-1.86	0.03144
	0.01	2.32	$1.90 * (1 + 0.19 * 2.32) + 0.56$	3.293	3.293	-0.893	0.18593
МПУ	0.01	2.32	$1.77 * (1 + 0.18 * 2.32) + 0.70$	3.209	3.209	-2.25	0.01222

Значения функции нормального закона  $P = \phi(t)$  определяем по формуле

$$\phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-0.5t^2} dt$$

Из таблицы видно, что вероятность перелива воды через гребень плотины имеет очень высокое значение (0.18593) при пропуске паводка, относящегося к основному сочетанию нагрузок, с остановкой на ремонт одного



из отверстий сбросного сооружения на 4 часа. Сокращение времени ремонта на один час снижает вероятность перелива до 0.03144 или в шесть раз.

Отметку гребня плотин, возводимых в сейсмических районах в соответствии со СНиП должна назначаться с учетом высоты гравитационной волны, возникающей в водохранилищах в случае образования в нем сейсмотектонических деформаций. Для определения вероятности перелива воды через гребень водоподпорного сооружения при сейсмическом воздействии необходимо использовать результаты расчета напряженно-деформированного состояния ГТС с использованием математической модели (конечно-разностная аппроксимация сооружения с разбивкой на зоны с различными свойствами).

Расчеты напряженно-деформированного состояния грунтовых сооружений должны учитывать следующие факторы, которые влияют как на статическое состояние, так и на сейсмостойкость ГТС.

1. Прочностные и деформационные свойства грунтов применительно к теории пластического течения с упрочнением (нелинейность и неоднородность связи напряжений с деформациями).

2. Последовательность возведения ГТС и заполнения водохранилища.

3. Многофазность расчетной области (скелет грунта, поровая жидкость, воздух в порах).

4. Процесс консолидации в зонах расчетной области из глинистых грунтов с низким коэффициентом фильтрации.

Когда расчеты выполняются для действующего сооружения, его напряженно-деформируемое состояние сравнивается с данными натурных наблюдений и результатами экспериментальных исследований грунтов непосредственно в сооружении, на основании которого решается вопрос о идентичности расчетной модели с действующим ГТС.

Полученное в результате расчета напряженно-деформируемое состояние ГТС от статических нагрузок принимается за начальное при выполнении расчетов на сейсмическое воздействие, имитируемое синтезированной акселерограммой.

При выполнении расчетов на сейсмические воздействия, кроме указанных выше факторов, должны учитываться особенности поведения грунтов при динамических воздействиях (дополнительное уплотнение или разуплотнение скелетного материала и запаздывание деформаций во времени, обусловленное наличием вязких свойств, грунтов), а также взаимодействие скелетного материала с поровой жидкостью и водохранилищем. То есть, в динамических расчетах задача гидроупругости должна решаться с учетом особенности поведения грунтов под нагрузкой и многофазности материалов.

Учет в расчетах реальных прочностных свойств грунтов, слагающих тело плотины, позволяет ответить на вопрос способно сооружение или нет воспринять заданный уровень нагрузок. Если после окончания землетрясения перемещения и деформации во всей расчетной области стабилизируются, то сооружение в целом может воспринять заданное воздействие. Если в отдельных зонах наблюдаются прогрессирующие накопления перемещений и

деформаций, это свидетельствует о неспособности сооружения без деформаций воспринимать заданные нагрузки.

При моделировании сейсмического воздействия на ГТС необходимо использовать акселерограммы, полученные при оценке сейсмической опасности сооружения, расположенного в заданном районе. Для расчетов должны использоваться синтезированная акселерограмма с различными пиковыми ускорениями с повторяемостью землетрясений 1 раз в 100-10 000 лет. Необходимо выполнить 10-15 расчетов с разными деформационными свойствами грунтов (см. оценку вероятности устойчивости откосов) с тем, чтобы получить различные величины вертикальных остаточных смещений (осадки) гребня ГТС, их закон плотности распределения и его статистические характеристики. Используя рекомендации [47] определяется высота гравитационной волны в водохранилище после воздействия землетрясения и высоту наката ее на откос ГТС. Далее, выполняя расчеты по аналогии с Таблицей № 15, определяем величину вероятности перелива гравитационной волны через деформированный в результате землетрясения гребень плотины. Величину вероятности возникновения гравитационной волны принимаем равной вероятности самого землетрясения.

#### **Определение вероятности высотного положения поверхности кривой депрессии, расходов фильтрации и возникновения суффозионных явлений в теле и основании ГТС.**

Положение кривой депрессии, расходы фильтрации и наличие суффозионных процессов в грунтах тела и основания ГТС должны контролироваться при выполнении натурных наблюдений. В составе КИА ГТС должны находиться уровнемеры, установленные в верхнем бьефе для контроля горизонтов воды, пьезометры для контроля поверхности кривой депрессии и пьезометрических напоров в заданных точках тела и основания плотин и водомерные устройства, позволяющие определять расход фильтрационного потока. Так как пьезометров для контроля пьезометрических напоров обычно устанавливают ограниченное количество, недостаточное для построения гидродинамической сетки фильтрационного потока, то предварительно разрабатывается модель фильтрации в сооружении, а данные наблюдений используются только для идентификации этой модели. Контроль суффозионных процессов осуществляется путем вычисления градиентов напора для каждого отдельного участка гидродинамической сетки, ограниченного линиями напора и линиями тока и определения коэффициента запаса как отношение допустимой величины градиента к вычисленной (фактической) величине.

Для определения вероятности высотного положения поверхности кривой депрессии и расходов фильтрации по данным натурных наблюдений строятся графики отметок поверхности кривой и величин расходов фильтрации по месяцам года. Определяются амплитуды колебаний уровней и расходов воды, которые делятся на 8-12 интервалов. Для каждого интервала устанавливаются

количество календарных месяцев, которые охватывают данный интервал. Имея такие данные за срок 3-5 лет, используя закон экспоненциального распределения, можно оценить вероятность подъема уровня кривой депрессии на заданную отметку или заданной величины расхода фильтрации.

Пример: отметки уровней воды в пьезометре  $\Pi_1$  за период наблюдений колебались от 4 до 24 м. Величина максимальной амплитуды равна  $24-4 = 20$  м. Примем количество интервалов равным 10 с шагом 2 м. В таблицу включены данные наблюдений за 5 лет. Оценку вероятности подъема уровней воды в пьезометре на заданную отметку выполним в Таблице № 6.6.

Пример: расходы фильтрации в створе I-I в течение года колебались от 0.6 до 3.0 л/с. Величина максимальной амплитуды равна  $A = 3.0 - 0.6 = 2.4$  л/с. Принимаем количество интервалов - 8 с шагом 0.3 л/с. Используя данные наблюдений за 3 года, выполним оценку вероятности появления расхода фильтрации заданной величины в Таблице № 6.7.

**Оценка фильтрационной прочности грунтов тела и основания ГТС** выполняется, с использованием результатов определения градиентов напора фильтрационного потока на модели фильтрации. Гидродинамическая сетка в основании и теле грунтового ГТС имеет 5-6 линий тока, которые разделяются линиями равных напоров на 50-60 «квадратов». Для каждого такого участка основания или тела грунтового ГТС вычисляется градиент напора. Зная характеристики грунтов и конструкции противофильтрационных устройств, по [11,12,13,14,15,16] принимают допустимые значения градиентов напора. Отношение допустимого значения градиента к вычисленному по гидродинамической сетке является коэффициентом запаса фильтрационной прочности грунтов для каждого «квадрата» основания и конструкции противофильтрационных устройств.

Существует большое разнообразие конструкций возводимых из грунтов. Тело сооружения может быть отсыпано из однородного грунта, с центральным или наклонным ядром, с экраном, с диафрагмой. Основание сооружения может быть из однородных и неоднородных грунтов. Отдельные участки основания могут закрепляться завесами различных конструкций или понуром. Существуют различные конструкции дренажных устройств. У всех таких разновидностей грунтовых сооружений будет своя индивидуальная схема (гидродинамическая сетка) фильтрационного потока, свои градиенты напора и закономерности распределения их плотности.

Таблица № 6.6

№	интервал	середина ин-ла (х)	частота	mx	T	$f(x)$	частота $m_1$	нараст, итоге $m_1$	нараст, итоге m	разность $m_1 - m$
1.	0-2	1	60	60	0.1905	0.1574	63.0	63.0	60	3.0
2.	2-4	3	40	120	0.5714	0.1076	43.0	106.0	100	6.0
3.	4-6	5	30	150	0.9524	0.0735	29.4	135.4	130	5.4
4.	6-8	7	25	175	1.3333	0.0502	20.1	155.5	155	0.5

5.	8-10	9	15	135	1.7143	0.0343	13.7	169.2	170	0.8
6.	10-12	11	10	110	2.0952	0.0234	9.4	178.6	180	1.4
7.	12-14	13	8	104	2.4762	0.0160	6.4	185.0	188	3.0
8.	14-16	15	6	90	2.8571	0.0109	4.4	199.4	194	5.4
9.	16-18	17	4	68	3.2381	0.0075	3.0	202.4	198	4.4
10.	18-20	19	2	38	3.6190	0.0051	2.0	204.6	200	4.6

200 1050

Примечание: первый интервал данных должен начинаться с «0».

$$\bar{x} = \frac{\sum mx}{\sum m} = \frac{1050}{200} = 5.25$$

$t = x/\bar{x}$  Критерий Колмогорова  $\lambda = \sqrt{\frac{x^2}{m}} = \sqrt{\frac{6^2}{200}} = 0.424$  вероятность совпадения кривых плотности равно  $P(\lambda) = 0.9923$ . Вероятность подъема уровня воды в пьезометре на отметку 24 м равна  $x = 24 - 4 = 20$   $t = x/\bar{x} = 20/5.25 = 3.81$   $P = 1 - (1 - e^{-t}) = e^{-t} = 2.71828^{-3.81} = 0.022$ .

Таблица № 6.7

№	интервал	середина ин-ла (x)	частота m	mx	T	f(x)	частота m <sub>1</sub>	нарост. итоге m <sub>1</sub>	нарост. итоге m	разность m <sub>1</sub> - m
1.	0-0.3	0.15	36	5.4	0.2457	1.2812	40.4	40.4	36	4.4
2.	0.3-0.6	0.45	26	11.7	0.7371	0.7838	24.7	65.1	62	3.1
3.	0.6-0.9	0.75	18	13.5	1.2285	0.4795	15.1	80.2	80	0.2
4.	0.9-1.2	1.05	12	12.6	1.7199	0.2933	9.2	89.4	92	2.6
5.	1.2-1.5	1.35	6	8.1	2.2113	0.1795	5.7	95.1	98	2.9
6.	1.5-1.8	1.65	4	6.6	2.7027	0.1098	3.5	98.1	102	3.4
7.	1.8-2.1	1.95	2	3.9	2.1941	0.0672	2.1	100.7	104	3.3
8.	2.1-2.4	2.25	1	2.3	2.6855	0.0411	1.3	102	105	3.0

$$\bar{x} = \frac{\sum mx}{\sum m} = \frac{64.1}{105} = 0.6105 \quad t = x/\bar{x} \quad \lambda = \sqrt{\frac{x^2}{m}} = \sqrt{\frac{4.4^2}{105}} = 0.43$$

$$P(\lambda) = 0.9923.$$

Вероятность расхода фильтрации  $q = 3,0$  л/с равна.  $A = 3.0 - 0.6 = 2.4$   
 $t = 2.4/0.6105 = 3.99$   $P = e^{-3.99} = 0.0185$

Для отдельных участков (квадратов) тела сооружения и его основания градиенты напора могут иметь незначительные величины и значения коэффициентов запаса ( $K_d/K_\phi$ ) будут чрезмерно большими, поэтому участки с  $K_d/K_\phi > 10-15$  следует исключать как заведомо надежные, либо ограничивать их численные значения. С другой стороны, отношение  $K_d/K_\phi > 1$ . Где это условие не обеспечено, необходимо выполнить дополнительные противофильтрационные мероприятия, чтобы не допустить возникновения суффозии.

Полученные таким образом значения коэффициентов запаса градиентов напора, необходимо расположить в убывающем порядке и определить наибольшее и наименьшее их численные значения. Установленные границы зоны рассеивания разделить на интервалы, число которых рекомендуется принимать в пределах от 8 до 15. Определить для каждого интервала частоты и произвести вычисления по установлению закона распределения плотности (экспоненциальный, Лапласа-Шарлье или нормальный). После установления вида закона распределения плотности, определяются значения вероятности возникновения предупреждающего ( $K_1$ ) или предельного ( $K_2$ ), величин диагностических показателей фильтрационной прочности грунтов (в зависимости от сочетания нагрузок, для которых построена модель фильтрации).

В Таблице № 6.8 показан пример расчета предельного значения вероятности возникновения суффозии ( $K_d/K_\phi > 1$ ). По данным модели фильтрации плотины имеем 50 значений градиентов напора и для каждого из них в соответствии с [11,50,13,10,15,16] установлены допустимые значения и коэффициенты запаса, значения которых изменялись от 1 до 10. Принято 9 интервалов с шагом равным-1. Расчетом установлено, что наилучшую сходимость экспериментальных и теоретических частот имеет закон распределения плотности Лапласа-Шарлье. Вероятность возникновения суффозии при  $K_d/K_\phi = 1$  равна  $P = 0.00698$ .

Определение вероятности возникновения суффозии в грунтовой плотине  
(плотность распределения по закону Лапласа-Шарлье)

Таблица № 6.8

инт-вал -х	частота m	x <sub>1</sub>	mx <sub>1</sub>	mx <sub>1</sub> <sup>2</sup>	mx <sub>1</sub> <sup>3</sup>	mx <sub>1</sub> <sup>4</sup>	t	φ(t)	$\frac{A}{6} \cdot \Phi_3$	$\frac{E}{24} \cdot \Phi_4$	9+10+ 11	m <sub>1</sub> 12* 24.033	Σm	Σm <sub>t</sub>	12-13
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.5	3	-4	-12	48	-192	768	-1.7015	0.09380	0.0010	0.01567	0.11048	2.655	3	2.655	0.345
2.5	5	-3	-15	45	-135	405	-1.2208	0.18934	0.0208	0.01966	0.22980	5.523	8	8.178	-0.178
3.5	10	-2	-20	40	-80	160	-0.7402	0.30334	0.0328	-0.0001	0.33604	8.076	18	16.254	1.746
4.5	9	-1	-9	9	-9	9	-0.2596	0.38573	0.0175	-0.0280	0.37524	9.018	27	25.272	1.728
5.5	7	0	0	0	0	0	0.2211	0.38931	-0.0151	-0.0294	0.34474	8.285	34	33.557	0.443
6.5	6	1	6	6	6	6	0.7018	0.31187	-0.0327	-0.0025	0.27666	6.649	40	40.206	-0.206
7.5	5	2	10	20	40	80	1.1824	0.19830	-0.0224	0.0190	0.19491	4.684	45	44.890	0.110
8.5	3	3	9	27	81	243	1.6631	0.10007	-0.0023	0.0166	0.11435	2.748	48	47.638	0.362
9.5	2	4	8	32	128	512	2.1437	0.04009	0.0082	0.0039	0.05212	1.253	50	48.891	1.109
49.5	50		-23	227	-161	2183									
			-0.46	4.54	-3.22	43.66									

$$\bar{X} = 5.04 \quad \text{Критерий Колмогорова } \lambda = \sqrt{\frac{1.746^2}{50}} = 0.247 \quad P_{(\lambda)} \cong 1.0$$

$$S = 2.08048$$

$$A = -0.35757 \quad t = \frac{1-5.04}{2.08048} = -1.94186 \quad P = 0.026077 - 0.01 - 0.0091 = 0.00698.$$

$$E = -0.6696$$

## **Определение вероятности потери устойчивости откосов грунтовых сооружений.**

Устойчивость откосов грунтовых сооружений определяется для случаев сейсмического воздействия на плотину и трех уровней воды в верхнем бьефе МПУ, НПУ и быстрое снижение уровня воды в верхнем бьефе от НПУ до уровня мертвого объема. В каждом из этих расчетных случаев устойчивость откосов зависит от высотного положения кривой депрессии, плотности грунтов и их прочностных показателей. Выше были рассмотрены случаи определения вероятностей для контролируемых показателей (событий) входящий в «древо событий», кроме влияния показателей грунтовых материалов на устойчивость ГТС. Влияние этих показателей на устойчивость грунтовых сооружений можно учесть через коэффициент устойчивости откосов.

Численные значения показателей плотности, модуля деформации, угла внутреннего трения и сцепления грунтовых материалов, из которых возводятся сооружения, не постоянны и могут меняться в широких пределах. Пределы изменений свойств материалов устанавливаются в процессе лабораторных исследований образцов грунта отобранных в карьерах. Показатели грунтов, при укладке в сооружение, контролируются строительными лабораториями. Их значения могут отличаться от проектных. Далее в процессе возведения и последующей эксплуатации сооружения, под действием внешних факторов и собственного веса, плотность грунтов может увеличиваться, а в отдельных случаях даже снижаться (явление разжижения при землетрясении). Для оценки безопасности ГТС, кроме требований норм по определению расчетных значений показателей грунтов, необходимо в обязательном порядке знать средние (нормативные) значения показателей и их среднее квадратичные отклонения. В соответствии с нормами принимается, что плотность распределения прочностных и деформационных показателей грунтов соответствует нормальному закону.

Для определения вероятности устойчивости откосов грунтовых ГТС необходимо выполнить N-ое количество расчетов с разными показателями прочности грунтов, достаточное для установления закона плотности распределения коэффициентов запаса устойчивости откоса. При назначении показателей прочности рекомендуется исходить из того, что для одного и того же грунта более высоким значениям плотности ( $\gamma$ ) должны соответствовать более высокие значения тангенса угла внутреннего трения ( $tg\phi$ ) и сцепления ( $C$ ) и наоборот. Поскольку закон распределения плотности для показателей грунтов один и тот же, то значения  $\gamma$ ,  $tg\phi$  и  $C$  следует принимать соответствующими одному значению показателя функции Лапласа ( $t$ ), используя кривые плотности нормального закона. Пример назначения показателей прочности грунта дан в Таблице № 6.9.

Таблица № 6.9

Нормативные значения		$C_v$	Показатели прочности грунта при показателе функции Лапласа (t)										
			-1.6	-1.2	-0.8	-0.4	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4
$\gamma$	1.523	0.077	1.34	1.38	1.43	1.47	1.52	1.57	1.62	1.66	1.71	1.76	1.80
$\text{tg}\varphi$	0.225	0.425	0.07	0.11	0.15	0.19	0.23	0.26	0.30	0.34	0.38	0.42	0.45
c	0.468	0.217	0.31	0.35	0.39	0.43	0.47	0.51	0.55	0.59	0.63	0.67	0.71

Показатели прочности грунта в таблице вычислены по формуле  $A=A_{\text{нор}}(1+C_v*t)$

Показатели прочности грунта в рядом стоящих столбцах таблицы отличаются, друг от друга на сотые доли, поэтому принимать более частые значения (t) для увеличения числа расчетов не имеет смысла. Значения коэффициентов запаса устойчивости откоса будут близкими по величине. Наименьшие значения показателей ( $\gamma$ ,  $\text{tg}\varphi$  и C) обеспечивают получение наименьшего по величине коэффициента запаса устойчивости откоса, который может быть меньше единицы из-за низких значений показателей ( $K_3 \geq 0$ ), Наибольшие значения этих показателей не должны выходить за пределы реально возможных, и приводить к получению чрезмерно высоких величин коэффициентов запаса (достаточно иметь  $K_3 \leq 10-15$ ). Таким образом, для оценки величины вероятности, устойчивости откоса принимаем ряд значений с  $0 \leq K_3 \leq 10-15$  (в соответствии с Таблицей 8  $n=11$ ), без разбивки на дополнительные интервалы. Это приводит к необходимости при вычислении теоретических ординат кривой плотности учитывать фактические расстояния (шаги) между значениями  $K_3$  (см. Таблицу № 6.10).

Частоту значений  $K_3$  принимаем с учетом интервалов, принятых в Таблице № 19. Она равна части площади кривой плотности распределения нормального закона, полученной умножением ординаты кривой на ширину интервала в долях от (t) и дополнительно на 100 (площадь кривой равна 1, умножая ее на 100, условно принимаем, что общее количество определений  $K_3$  должно приближаться к 100). Результаты вычисления эмпирических и теоретических ординат частот кривой плотности распределения показано в Таблице № 20. Предварительной проверкой было установлено, что эмпирическая и теоретическая кривые плотности имеют лучшую сходимость при использовании нормального закона распределения, который далее



используется для определена вероятности потери устойчивости откоса. Вероятность обрушения откоса с  $K_3 \leq 1$  равна  $P = 0.05456$ .

### **Определение вероятности потери фильтрационной прочности грунтов основания и несущей способности бетонных сооружений.**

Условия работы бетонных сооружений отличаются от грунтовых: фильтрация в основании происходит в напорном режиме, на сооружение оказывают воздействия гидродинамическое, фильтрационное и взвешивающее давление воды, несущая способность зависит от прочности конструкции и устойчивости на сдвиг. Поэтому определение вероятности наступления тех или иных событий имеет некоторые отличительные особенности.

### **Определение вероятности устойчивости откоса грунтовой плотины (плотность распределения по нормальному закону)**

Для оценки фильтрационной прочности грунтов основания разрабатывается модель напорной фильтрации. Для каждого участка основания, заключенного между линиями равных напоров и линиями тока фильтрационного потока определяется градиент напора, его допустимое значение и коэффициент запаса. Далее оценка вероятности потери фильтрационной прочности грунтов в основании выполняется аналогично случаям, рассмотренным выше.

Для оценки вероятности потери прочности конструкции разрабатывается модель напряженно-деформированного состояния сооружения, которая учитывает воздействие всех внешних и внутренних нагрузок, с предусмотренными нормами коэффициентами условия работы. Учитывается изменчивость только прочностных и деформационных свойств бетона, из которого возведено сооружение. По аналогии с подходом назначения расчетных прочностных показателей грунтов, рассмотренным в Таблице № 19, определяется изменчивость модуля деформации бетона сооружения. Выполняются несколько вариантов расчета распределения напряжений в сооружении. Назначаются расчетные сечения. Для точек, расположенных выше и ниже сечения, определяется «резерв прочности бетона» (см. уравнение 2, пункт 2, Главы IV настоящей книги). Для данных «резерва прочности бетона» в точках сечения всех вариантов расчета устанавливается закон плотности распределения и для значения  $S=R-\sigma=0$  определяется величина вероятности потери прочности конструкции.

При определении устойчивости бетонных сооружений на сдвиг вычисляется коэффициент запаса. Задаваясь различными показателями прочности грунтов основания, используя те же подходы, что и при оценке устойчивости грунтовых плотин, аналогичным методом определяется вероятность потери сооружением прочности на сдвиг.

Определение вероятности устойчивости откоса грунтовой плотины  
(плотность распределения по нормальному закону)

Таблица 6.10

K <sub>3</sub> x	часто та-м	x <sub>1</sub>	mx <sub>1</sub>	mx <sub>1</sub> <sup>2</sup>	mx <sub>1</sub> <sup>3</sup>	mx <sub>1</sub> <sup>4</sup>	t	φ(t)	$\frac{\alpha \Sigma m}{S}$	M <sub>1</sub>	Σm <sub>t</sub>	Σm	13-14
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.6	4.43	-4.9	-21.707	106.364	-521.185	2553.81	-1.7764	0.08236	33.494	2.795	2.795	4.43	-1.635
1.4	7.77	-4.1	-31.857	130.614	-535.516	2195.62	-1.4279	0.14394	41.867	6.026	8.821	12.20	-3.379
2.4	11.60	-3.1	-35.960	111.476	-345.576	1071.28	-0.9923	0.24384	46.054	11.230	20.051	23.80	-3.749
3.5	14.70	-2.0	-29.400	58.800	-117.600	235.20	-0.5131	0.34973	37.681	13.087	33.138	38.50	-5.362
4.4	16.00	-1.1	-17.600	19.360	-21.296	23.43	-0.1211	0.39603	50.241	19.897	53.035	54.5	-1.465
5.6	14.70	0.1	1.470	0.147	0.015	0.002	0.4017	0.36802	46.054	16.949	69.984	69.20	0.784
6.7	11.60	1.2	13.920	16.704	20.045	24.054	0.8808	0.27066	33.494	9.066	79.050	80.80	-75
7.5	7.77	2.0	15.540	31.080	62.160	124.32	1.2293	0.18739	46.054	8.630	87.680	88.57	-0.89
8.6	4.43	3.1	13.733	42.572	131.974	409.12	1.7085	0.09270	29.307	2.717	90.397	93.00	-2.603
9.3	2.20	3.8	8.360	31.768	120.718	458.73	2.0134	0.05256	50.241	2.641	93.038	95.2	-2.162
10.5	0.90	5.0	4.500	22.500	112.500	562.50	2.5361	0.01600	46.054	0.737	93.775	96.10	-2.325
60.5	96.1		-79.001	571.385	-1093.76	7658.06				93.775			
			-0.8221	5.946	-11.382	79.688							

$$X_{cp} = 4.67793 \quad \text{Критерий Колмогорова} \quad \lambda = \sqrt{\frac{-5.362^2}{96.1}} = 0.547 \quad P_{(0)} = 0.9464$$

$$S = 2.29563 \quad t_p = \frac{x - \bar{x}}{S} = \frac{1 - 4.67793}{2.29563} = -1.60214 \quad \text{вероятность события по нормальному закону } P = 0.05456$$

$$A = -0.9408 \quad E = 0/1306$$

## **ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ ДЕКЛАРАЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Порядок составления декларации безопасности ГТС [37] устанавливается законодательными и подзаконными актами, которыми определяются содержание (структура) [38], порядок составления декларации безопасности ГТС и осуществления ее государственной экспертизы.

Декларация безопасности эксплуатируемых ГТС составляется эксплуатирующей организацией, а проектируемых и строящихся ГТС - организациями, выполняющими функции заказчика, которые именуются - декларантами.

Декларация должна отвечать следующим требованиям:

- полноты и достоверности представляемой информации;
- всестороннего и полного выявления опасностей и сценариев повреждений;
- обоснованности применяемых подходов и методов анализа опасностей и риска;
- полноты и достоверности выполненных расчетов по анализу опасностей, всестороннего полного учета всех факторов, влияющих на результаты расчетов;
- достаточности планируемых мер безопасности и их соответствия положениям действующих нормативных и правовых документов.

Составлению декларации безопасности ГТС должны предшествовать натурные наблюдения за техническим состоянием, сооружения и его обследование. Для вновь вводимых сооружений используются данные наблюдений строительного периода.

Декларация безопасности эксплуатируемых ГТС представляется декларантом в органы надзора не реже одного раза в 5 лет, а также по решению органа надзора или по инициативе декларанта в следующих случаях:

- при возникновении опасности снижения уровня надежности сооружения, ухудшении условий предотвращения ЧС - в течение трех месяцев с момента обнаружения опасности;
- при изменении действующих требований (норм и правил) в области безопасности, локализации и ликвидации ЧС - в срок не позднее 6 месяцев после введения в действие соответствующих нормативных актов;
- после реконструкции, капитального ремонта, восстановления или консервации ГТС - до приемки соответствующих СМР.

Декларация безопасности проектируемых ГТС представляется в орган надзора в период проведения государственной экспертизы проекта, строящихся - не позднее 4 месяцев до установленного срока сдачи сооружений, как во временную, так и в постоянную эксплуатацию.

К разработке декларации и отдельных ее разделов могут привлекаться на договорной основе другие организации и отдельные специалисты. При

разработке декларации основное внимание должно быть уделено всестороннему и полному выявлению опасностей и сценариев аварий и повреждений, количественной оценке риска аварий эксплуатируемых ГТС, а также планированию мер по предупреждению повреждений и аварий. При этом требования к детальности анализа возможных опасностей и риска аварий должны формулироваться в зависимости от ответственности ГТС, безопасность которых декларируется. Примерная структура декларации безопасности ГТС представлена ниже. Под факторами безопасности понимаются количественные и качественные характеристики состояния сооружения, природных воздействий и ожидаемого ущерба от аварии или разрушения ГТС.

Орган надзора устанавливает:

а) дополнительные требования к содержанию декларации безопасности и методику их составления, учитывающие особенности декларирования безопасности ГТС различных видов в зависимости от их назначения, класса капитальности, особенности конструкции, условий эксплуатации и специальных требований к безопасности;

б) формы деклараций безопасности;

в) график представления деклараций безопасности;

г) квалификационные требования к специалистам, включаемым в состав экспертных комиссий, определяет порядок формирования и регламент работы экспертных комиссий, организует обучение экспертов и обмен опытом их работы.

Целью государственной экспертизы декларации безопасности является установление полноты и достоверности сведений, указанных в декларации, в части:

- выявления степени опасности возникновения аварийных ситуаций на ГТС;

- достаточности предусмотренных мер по обеспечению безопасности ГТС и соответствия этих мер нормам и правилам.

Экспертиза основывается на следующих принципах:

- научной обоснованности, объективности и законности заключений экспертизы;

- независимости экспертов при осуществлении ими своих полномочий в области экспертизы;

- ответственности участников экспертизы и заинтересованности лиц за организацию, проведение и качество экспертизы.

Экспертное заключение должно быть конкретным, объективным, доказательным и аргументированным. Формулировки выводов должны иметь однозначное толкование.

Анализ разделов декларации безопасности и замечания должны сопровождаться ссылками на конкретные требования нормативных документов в области безопасности ГТС, локализации и ликвидации ЧС, защиты населения и территорий от воздействия природных и техногенных процессов. При проведении экспертизы анализируются все составные части

декларации безопасности с обязательным указанием их наименований и номеров.

Экспертное заключение должно содержать следующую информацию:

- наименование экспертного заключения (с указанием полного наименования декларации безопасности);
- краткую характеристику представленного на экспертизу материала;
- наименование организации, разработавшей декларацию безопасности;
- краткую характеристику и назначение декларируемого объекта;
- сведения о полноте представленной информации по всем разделам и пунктам декларации безопасности;
- сведения о степени выявления опасностей на ГТС;
- сведения о достаточности и соответствии принятых мер обеспечения безопасности требованиям действующих норм и правил;
- сведения по обеспечению безопасности на декларируемом объекте;
- выводы экспертизы.

При экспертизе сведений об опасности на ГТС необходимо:

- оценить обоснованность применяемых при разработке декларации безопасности подходов и методов анализа опасностей и риска;
- выявить полноту и достоверность выполненных расчетов по анализу опасностей и риска, а также степень учета всех факторов, влияющих на конечные результаты;
- особо изучить условия и возможность выхода поражающих факторов аварии за пределы территории гидротехнического комплекса и последствия воздействия поражающих факторов на население, другие объекты и окружающую среду;
- оценить наличие и достоверность мер предотвращения постороннего вмешательства в процесс эксплуатации ГТС и противодействия террористическим актам.

При необходимости следует указать или обосновать другие рекомендуемых методы анализа опасностей и риска или источники более достоверной исходной информации для расчетов.

В экспертном заключении на основании сформулированных ранее замечаний следует сделать вывод о степени соответствия декларации безопасности требованиям.

Выводы должны включать обязательную оценку:

- полноты, достоверности и правильности информации, представленной в декларации безопасности;
- соответствия условий эксплуатации действующим нормам и правилам в области безопасности ГТС, локализации и ликвидации ЧС, защиты населения и территорий от воздействия природных и техногенных процессов;
- степени выявления опасности на ГТС;
- достаточности принятых мер по обеспечению безопасности, защиты населения и территорий от воздействия природных и техногенных процессов.

## **ПРИМЕРНАЯ СТРУКТУРА ДЕКЛАРАЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**Декларация безопасности включает:**

### **1. Титульный лист.**

Титульный лист является первой страницей декларации безопасности.

На титульном листе приводятся следующие сведения:

- 1) регистрационный номер декларации безопасности;
- 2) гриф утверждения декларации безопасности;
- 3) наименование декларируемого ГТС;
- 4) место и дата составления декларации безопасности.

Рекомендуемая форма титульного листа декларации безопасности приведена в Приложении № 1 к Примерной структуре декларации безопасности ГТС.

### **2. Аннотация**

Аннотация содержит:

краткое изложение основных разделов декларации безопасности ГТС с обязательным указанием основных опасностей при его функционировании.

### **3. Список разработчиков декларации:**

наименование предприятия-разработчика, его адрес и телефон;  
Ф.И.О. исполнителя, должность, ученая степень, ученое звание.

### **4. Оглавление**

Оглавление включает наименование всех разделов и приложений с указанием страниц, с которых начинаются эти элементы декларации безопасности.

### **5. Общая информация.**

#### **5.1. Общие сведения о ГТС:**

Краткие сведения об организации, эксплуатирующей ГТС:

- полное и сокращенное наименование организации, эксплуатирующей ГТС;
- наименование вышестоящего органа, министерства или ведомства (при наличии);
- наименование должности руководителя организации;
- полный почтовый адрес организации, телефон, факс, телетайп, банковские реквизиты;
- генпроектная организация, выполнившая проект сооружения;
- генстроительные организации, выполнившие строительство сооружения и монтаж оборудования;
- годы пуска сооружения во временную и постоянную эксплуатацию; наличие актов приемки Государственной комиссией.

**5.2. Описание ГТС и его месторасположения с ситуационным планом (Приложение № 4 к Примерной структуре декларации безопасности ГТС):**

- полное и сокращенное наименование ГТС и его назначение;
- состав ГТС, образующих напорный фронт; общая протяженность сооружений напорного фронта;

- размеры и границы территории гидротехнического комплекса;
- данные о топографии района расположения ГТС;
- сведения о природно-климатических условиях в районе расположения створа ГТС;
- гидрологические, гидрогеологические, инженерно-геологические и сейсмические условия района расположения ГТС;
- площадь и объем водосбора и снеготаяния;
- режим регулирования и параметры паводков в створе ГТС, в том числе катастрофические;
- максимальная водопропускная способность ГТС (по проекту), образующих напорный фронт;
- фактическая водопропускная способность;
- характеристика ГТС: дамба (плотина) грунтовая (класс, тип, длина, высота, материал, дренаж, основание);
- плотина бетонная (класс, тип, высота, наклон граней, основание);
- наличие и границы опасной и охранной зон;
- границы зоны затопления в случае гидродинамической аварии;
- сведения о численности персонала на окружающих объектах и/или организациях, которые могут оказаться в зоне действия поражающих факторов в случае гидродинамической аварии на подлежащем декларированию безопасности сооружении;
- сведения о размещении населения на прилегающей территории, которая может оказаться в зоне действия поражающих факторов в случае гидродинамической аварии на сооружении;
- наличие и вместимость находящихся в возможной зоне действия поражающих факторов мест скопления людей (больниц, детских садов и яслей, школ, жилых домов, стадионов, кинотеатров, вокзалов, аэропортов и др.);
- сведения о системе гидротранспорта и оборотного водоснабжения.

### 5.3. Общие меры по обеспечению эксплуатационной надежности и безопасности ГТС:

- соответствие сооружения требованиям правил эксплуатации и безопасности при эксплуатации;
- сведения о соответствии на момент составления декларации безопасности параметров сооружения проектным;
- наличие на объекте разработок критериев оценки безопасной работы ГТС;
- данные о наличии и выполнении организационно-технических мероприятий по повышению надежности и безопасности сооружений;
- данные о выполнении капитальных ремонтных работ по ликвидации дефектов, повреждений и аварийных ситуаций, влияющих на надежность и безопасность сооружений в целом;
- данные о выполнении разработанных мероприятий по предупреждению аварий с учетом анализа основных причин имевших место

на ГТС неполадок, повреждений, аварий, а также по повышению эксплуатационной надежности и безопасности ГТС;

- перечень необходимых и/или действующих лицензий на осуществление деятельности, связанных с повышенной опасностью ГТС;

- характеристика подразделения технического контроля эксплуатационной надежности и безопасности ГТС;

- укомплектованность подразделения специалистами-гидротехниками;

- его соответствие нормативным документам;

- оснащение ГТС КИА для наблюдений за сооружениями, соответствие количества и номенклатуры КИА требованиям проекта и нормативным документам, сведения о работоспособности и техническом состоянии КИА;

- укомплектованность подразделения технического контроля безопасности ГТС специальными нормативными документами, регламентирующими требования по безопасному ведению работ, методическими рекомендациями, пособиями, инструкциями по проведению натурных наблюдений и обследований, оценке работы и состояния сооружений;

- научно-техническое обеспечение (сопровождение) решений наиболее сложных вопросов эксплуатации, безопасности и повышения надежности ГТС (какие организации привлекаются, перечень решенных и решаемых вопросов безопасности сооружений);

- перечень имеющихся на ГТС документов (проектные, исполнительные, технические паспорта, изыскательские материалы, данные наблюдений, акты, нормативы, инструкции и т.п.).

#### **6. Страховые данные:**

- наименование и адрес организации, в которой застраховано ГТС;

- вид страхования;

- максимальный размер застрахованной ответственности за нанесенный ущерб физическим и юридическим лицам в случае аварии;

- порядок возмещения ущерба в случае аварии.

#### **7. Анализ безопасности ГТС.**

Технические показатели эксплуатационной надежности и безопасности гидротехнических сооружений.

Данные о диагностируемых параметрах ГТС:

- наличие ПДЗ показателей состояния сооружений и их достаточности для оценки состояния ГТС (кем и когда разработаны и утверждены);

- наличие годовых отчетов по оценке состояния ГТС, короткий анализ результатов натурных наблюдений за работой ГТС (за последние 5-10 лет) с оценкой их состояния, стабильности во времени контролируемых показателей, степени опасности имеющихся локальных повреждений и неблагоприятных процессов (если таковые имеют место).

#### **8. Сведения о выполненных работах по обеспечению надежности и безопасности ГТС.**



Сведения об оценках эксплуатационной надежности и безопасности ГТС, обоснованных исследованиями НИО, данными обследований сооружений комиссиями специалистов и экспертов (за 3-5 лет).

Общее заключение и вывод об эксплуатационной надежности и безопасности ГТС.

Сведения о ведении мониторинга безопасной эксплуатации ГТС.

Анализ условия возникновения опасностей, риска гидродинамических аварий и оценка возможных ЧС.

Выявление возможных причин возникновения и характер опасных повреждений декларируемых ГТС, способных вызвать аварийные ситуации и гидродинамические аварии (выявляются с учетом конструктивных особенностей и состояния сооружений; природно-климатических, геологических и других условий эксплуатации и расположения ограждающей дамбы, режимов эксплуатации и состояния МО, уровня технического контроля за сооружениями, квалификации эксплуатационного персонала).

Оценка риска гидродинамических аварий и возможных ЧС (для ГТС I, II и III класса и I класса токсичности):

- исходные данные, необходимые для оценки риска гидродинамической аварии;

- определение границ зон возможного затопления для рассматриваемых сценариев аварий на ГТС (для хранилищ жидких отходов промышленных предприятий - дополнительно границ зон вредного воздействия на окружающую среду);

- определение зон действия вторичных поражающих факторов (от аварий на промышленных объектах, вызванных воздействием волны прорыва на здания и сооружения промышленных объектов в зоне затопления);

- оценка возможного количества погибших, пострадавших и численности населения, у которого могут быть нарушены условия жизнедеятельности (с учетом воздействия вторичных поражающих факторов и возможного вредного воздействия на окружающую среду);

- оценка степени разрушения зданий и сооружений в зонах возможного затопления (с учетом воздействия вторичных поражающих факторов);

- оценка величины возможного ущерба физическим и юридическим лицам в случае аварии;

- описание сценариев возникновения и развития аварий с учетом их вероятности;

- показатели риска гидродинамических аварий ГТС с учетом и без учета оперативной реализации мероприятий по предотвращению их развития (подавлению);

- класс возможных ЧС при аварии на ГТС в соответствии с действующей классификацией ЧС природного и техногенного характера с указанием вероятности их возникновения.

## **9. Выводы:**

- основные результаты анализа опасностей и риска;

- перечень разработанных мер по уменьшению риска гидродинамических аварий и других аварий, в т.ч. связанных с распространением загрязненных стоков.

#### **10. Обеспечение готовности ГТС к локализации и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций.**

Наличие на объекте необходимых резервов строительных материалов (открытые карьеры и отвалы грунтов, склады инертных материалов, цемента, металла и т.п.), землеройной техники (экскаваторы, бульдозеры и др.), автотранспорта, других механизмов для оперативной ликвидации повреждений и аварийных ситуаций на сооружении.

Наличие на объекте и работоспособное состояние аварийных средств открытия всех водосливных отверстий и трактов в случае выхода из работы штатных механизмов: затворов, подъемных кранов и лебедок, сервомоторов, утрата электропитания и пр., и возникновения угрозы перелива воды через гребень плотины (дамбы).

Порядок применения на ГТС взрывчатых веществ, в случае аварийной необходимости.

Состояние дорог, мостов и подъездов в районе и на территории ГТС; состояние аварийных выходов для эксплуатационного персонала на объекте.

Наличие на объекте водолазных средств для ликвидации подводных повреждений сооружений и оборудования.

Наличие на объекте типовых конструктивно-технологических решений по предотвращению развития (подавлению) опасных повреждений и аварийных ситуаций на ГТС и их материально-технического обеспечения в случаях возникновения событий.

Наличие на объекте плана оперативных ПДАС в случаях возникновения на ГТС предаварийных (аварийных) ситуаций.

Наличие на объекте аварийных средств связи, системы оповещения и плана эвакуации населения из зоны возможного затопления волной прорыва напорного фронта.

Наличие аварийных средств связи с персоналом ГТС, при аварийных ситуациях, а также системы оповещения населения при угрозе прорыва напорного фронта.

Сведения об организации служб техники безопасности, противоаварийных сил и аварийно-спасательной службы.

Наличие на объекте плана совместной локализации и ликвидации гидродинамических аварий и их последствий с участием спецподразделений и с использованием материально-технических средств предприятий региона, согласованного с территориальными органами МЧС.

Общее заключение и вывод о готовности объекта к локализации и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций на ГТС.

#### **11. Информирование общественности.**

Порядок информирования населения и органа местного самоуправления, на территории которого расположено ГТС, о прогнозируемых и возникших на сооружениях чрезвычайных ситуациях.

Порядок представления информации, содержащейся в декларации безопасности ГТС.

Привлечение средств массовой информации.

## **12. Заключение.**

Заключение, включающее оценку уровня безопасности отдельных ГТС и комплекса ГТС объекта, а также перечень необходимых мероприятий по обеспечению безопасности.

Особые требования к декларации безопасности для проектируемого ГТС представлены в Приложении № 2 к Примерной структуре декларации безопасности ГТС.

Особые требования к декларации безопасности для строящегося ГТС представлены в Приложении № 3 к Примерной структуре декларации безопасности ГТС.

## **13. Приложения:**

- а) справка о состоянии ГТС с актом обследования;
- б) схема размещения сооружений с прилегающей территорией, попадающей в зону затопления;
- в) схема каскада ГТС, расположенного на реке;
- г) линейная схема каналов;
- д) характерные продольные профили и поперечные сечения по основным ГТС;
- е) схема размещения КИА, схема АСУ и система раннего предупреждения и оповещения;
- ж) инженерно-технические и организационные мероприятия, направленные на обеспечение безопасности ГТС.

Приложение № 1  
к Примерной структуре декларации безопасности ГТС

**Форма титульного листа**

УТВЕРЖДАЮ

\_\_\_\_\_  
Орган надзора

\_\_\_\_\_  
Подпись

\_\_\_\_\_  
Номер госрегистрации

**ДЕКЛАРАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

\_\_\_\_\_  
Наименование гидротехнического сооружения

\_\_\_\_\_  
Руководитель организации

\_\_\_\_\_  
Подпись

м. п.

\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_  
Наименование населенного пункта

### **Особые требования для декларации безопасности проектируемого гидротехнического сооружения**

1. В состав раздела «Общая информация» дополнительно входят:

1.1. При описании общих сведений о проектируемом ГТС:

- сведения об использовании в проекте отчетов по изысканиям в части сейсмичности района площадки строительства ГТС, характеристик грунтов, природно-климатических и других внешних воздействий и условий;

- сведения о результатах инженерно - геологических исследований оснований основных строительных выемок, сравнение прогнозируемых и реально существующих факторов, определяющих инженерно-геологические условия, а также рекомендации в необходимых случаях по корректировке рабочей документации;

- сведения о результатах инженерно-гидрологических исследований и принятых на их основе проектных и конструктивных решениях;

- в качестве приложения - паспорт ГТС с комплектом общих чертежей: ситуационный план, план водохранилища, генплан гидроузла, планы и разрезы по сооружениям напорного фронта, ограждающим и защитным дамбам и т.п.

1.2. При описании общих мер безопасности дополнительно включается обоснование численности производственного персонала, персонала технического надзора, противоаварийных сил и аварийно-спасательных служб с учетом возможности ликвидации последствий гидродинамической аварии.

2. В состав раздела «Анализ безопасности ГТС» в технические показатели эксплуатационной надежности и безопасности дополнительно входят:

- данные о разделении ГТС по отношению к последствиям нарушения их функционального назначения;

- сведения об обосновании проектных и технологических решений ГТС, научными исследованиями (компоновка, прочность и устойчивость, условия сопряжения бьефов, гидравлика водопроводящих трактов и т.д.);

- порядок возведения ГТС и пропуска строительных расходов в процессе строительства;

- установленные допустимые значения показателей безопасности ГТС на основе их расчета на прочность, устойчивость, водонепроницаемость и долговечность;

- перечень нормативных документов на проектирование отдельных видов ГТС, а также дополнительных требований, предъявляемых к строительству сооружений в сейсмических районах, в Северной строительной-климатической зоне, в районах распространения просадочных, набухающих и слабых по физико-механическим свойствам грунтов;

- результаты модельных, экспериментальных полигонных исследований и опытных работ, проводимых с целью обоснования проектных решений;
- данные, подтверждающие выполнение соответствующих требований СНиПов;
- обоснование рационального размещения оборудования и помещений, достаточности условий, обеспечивающих проведение ремонтных и аварийных работ, проведение эвакуации персонала, обслуживающего ГТС;
- обоснование выбора строительных конструкций с учетом стойкости к воздействию поражающих факторов, возникающих при гидродинамических авариях и ЧС;
- характеристика проекта мониторинга безопасности;
- обоснование технических решений по пропуску паводков заданной обеспеченности через ГТС в строительный и эксплуатационный периоды;
- перечень технических условий проекта, направленных на обеспечение проектных показателей качества работ, прочности и устойчивости ГТС;
- сведения об учете в проекте замечаний и рекомендаций экспертов в части повышения надежности и безопасности ГТС;
- анализ ремонтпригодности ГТС на запроектированных сооружениях.

### **Основные требования к декларации безопасности для строящегося гидротехнического сооружения**

1. Декларация безопасности для строящегося ГТС разрабатывается на основе декларации безопасности, подготовленной в составе проекта.

2. В состав раздела «Общая информация» дополнительно включаются:

2.1. При описании ГТС и его месторасположения:

- сведения об инженерных изысканиях, сопровождающих строительство ГТС:

- результаты инженерно – геологических изысканий с уточнениями и изменениями оценки условий строительства;

- сведения об инженерно-гидрологических условиях строительства;

- инженерно-геодезические материалы условий строительства;

- уточненные характеристики материалов оснований, выявленные в процессе разработки котлованов, а также характеристики материалов, применяемые для грунтовых и бетонных сооружений на основе данных карьеров для заполнителей и материалов для возведения грунтовых сооружений.

2.2. При описании общих мер по обеспечению эксплуатационной надежности и безопасности ГТС:

- сведения о реализации проектных решений для каждого элемента (блока) ГТС;

- сведения о готовности ГТС к приемке во временную эксплуатацию.

2.3. Сведения о реализации проектных решений содержат:

- сведения об основных этапах строительства;

- перечень согласованных проектной организацией и заказчиком и внесенных в проект изменений, проведенных в процессе строительства ГТС, и влияющих на обеспечение его безопасности;

- сведения об основных отступлениях от проектных решений, влияющих на надежность и безопасность ГТС, допущенных в процессе строительства, и их оценка;

- сведения о полноте реализации проекта натурных наблюдений за ГТС, в первую очередь по установке и сохранности работоспособности КИА;

- сведения об авторском надзоре со стороны Генпроектировщика;

- сведения о временном жилье и производственной базе строительства в условиях превышения расчетных расходов реки в строительный период.

2.4. Сведения о готовности ГТС к приемке во временную эксплуатацию содержат:

- сведения о промежуточных приемках сооружений и скрытых работ;

- сведения о мерах по ликвидации отказов и повреждений в строительный период и их технической эффективности;

- сведения об испытаниях ГТС промежуточными напорами в строительный период и полным напором перед сдачей в эксплуатацию; наличие соответствующих актов испытаний и приемок;
- результаты индивидуальных испытаний с пробным пуском основного и вспомогательного оборудования, а также комплексного опробования оборудования;
- результаты натурных наблюдений и исследований за безопасностью ГТС в период строительства;
- уточненные значения предельно допустимых показателей безопасности ГТС на основе данных строительной лаборатории, геотехконтроля и натурных наблюдений;
- данные натурных наблюдений в период постановки сооружения под напор и эксплуатации сооружения;
- предложения по уточнению предельно допустимых показателей безопасности ГТС на основе данных натурных наблюдений в период наполнения водохранилища до достижения НПУ и первый период нахождения сооружений под напором;
- перечень основных документов при передаче объекта в эксплуатацию.



## КАДАСТР / РЕГИСТР ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

### Порядок ведения Кадастра гидротехнических сооружений в Республике Узбекистан [40].

#### 1. Общие положения.

1.1. Кадастр ГТС Республики Узбекистан ведется в соответствии с Законом Республики Узбекистан «О безопасности гидротехнических сооружений» в целях учёта и оценки технического состояния сооружений, обеспечения их безопасной работы.

1.2. Кадастр ГТС представляет собой систему сведений и документов о природных условиях, местоположении, технических, качественных и количественных характеристиках сооружения, сроке службы, владельце и других данных.

1.3. Объектом Кадастра являются ГТС, находящиеся в государственной собственности, а также ГТС предприятий, входящие в республиканскую и региональную водохозяйственную и энергетическую системы.

1.4. Кадастр ГТС ведется с целью всестороннего изучения и оценки технического состояния, учета качественных, количественных характеристик и уровня эксплуатации сооружений.

1.5. Основной задачей Кадастра ГТС является постоянное совершенствование технологии разработки, систематизации, хранения, обновления данных и представления информации об объекте.

1.6. Основными принципами ведения Кадастра ГТС являются охват ГТС, представляющих опасность риска возникновения ЧС, единство методики ведения, достоверность кадастровой информации.

1.7. Кадастр ГТС предназначен: для обеспечения заинтересованных органов информацией о безопасности ГТС, организации правильной эксплуатации, оценки технического состояния в целях предотвращения возможных аварий.

1.8. Ведение Кадастра ГТС обеспечивается проведением обследований, топогеодезических изысканий, гидрологических, геологических, гидрогеологических, геофизических, натурных и других специальных исследований, а также регистрацией ГТС в специальном реестре.

1.9. Работы по ведению Кадастра ГТС финансируются из государственного бюджета.

#### 2. Содержание Кадастра ГТС.

2.1. Кадастром ГТС предусматривается регистрация сооружения в специальном реестре с присвоением каждому сооружению кадастрового номера, систематизация, учет качественных, количественных характеристик и внесение данных по сооружению в соответствующие формы, хранение, обновление и выдача информации для использования.

2.2. В Кадастр ГТС вносятся общие сведения по сооружению, характеристика гидрологических, геологических, гидрогеологических, литологических условий, состав сооружений, водохозяйственные, водо-энергетические, технико-экономические показатели, результаты обследований, натурных наблюдений, имеющиеся дефекты, определяющие состояние сооружения с приложением конструктивных чертежей, схем, графиков.

2.3. Формы по содержанию Кадастра ГТС утверждаются Государственной инспекцией "Госводхознадзор" по согласованию с Министерством сельского и водного хозяйства, ГАК «Узбекэнерго» применительно к виду конкретного ГТС (водохранилище, НС, гидроузел, канал, коллектор и другие).

### **3. Ведение Кадастра ГТС.**

3.1. Ведение Кадастра ГТС I, II, III классов, находящихся в государственной собственности, а также входящих в республиканскую и региональную водохозяйственную и энергетическую системы, осуществляется Государственной инспекцией "Госводхознадзор", а по другим ГТС ниже III класса капитальности - Министерством сельского и водного хозяйства, ГАК «Узбекэнерго» и др., по принадлежности сооружений.

3.2. Органы, на которые возложено ведение Кадастра ГТС, обеспечивают контроль (мониторинг) за техническим состоянием и безопасностью ГТС.

3.3. При обновлении кадастровых данных ГТС выявляются и регистрируются изменения, происходившие в результате реконструкции, капитального ремонта и других воздействий, влияющих на характеристики и техническое состояние сооружения. Владельцы сооружения в месячный срок обязаны представить в органы, на которые возложены ведение Кадастра ГТС, информацию об указанных изменениях.

### **4. Порядок присвоения Кадастрового номера ГТС [41].**

4.1. Настоящим устанавливается порядок присвоения Кадастрового номера гидротехническим сооружениям I, II и III класса капитальности, а также сооружениям, представляющим повышенную опасность, при ведении Кадастра Органом надзора осуществляющим контроль и надзор за безопасностью ГТС.

4.2. Основанием для внесения в Кадастр ГТС и присвоения Кадастрового номера является декларация безопасности, утвержденная Органом надзора.

4.3. Присвоенный номер декларации безопасности и Кадастровый номер должны быть идентичными.

4.4. Состав номера декларации и Кадастровый номер ГТС (01-1-02) означают:

- первые две цифровые значения «01» означает регион, где расположен объект (при прохождении трассы через территории несколько регионов, присваивается номер региона, где начинается трасса).

- следующее цифровое значение «1» - означает вид сооружения

- 1 - водохранилище

- 2 - каналы
- 3 - коллектора
- 4 - речные гидроузлы
- 5 - насосные станции

- последние две цифровые значения «02» означает порядковый номер сооружения в регионе.

## **Инструкция о ведении Российского Регистра гидротехнических сооружений [39].**

### **1. Общие положения.**

1.1. Формирование и ведение Российского Регистра ГТС возложено на Министерство природных ресурсов Российской Федерации (МПР).

Министерство топлива и энергетики Российской Федерации, Министерство транспорта Российской Федерации, Федеральный горный и промышленный надзор России, участвуют в формировании и ведении Регистра, формируют отраслевые разделы Регистра и представляют материалы по поднадзорным объектам в МПР России.

1.2. Российский регистр ГТС представляет собой единую систему учета, регистрации, хранения и предоставления информации по ГТС Российской Федерации.

1.3. Инструкция устанавливает основные правила формирования и ведения Регистра, систему сбора сведений, документов и проведения процедур, связанных с ведением базы данных по каждому ГТС, по каждому их виду и в целом по поднадзорным объектам в объеме разделов Регистра.

1.4. Государственной регистрации и учету подлежат все ГТС, определенные ст. ст. 1 и 3 Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений», независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, повреждения которых могут привести к возникновению ЧС.

1.5. В Регистр включаются сведения, отражающие особенности количественных и качественных показателей, принадлежащих каждому ГТС.

1.6. Объектами государственной регистрации являются ГТС или комплексы ГТС, подлежащие в соответствии с Федеральным законом "О безопасности гидротехнических сооружений" декларированию безопасности.

1.7. Органы государственного надзора могут привлекать для сбора и обработки информации по ГТС отраслевых разделов Регистра подведомственные им организации.

### **2. Цели формирования и ведения регистра.**

Регистр формируется и ведется в целях:

- государственной регистрации и учета ГТС различного назначения, независимо от форм собственности и ведомственной принадлежности;
- сбора, обработки, хранения и распространения информации о количественных и качественных показателях состояния ГТС, условиях их

эксплуатации и соответствии этих показателей и условий критериям безопасности ГТС;

- создания информационной основы для разработки и осуществления мероприятий по обеспечению безопасности ГТС и предупреждению ЧС;

- информационного обеспечения государственного управления и надзора в области безопасности ГТС.

### **3. Государственная регистрация ГТС.**

3.1. Основанием для включения ГТС (комплекса ГТС) в Регистр является декларация безопасности этого сооружения (комплекса ГТС), утвержденная органом надзора.

3.2. ГТС, которые находились в эксплуатации на дату вступления в силу Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений», вносятся в Регистр в безусловном порядке без представления декларации безопасности ГТС на основании заявления собственника или эксплуатирующей организации.

3.3. В случае неполного или некачественного представления информационных данных о ГТС орган надзора в месячный срок со дня регистрации заявления направляет собственнику или эксплуатирующей организации соответствующий запрос. Срок включения ГТС в Регистр при этом продлевается на период до поступления необходимой информации от собственника или эксплуатирующей организации.

Если по истечении трех месяцев со дня регистрации заявления собственник или эксплуатирующая организация не представили затребованной информации, орган надзора вправе возвратить заявление без рассмотрения.

3.4. Орган надзора обязан внести ГТС (комплекс ГТС) в Регистр в трехмесячный срок со дня регистрации в органе надзора заявления или со дня утверждения и регистрации декларации безопасности.

3.5. При государственной регистрации ГТС присваивается 17-значный регистрационный код, имеющий следующую структуру (см. Таблицу № 8.1):

Таблицу № 8.1

Порядковый номер знаков кода	Содержание кода
1	Номер отраслевого раздела Регистра
2, 3	Код ведомственной принадлежности ГТС (министерство, ведомство)
4, 5	Код субъекта Российской Федерации
6, 7	Код бассейна
8, 9	Код реки (водотока), входящей в бассейн
10, 11	Код водного объекта
12, 13	Код регистрируемого комплекса ГТС
14, 15	Код вида ГТС
16, 17	Порядковый номер ГТС, входящего в состав регистрируемого комплекса ГТС

# СОДЕРЖАНИЕ КАДАСТРА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

Таблицу № 8.2

№ п/п	Наименование информационных сведений	Содержание информационных сведений
1	2	3
<b>1.</b>	<b>Общие сведения</b>	
1.1	наименование ГТС	
1.2	водоток или местность, где образовано ГТС	
1.3	географическое месторасположение ГТС	
1.4	административные районы, затрагиваемые ГТС	
1.5	тип ГТС	
1.6	источники питания	
1.7	вид осуществляемого регулирования стока	
1.8	основное назначение, водопотребители и водопользователи	
1.9	сейсмичность района: - по проекту - по СНиП	
1.10	класс сооружений	
1.11	генеральный проектировщик	
1.12	генеральный подрядчик	
1.13	год строительства	
1.14	год реконструкции	
1.15	годы начала наполнения достижения отм. НПУ (водохранилище)	
1.16	ввод в эксплуатацию (какой организацией и когда оформлен акт приемки)	
1.17	наименование эксплуатирующая организация	
1.18	вид охраны	
1.19	дороги	
1.20	линии связи	
1.21	балансовая стоимость	
<b>2.</b>	<b>Характеристика стока и параметры (водохранилища)</b>	
2.1	основные гидрологические характеристики водотоков по данным наблюдений:	
2.1.1	пост	
2.1.2	водосборная площадь	
2.1.3	средний сток в створе гидроузла: - годовой; - за половодье.	
2.2	протяженность береговой линии при НПУ	
2.3	отметки уровней воды при: НПУ; УМО; ФПУ	
2.4	длина максимальная при НПУ	
2.5	ширина максимальная при НПУ	
2.6	глубина максимальная при НПУ	

N п/п	Наименование информационных сведений	Содержание информационных сведений
2.7	глубина средняя при НПУ	
2.8	площадь зеркала при: НПУ; УМО.	
2.9	емкость при НПУ:	
2.9.1	полная: - проектная; - уточненная с учетом заиления.	
2.9.2	полезная: проектная; уточненная с учетом заиления.	
2.10	мертвый объем: - проектный; - уточненный, с учетом заиления.	
2.11	заиления: - объем; - кем и когда определен.	
2.12	площадь мелководий при НПУ глубиной до 2 м: - проектная; - уточненная.	
<b>3.</b>	<b>Состав и характеристика сооружений</b>	
3.1	тип плотины	
3.2	параметры плотины: - наибольшая высота; - длина по гребню; - абс. отм. гребня; - ширина гребня; - ширина проезжей части; - макс. ширина по основанию плотины; - ширина берм: - с верхового откоса; - с низового откоса; - заложение откосов; - напор: - при НПУ; - при УМО.	
3.3	параметры дренажной системы.	
3.4	параметры водовыпуска: - расчетный расход; - эксплуатационный расход; - общая длина; - отметка порога.	
3.5	параметры водосбороса: - описание; - пропускная способность; - общая длина; - отметка порога.	
3.6	параметры подводящего канала: - описание; - ширина по дну; - заложение откосов;	

N п/п	Наименование информационных сведений	Содержание информационных сведений
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- глубина;</li> <li>- протяженность;</li> <li>- пропускная способность.</li> </ul>	
3.7	сопрягающее сооружение	
3.8	параметры отводящего канала: <ul style="list-style-type: none"> <li>- описание;</li> <li>- ширина по дну;</li> <li>- заложение откосов;</li> <li>- глубина;</li> <li>- протяженность;</li> <li>- пропускная способность.</li> </ul>	
3.9	коэффициент устойчивости откоса с учетом сеймики: <ul style="list-style-type: none"> <li>- нормативный;</li> <li>- расчетный.</li> </ul>	
3.10	объем основных работ: <ul style="list-style-type: none"> <li>- грунт;</li> <li>- бетон и железобетон;</li> <li>- метал.</li> </ul>	
<b>4.</b>	<b>Расходы в створе гидроузла.</b>	
4.1	характерные расходы в естественных условиях: <ul style="list-style-type: none"> <li>- наблюдаемые:               <ul style="list-style-type: none"> <li>-максимальный;</li> </ul> </li> <li>-максимальные с расчетной вероятностью:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- превышения;</li> <li>- нормальный, 0.1%;</li> <li>- поверочный, 0.01%.</li> </ul> </li> </ul>	
4.2	характерные расходы в зарегулированных условиях: <ul style="list-style-type: none"> <li>- максимальные с расчетной вероятностью превышения:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- нормальный 0.1%;</li> <li>- поверочный 0.01%.</li> </ul> </li> <li>- при пропуске рабочего расхода через сооружения:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- водовыпуск;</li> <li>- водосброс;</li> </ul> </li> <li>- ГЭС или деривация;</li> <li>- максимальная пропускная способность турбин.</li> </ul>	
4.3	потери воды на фильтрацию и на испарение	
<b>5.</b>	<b>Геологические, гидрогеологические условия и литологический состав пород</b>	
5.1	по дну чаши водохранилища	
5.2	в основании плотины	
5.3	глубина залегания грунтовых вод в районе водохранилища: <ul style="list-style-type: none"> <li>- в нижнем бьефе;</li> <li>- на левом борту водохранилища.</li> </ul>	
5.4	минерализация грунтовых вод верхних горизонтов дна котловины и т.п.	
<b>6.</b>	<b>Дополнительная характеристика</b>	
6.1	климатическая характеристика:	

N п/п	Наименование информационных сведений	Содержание информационных сведений
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- среднегодовая сумма осадков;</li> <li>- среднегодовая температура воздуха;</li> <li>- среднемноголетнее испарение с поверхности водохранилища за год.</li> </ul>	
6.2	<p>среднемноголетнее испарение с поверхности водохранилища за год:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- даты установления ледостава: <ul style="list-style-type: none"> <li>- ранняя;</li> <li>- поздняя.</li> </ul> </li> <li>- даты очищения ото льда: <ul style="list-style-type: none"> <li>- ранняя;</li> <li>- поздняя.</li> </ul> </li> </ul>	
6.3	максимальная наблюденная высота волны	
6.4	срок заилиения мертвого объема водохранилища по проекту	
6.5	площадь земель, намечаемых к орошению из водохранилища по проекту	
6.6	<p>допустимые скорости наполнения водохранилища:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по проекту;</li> <li>- уточненные или рекомендованные.</li> </ul>	
6.7	<p>допустимые скорости сработки водохранилища:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- по проекту;</li> <li>- уточненные или рекомендованные.</li> </ul>	
6.8	минимальное время опорожнения	
6.9	водоохранная зона	
<b>7.</b>	<b>Контрольно – измерительная аппаратура (КИА)</b>	
7.1	<p>пьезометры - <u>по проекту</u> фактически работающие</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в теле плотины;</li> <li>- в правом борту;</li> <li>- в левом борту;</li> <li>- в нижнем бьефе;</li> <li>- всего;</li> <li>- по чаше водохранилища: <ul style="list-style-type: none"> <li>- на правом борту;</li> <li>- на левом борту.</li> </ul> </li> </ul>	
7.2	<p>геодезические знаки - <u>по проект</u> факт. работающие</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- фундаментальные высотные репера;</li> <li>- поверхностные марки плотины;</li> <li>- створные знаки;</li> <li>- бетонная марка в здании входа в эксплуатационную галерею и в машинном зале;</li> <li>- марка пространственного шелемера в эксплуатационной галерее и в трубе водовыпуска.</li> </ul>	
7.3	<p>водомерные устройства - <u>по проекту</u> факт. работающие</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- дренажная система;</li> </ul>	



N п/п	Наименование информационных сведений	Содержание информационных сведений
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- подводящий канал;</li> <li>- отводящий канал.</li> </ul>	
8.	<b>Натурные наблюдения</b>	
8.1	обследование сооружений (какой организацией и когда последний раз выполнялось)	
8.2	фильтрационные: <ul style="list-style-type: none"> <li>- кем выполняется:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- наблюдения;</li> <li>- обработка и анализ.</li> </ul> </li> <li>- период:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- наблюдения;</li> <li>- обработка и анализ.</li> </ul> </li> <li>- результаты анализа.</li> </ul>	
8.3	инженерно-геодезические: <ul style="list-style-type: none"> <li>- кем выполняется:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- наблюдения;</li> <li>- обработка и анализ;</li> </ul> </li> <li>- период:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- наблюдения;</li> <li>- обработка и анализ.</li> </ul> </li> <li>- результаты анализа.</li> </ul>	
8.4	фактическая максимальная интенсивность наполнения и сработки водохранилища: <ul style="list-style-type: none"> <li>- наполнение:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- год величина УВБ.</li> </ul> </li> <li>- сработка:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- год величина УВБ.</li> </ul> </li> </ul>	
9.	<b>Химический анализ воды</b>	
9.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- кем выполняется:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- наблюдения;</li> <li>- обработка и анализ;</li> </ul> </li> <li>- период:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- наблюдения;</li> <li>- обработка и анализ.</li> </ul> </li> </ul>	
9.2	Результаты анализа: <ul style="list-style-type: none"> <li>- химический характер воды в чаше водохранилища, дренажной воды.</li> </ul>	
10.	<b>Основные дефекты на всех сооружения.</b>	

# СОДЕРЖАНИЕ РОССИЙСКОГО РЕГИСТРА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Таблицу № 8.3

N п/п	Наименование информационных сведений	Содержание информационных сведений
1.	Наименование ГТС	
2.	Дата государственной регистрации ГТС в Регистре	
3.	Наименование субъекта, на территории которого находятся ГТС	
4.	Наименование бассейна и водотока	
5.	Наименование водного объекта (водохранилища)	
6.	Собственник (организационно - правовая форма, наименование, ИНН, юридический адрес, факс, телефон, код электронной почты)	
7.	Эксплуатирующая организация (организационно - правовая форма, наименование, ИНН, юридический адрес, факс, телефон, код электронной почты)	
8.	Балансодержатель (организационно - правовая форма, наименование, ИНН, юридический адрес, факс, телефон, код электронной почты)	
9.	Условия и правовое основание передачи ГТС в распоряжение эксплуатирующей организации (аренда, передача в хозяйственное ведение или оперативное управление; основание: договор или иной правовой документ)	
10.	Период ввода ГТС (комплекса ГТС) в эксплуатацию (в том числе: временную, постоянную)	
11.	Балансовая стоимость ГТС (комплекса ГТС) на год включения в Регистр, млн. руб.	
12.	Остаточная стоимость ГТС (комплекса ГТС) по балансу на год включения в Регистр, млн. руб.	
13.	Организация - генпроектировщик или ее правопреемник (организационно - правовая форма, наименование, ИНН, юридический адрес, факс, телефон, код электронной почты)	
14.	Строительная организация - генподрядчик или ее правопреемник (организационно - правовая форма, наименование, ИНН, юридический адрес, факс, телефон, код электронной почты)	
15.	Наименование федерального органа исполнительной власти, уполномоченного осуществлять государственный надзор за безопасностью ГТС (орган надзора)	
16.	Общие характеристики ГТС (комплекса ГТС):	
16.1	- тип компоновки ГТС	
16.2	- среднемноголетний сток в створе ГТС км <sup>3</sup> /год	
16.3	- площадь водохранилища, км <sup>2</sup>	
16.4	- полезный объем водохранилища, 1Е6 м <sup>3</sup>	
16.5	- нормальный уровень верхнего бьефа (НПУ), м	
16.6	- форсированный уровень верхнего бьефа (ФПУ), м	
16.7	- максимальный проектный расход при НПУ, м <sup>3</sup> /с	

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование информационных сведений</b>	<b>Содержание информационных сведений</b>
16.8	- максимальный проектный расход при ФПУ, м <sup>3</sup> /с	
16.9	- наибольший уровень нижнего бьефа при пропуске максимального расхода, м	
16.10	- максимальный удельный расход в нижнем бьефе водопропускных ГТС, м <sup>2</sup> /с	
17.	Ограничения проектного расхода через створ ГТС (дефицит сбросного расхода при ФПУ или ином максимально возможном УВБ), м <sup>3</sup> /с, в том числе из-за:	
17.1	- неудовлетворительного состояния ГТС, включая крепления дна и берегов отводящих участков русла (отводящих каналов)	
17.2	- незаконной застройки затопляемой зоны в нижнем бьефе	
17.3	- ограничения уровня верхнего бьефа из-за неготовности защитных сооружений, неподготовленности зоны затопления и других причин	
18.	Параметры напорного фронта ГТС:	
18.1	- максимальный напор на водоподпорные ГТС, м	
18.2	- максимальная высота водоподпорных ГТС, м	
18.3	- длина напорного фронта ГТС, м	
19.	Расчетные сейсмические нагрузки	
20.	Климатические условия (температура, осадки, ветер, максимальная толщина льда в водохранилище)	
21.	Основные виды и среднегодовые показатели производственной деятельности объекта (эксплуатирующей организации) с использованием ГТС:	
21.1	- регулирование режимов работы водных объектов (регулирование стока рек), м <sup>3</sup> /год	
21.2	- годовая выработка электроэнергии (для ГТС электростанций), ГВтч/год	
21.3	- выработка тепловой энергии (для ГТС ТЭЦ, ТЭС и АЭС), Ткал/год	
21.4	- водоснабжение, м <sup>3</sup> /год	
21.5	- другие виды деятельности	
22.	Химические компоненты хранилищ жидких отходов и количественные характеристики содержания опасных веществ	
23.	Класс токсичности отходов	
24.	Численность службы эксплуатации ГТС:	
24.1	- всего	
24.2	- в т.ч. лиц, имеющих специальное образование в области эксплуатации ГТС	
25.	Нормативная документация по эксплуатации ГТС, используемая эксплуатирующей организацией:	
25.1	- отраслевые или иные общие правила эксплуатации ГТС	
25.2	- инструкция по эксплуатации ГТС	
25.3	- критерии безопасности ГТС	
25.4	- проектная и исполнительная документация	
25.5	- акт приемки ГТС в эксплуатацию	

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование информационных сведений</b>	<b>Содержание информационных сведений</b>
25.6	- планы мероприятий по предупреждению, локализации и ликвидации последствий ЧС в результате аварий ГТС	
25.7	- акт обследования ГТС (год проведения последнего обследования)	
25.8	- планы мероприятий по обеспечению и повышению безопасности эксплуатации ГТС	
25.9	- паспорт ГТС	
26.	Максимальный возможный размер территории, на которой могут иметь место последствия аварии ГТС, км <sup>2</sup>	
27.	Наличие не указанной в п. 26 территории населенных пунктов, промышленных, сельскохозяйственных и иных предприятий и организаций, исторических и культурных памятников и иных объектов, которым может быть нанесен вред (численность населения, количество организаций и иных объектов, с указанием особо крупных и имеющих опасные виды производственной деятельности)	
28.	Наличие действующей системы оповещения населения об угрозе ЧС в результате аварии ГТС	
29.	Финансовое обеспечение риска гражданской ответственности за вред, причиненный аварией ГТС:	
29.1	- наличие действующего договора страхования (год заключения)	
29.2	- страховщик (организационно - правовая форма, наименование, ИНН, юридический адрес, факс, телефон, код электронной почты)	
29.3	- размер страховой суммы	
29.4	- размер страхового тарифа	

### Основные характеристики гидротехнических сооружений

Таблица № 8.4

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование характеристик ГТС</b>	<b>Наименование ГТС (по балансу)</b>											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
30.	Тип												
31.	Год начала строительства												
32.	Год ввода во временную эксплуатацию												
33.	Год ввода в постоянную эксплуатацию												
34.	Балансовая стоимость на год включения в Регистр, млн. руб.												
35.	Процент износа на год включения в Регистр, %												
36.	Класс ГТС												
37.	Строительный объем, м <sup>3</sup>												
38.	Максимальная высота, м												
39.	Длина, км												
40.	Максимальная ширина по основанию, м												

N п/п	Наименование характеристик ГТС	Наименование ГТС (по балансу)									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2										
41.	Тип основания и метод его подготовки										
42.	Наличие оползневых участков, тектонических и деформационных нарушений в основаниях и береговых примыканиях ГТС										
43.	Минимальное превышение отметки гребня водоподпорных сооружений над НПП, м:										
43.1	- по проекту										
43.2	- фактическое										
44.	Тип водосбросных устройств (сооружений)										
45.	Гидромеханическое оборудование (тип, количество)										
46.	Максимальный проектный расход, м <sup>3</sup> /с										
46.1	- при НПУ										
46.2	- при ФПУ										
47.	Фактический максимальный расход при наличии ограничений проектной водопропускной способности, м <sup>3</sup> /с:										
47.1	- при НПУ										
47.2	- при ФПУ										
48.	Причины ограничения водопропускной способности										
49.	Аварии или аварийные ситуации, имевшие место за период эксплуатации, потребовавшие срочного выполнения работ по их предотвращению и локализации, а также работ по восстановлению ГТС (даты и причины событий)										
50.	Количество используемых технических средств контроля состояния ГТС, шт.										
	в том числе:										
50.1	- марок, реперов и других устройств для наблюдений за деформациями ГТС и оснований геодезическими методами										
50.2	- пьезометров, расходомеров и иных устройств для наблюдений за фильтрацией										
50.3	- дистанционной КИА (допущенной Госстандартом к применению на ГТС)										
50.4	- специальных средств измерения для обследований ГТС										
50.5	- компьютерных систем мониторинга ГТС										
51.	Качественная характеристика уровня безопасности:										
51.1	нормальный уровень безопасности: ГТС соответствуют проекту, действующим нормам и правилам, значения критериев безопасности не превышают предельно допустимых для работоспособного состояния сооружений и оснований, эксплуатация осуществляется без нарушений действующих законодательных актов, норм и правил, предписания органов надзора выполняются										
51.2	пониженный уровень безопасности в результате невыполнения первоочередных мероприятий или неполного выполнения предписаний органов надзора по обеспечению безопасности ГТС и других нарушений правил эксплуатации при прочих условиях, соответствующих приведенным в п. 59.1										
51.3	неудовлетворительный уровень безопасности: снижение										

N п/п	Наименование характеристик ГТС	Наименование ГТС (по балансу)									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2										
	механической или фильтрационной прочности, превышение предельно допустимых значений критериев безопасности для работоспособного состояния, другие отклонения от проектного состояния, способные привести к развитию аварии										
51.4	опасный уровень безопасности вследствие развивающихся процессов снижения прочности и устойчивости элементов ГТС и их оснований, превышения ПДЗ критериев безопасности, характеризующих переход от частично неработоспособного к неработоспособному состоянию сооружений и оснований										
52.	Результаты количественной оценки риска аварии:										
52.1	экспертными методами										
52.2	методами теории надежности с оценкой вероятности аварии										
53.	Другие данные о ГТС, отражающие их принадлежность, особенности назначения и конструкций										

Печать организации (собственника ГТС,  
эксплуатирующей организации)

Подпись руководителя организации  
(собственника ГТС, эксплуатирующей  
организации)

## **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, ОПОВЕЩЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ**

### **1. Составления плана действий службы эксплуатации при аварии гидротехнического сооружения. [16,18]**

1.1. Цель плана действий службы эксплуатации при аварии ГТС (ПДАС) является оценка потенциала аварийной ситуации, определение ответственных за оперативные действия, позволяющие свести к минимуму разрушение ГТС и риск человеческим жизням. ПДАС разрабатывается на объекты, аварии на которых сопряжены с реальной угрозой жизни и здоровью людей, сохранности объектов, населенных пунктов или экологических бедствий.

1.2. Ответственным за подготовку ПДАС является владелец ГТС, который координирует свои действия со службами МЧС и органом надзора.

1.3. Действия персонала должны быть направлены на устранение возможных причин, создающих угрозу аварий, а в случае невозможности их устранения - на выполнение мероприятий по уменьшению ущерба от аварии.

1.4. В ПДАС следует учитывать возможные нарушения производственных процессов и режимов работы, в т.ч. оборудования и агрегатов, а также отключения подачи электроэнергии, возникновения пожара и т.п..

1.5. ПДАС состоит из материалов проекта:

- план гидроузла с водосбросными и водозаборными сооружениями, план подходов и служебных галерей;
- данные о пропускной способности каждого сооружения;
- проект размещения КИА;
- перечень и план размещения аварийного запаса материалов, оборудования и инструмента;
- рабочие чертежи электроснабжения гидроузла;
- карты зоны затопления с указанием границ возможного затопления, участков с временными интервалами движения потока, максимальные уровни и скорость движения волны прорыва.

1.6. ПДАС-ом должны быть определены:

- возможные аварии на ГТС;
- действия специалистов и рабочих при возникновении аварии;
- мероприятия по ликвидации аварии в начальной стадии ее развития;
- перечень привлекаемых ремонтно-строительных организаций, для предупреждения и ликвидации аварии ГТС. В отдельных случаях (прохождение исключительно больших паводков, селей и др.) на крупных и

сложных объектах должно быть организовано дежурство строительных машин и механизмов;

- меры по оповещению персонала и местного населения об угрозе возникновения аварийной ситуации, основные и резервные средства связи.

1.7. Для ГТС, подлежащих декларированию безопасности, мероприятия по действию персонала в аварийных ситуациях должны быть подробно разработаны и согласованы с органами местного управления и подразделениями МЧС.

1.8. ПДАС должен содержать[42]:

1.8.1. Оперативную часть, составленную по Форме 1.

К оперативной части ПДАС должен быть приложен ситуационный план ГТС с нанесением путей эвакуации людей, дорог, коммуникаций, средств связи, устройство противоаварийной защиты и т.п. Для удобства пользования каждому сооружению (объекту возможной аварии) присваивается определенный номер (позиция), который наносится в план (схему). В оперативной части ПДАС должны быть предусмотрены экстренное оповещение и оперативная ликвидация аварийных участков.

1.8.2. Распределение обязанностей между отдельными лицами, участвующими в ликвидации аварии, и порядок их действий.

Руководитель работы по предупреждению и ликвидации аварий обязан:

- руководить работами по спасению людей и ликвидации аварии;
- находится постоянно на командном пункте ликвидации аварии;
- организовать ведение оперативного журнала по предупреждению аварий по Форме 3;
- принимать информацию о ходе спасательных работ и проверять действия отдельных лиц административно-технического персонала.

Главный инженер УЭ ГТС обязан:

- привлекать все службы УЭ ГТС (главного энергетика, главного механика, начальника стройцеха, отдела снабжения и др.) для выполнения работ по предупреждению аварии;
- оказывать помощь ответственному руководителю работ по предупреждению аварии транспортом, механизмами, оборудованием и материалами, прикрепленными и имеющимися на ГТС;
- содействовать оперативной мобилизации работающих на предприятии людей на проведение работ, связанных с предупреждением аварии на ГТС.

Главный механик предприятия обязан:

- обеспечить бесперебойную работу транспорта, оборудования и механизмов, используемых на работах по спасению людей и предупреждения аварии;
- обеспечить по распоряжению руководителя работ или по согласованию с ним отключение оборудования цехов (объектов), влияющих на эксплуатацию ГТС;
- обеспечить круглосуточное дежурство слесарей для срочного ремонта транспорта, механизмов и оборудования на местах;



- докладывать о всех своих действиях руководителю работ по предупреждению аварии;

- все время находиться в определенном руководителем работ месте, а в случае ухода оставлять вместо себя заместителя.

Главный энергетик предприятия обязан:

- обеспечить бесперебойную работу электромеханического оборудования, используемого в течение всего периода предупреждения аварии на ГТС;

- обеспечить по распоряжению руководителя работ или по согласованию с ним включение или отключение электроэнергии;

- установить круглосуточное дежурство электриков и монтеров для срочного ремонта электромеханического оборудования, используемого на работах по ликвидации аварии;

- докладывать о всех своих действиях руководителю работ.

В период ликвидации на командном пункте могут находиться только лица, непосредственно связанные с ликвидацией аварии.

1.8.3. Список должностных лиц и организаций, которые должны быть немедленно извещены об аварии по Форме 2.

1.8.4. Оперативный мониторинг по ликвидации аварии ГТС осуществляется по Форме 3.

1.9. ПДАС должен быть утвержден и подписан всеми организациями, участвующими в его осуществлении. Все организации, вовлеченные в ПДАС должны иметь копии плана. Для поддержания оперативной готовности, организации, участники ПДАС, должны ежегодно проводить обучение сотрудников на специальных семинарах, где необходимо проверять знание участников семинара своих обязанностей по осуществлению плана, и на примерах, имитирующих аварию, проверять готовность всех организаций к выполнению своих обязанностей.

1.10. ПДАС должен храниться у начальника, главного инженера и диспетчерской службе организации;

1.11. ПДАС должен обновляться каждый пять лет и корректироваться ежегодно год с учетом фактического состояния сооружения.

Форма 1.

Утверждаю:

Главный инженер \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Оперативная часть  
плана ликвидации аварии \_\_\_\_\_

№ п/п	Место и вид аварии	Мероприятия по спасению людей и ликвидации аварий	Лица, ответственные за выполнение мероприятий и исполнители	Место нахождения средств для спасения людей и ликвидации аварий	Маршрут эвакуации людей и движения техники
1.					

Ответственный руководитель работ по ликвидации аварии

\_\_\_\_\_ Должность,

ФИО \_\_\_\_\_ Подпись

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

\_\_\_\_\_ Должность

ФИО \_\_\_\_\_ Подпись

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.



**Список должностных лиц, служб и учреждений, которые должны  
быть немедленно извещены об аварии на гидротехническом  
сооружении**

№ п/п	Учреждение или должностное лицо	Ф.И.О	Номер телефона			Адрес	
			служеб-й	домаш-й	мобил-й	служеб-й	домаш-й

**Оперативный журнал по ликвидации аварии**

Цех (участок) \_\_\_\_\_

Предприятие \_\_\_\_\_

Место аварии \_\_\_\_\_

Характер аварии \_\_\_\_\_

Время возникновения аварии \_\_\_\_\_ (год, месяц  
число часы минуты)

Номер распо- ряжений	Дата	Часы минуты	Содержание задания по ликвидации аварии и сроки выполнения	Ответственные лица за выполнение задания	Отметка об исполнении число часы минуты

Ответственный руководитель работ по ликвидации

аварии \_\_\_\_\_ (Фамилия инициалы)

Начальник цеха (отделения участка) \_\_\_\_\_ (Фамилия инициалы)

## **2. План действия аварийно-диспетчерской службы при ликвидации аварий на водохранилище.**

«Прорыв водохранилища, угроза затопления»:

2.1. Возможные причины аварии: перелив воды через гребень плотины, который приведет к размыву гребня и тела плотины и опорожнению водохранилища через образовавшийся проран. Размеры прорана могут зависеть от величины расхода, конструкции участка плотины и могут меняться в широких пределах. Перелив может произойти в следующих случаях:

а) при сползании в водохранилище оползневой массы и образования волны с переливом через гребень плотины;

б) при разрушении плотины паводком, землетрясением и завале грунтом водовыпускных и водосбросных сооружений;

в) при диверсии на узле сооружений и т.д.

2.2. Последовательность проведения работ по локализации и ликвидации аварии.

2.3. Доведение до членов аварийно-технического звена о сложившейся обстановке угрозы затопления и выезд на место аварии.

2.4. Отключение аварийного объекта от системы электроснабжения.

2.5. Определение конкретного места прорыва плотины.

2.6. Заделывание входов и оконных проемов в подвалах нижних этажей зданий и сооружений.

2.7. Возведение защитных сооружений в местах значительного затопления.

2.8. Подготовка подручных плавательных средств на случай ведения спасательных работ.

2.9. Проведение эвакуации людей, используя автотранспорт служб водохранилища и автотранспорт автотранспортной службы города и близлежащих поселков.

2.10. Подготовка материальных ценностей к эвакуации и уточнение расчета рабочих и служащих для участия в погрузочно-разгрузочных работах.

2.11. Расстановка предупредительных знаков на въездах к аварийному участку и обеспечение охраны этого участка.

2.12. Оповещение об угрозе наводнения руководителей городской администрации, согласно плану взаимодействия служб города, вызов к месту затопления вспомогательных городских служб.

2.13. Ликвидация обнаруженных неисправностей и последствий наводнения.

2.14. Изменение режима работы водохранилища или прекращение его работы совсем.

2.15. Проведение инженерно-технических мероприятий по защите хранилищ и материальных ценностей от затопления.

2.16. Обследование места прорыва плотины, выяснение причины прорыва или диверсии, очистка водобойного колодца от грунта.

2.17. Обеспечение сохранности государственного имущества и материальных ценностей.

### **3. Действия диспетчера.**

3.1. Принимает по связи сообщение о возникновении аварийной ситуации от службы наблюдения за плотиной и оповещает весь руководящий состав и командиров формирований ГО по схеме оповещения на случай возникновения ЧС.

3.2. Обеспечивает выезд аварийно-технического звена на место аварии, к месту прорыва водохранилища в течение 10 минут на автомашине, укомплектованной инструментом, материалами и приспособлениями и индивидуальными средствами защиты.

3.3. Поддерживает постоянную связь с аварийно-техническим звеном, уточняет характер аварии.

3.4. Докладывает об аварии и последующих действиях руководству водохранилища.

3.5. Даёт команду на отключение водохранилища от системы электроснабжения.

3.6. Принимает меры по оказанию аварийной бригаде помощи в выделении дополнительного количества людей и механизмов.

3.7. Докладывает руководящему составу ГО о ходе ликвидации аварии на объектах водохранилища.

### **4. Основные положения создания системы раннего предупреждения и оповещения [16,18].**

Согласно анализа данных по аварийным ситуациям, выполненных в США, гибель людей по пути движения волн прорыва, возникающих при разрушении ГТС, составляют:

- в течение первых 15 минут движения потока воды - 50% от населения подверженного риску (нпр);

- в промежутке времени  $15 \text{ мин} < t < 90 \text{ мин}$ . потери достигают-  $(\text{нпр})^{0.6}$ ;

- на территории, куда доходит поток воды через 1.5 часа, потери не превышают 0.02 % (**нпр**).

Расстояние, которое преодолевает поток воды за первые 15 мин. составляет 8-10 км, за 1.5 часа - 50-70 км. Нижней границей зоны затопления может быть, либо водоприемник (река или замкнутое понижение), либо территория, где слой воды от затопления не превышает 10 см.

4.1. Для снижения потерь людей и ущербов от разрушения ГТС служба эксплуатации должна иметь ПДАС и систему раннего предупреждения и оповещения.

4.2. Классификации сигналов тревоги:

- «местный», подается персоналом ГТС (отдельные контролируемые показатели приближаются к значениям K1);

- 1-й уровень - «внешнее оповещение» (отдельные контролируемые показатели превысили значения K1);

- 2-й уровень - «предупреждение и подготовка к эвакуации» (отдельные контролируемые показатели приближаются к значениям К2);
- 3-й уровень - «необходимость эвакуации» (отдельные контролируемые показатели превысили значения К2).

#### 4.3. Порядок уведомления о возникновении аварийной ситуации.

**Сигнал тревоги «местный»:** дежурный персонал уведомляет главного инженера ГТС. Он выполняет предварительную оценку уровня опасности. Если опасность местного значения, организует выполнение мероприятий по восстановлению работоспособности ГТС. Если угроза сохраняется - уведомляет директора ГТС.

**Сигнал тревоги «1-го уровня»:** директор ГТС санкционирует оповещение областных и республиканских вышестоящих организаций. Эти организации создают Консультативный Совет, который выезжает на место, изучает обстановку и выдает директору ГТС рекомендации по составу и объемам восстановительных работ. Если опасность сохраняется, рекомендует директору ГТС сделать предупреждение о подготовке к эвакуации.

**Сигнал тревоги «2-го уровня»:** директор ГТС уведомляет организации, контролирующие безопасность ГТС, водохозяйственные организации области и республики, МВД, районные и областные исполнительные органы и население в 10-ти километровой зоне ниже ГТС о необходимости готовиться к эвакуации. После выполнения вышеуказанных действий, принимает меры по снижению уровня риска аварии. Если ситуация не улучшается, вносит предложение об эвакуации.

**Сигнал тревоги «3-го уровня»:** ответственные представители МЧС, МВД, организаций контролирующих безопасность ГТС и водное хозяйство принимают решение об эвакуации. В данном уровне:

- персонал ГТС вводит в действие систему звукового оповещения и продолжает выполнять действия по снижению ущерба своего ГТС;
- исполнительные органы создают комиссии по оценки ущерба и ведут оценку ущерба;
- министерство здравоохранения создает полевые медицинские пункты и оказывает медицинскую помощь населению;
- МЧС и МВД осуществляют эвакуацию населения, техники, имущества и охрану территории.

4.4. Схемы принятия решений по выполнению (ПДАС) показаны на Рисунках 5, 6, 7 и 8.

Для выполнения вышеуказанных задач на ГТС должна быть создана система раннего предупреждения и оповещения, которая состоит из 3-х следующих подсистем:

- система оперативного сбора данных натурных наблюдений за показаниями КИА, их обработки и анализа. Оперативный контроль критериев безопасности;
- внутренняя ведомственная и междугородняя линии телефонной связи;
- громкоговорящая и сигнальные системы оповещения населения в зоне затопления.

## Процедура оценки аварийной ситуации на водохранилище

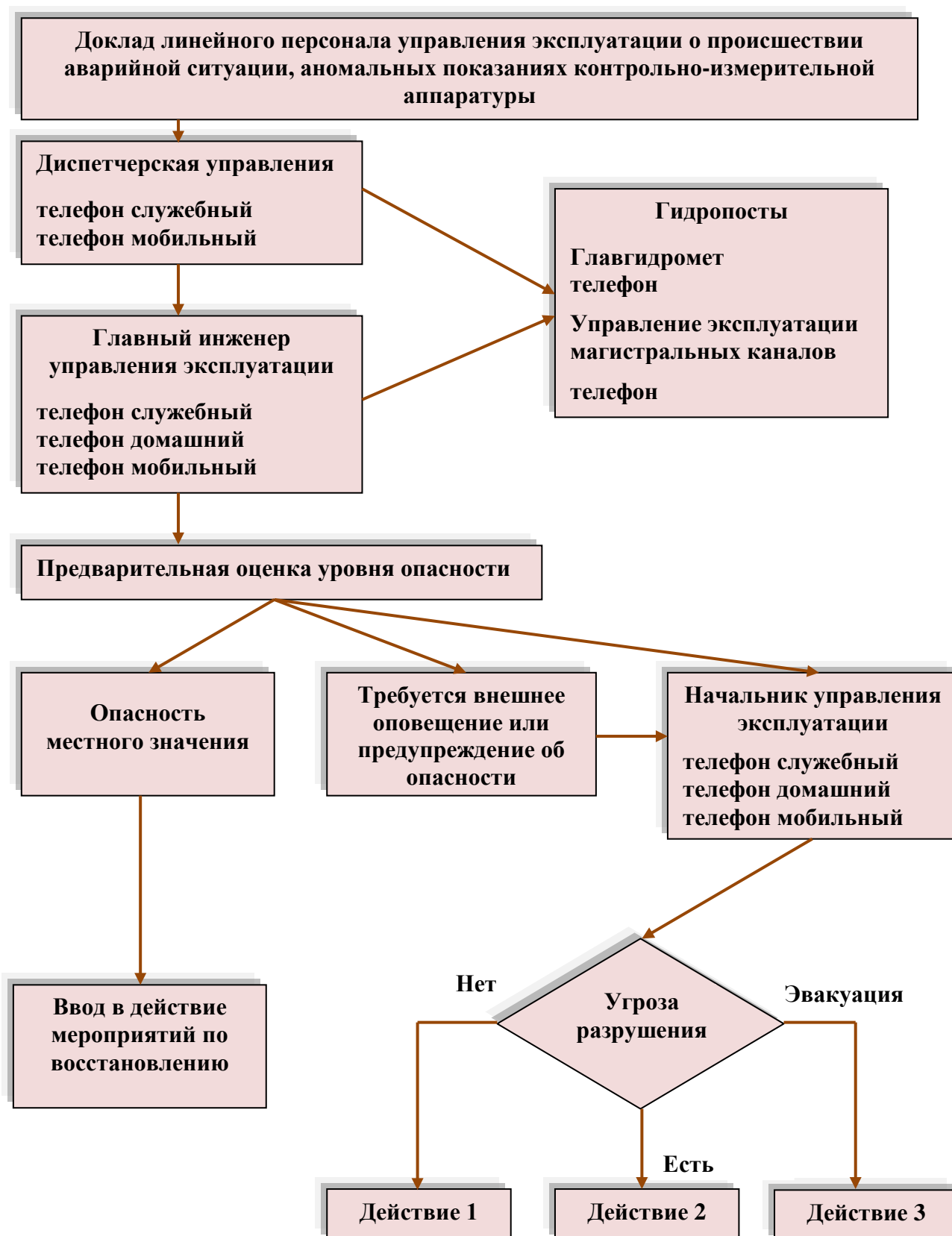


Рис. 5



**Действие 1  
(внешнее оповещение)**

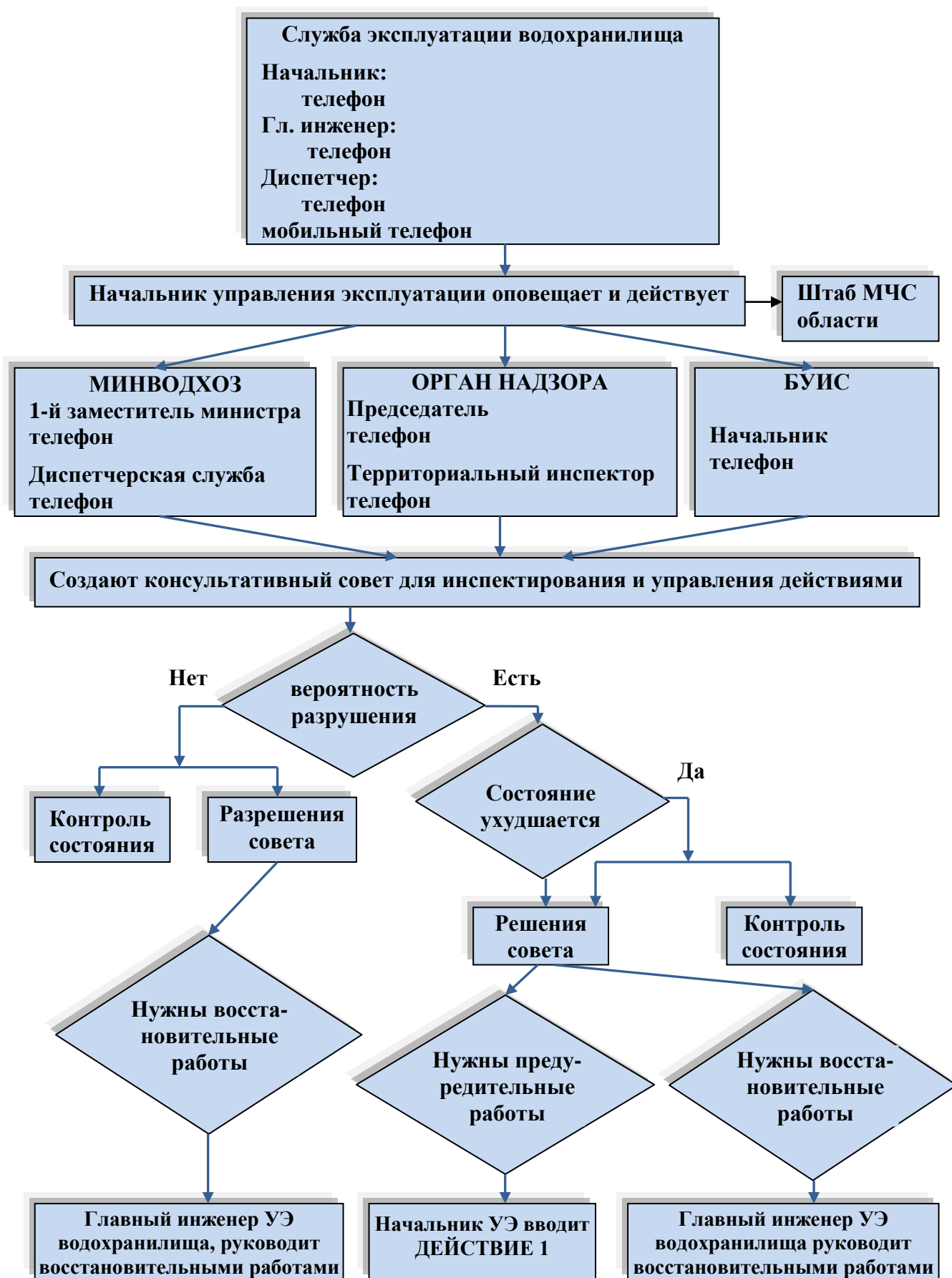


Рис. 6

**Действие 2  
(предупреждение об опасности)**

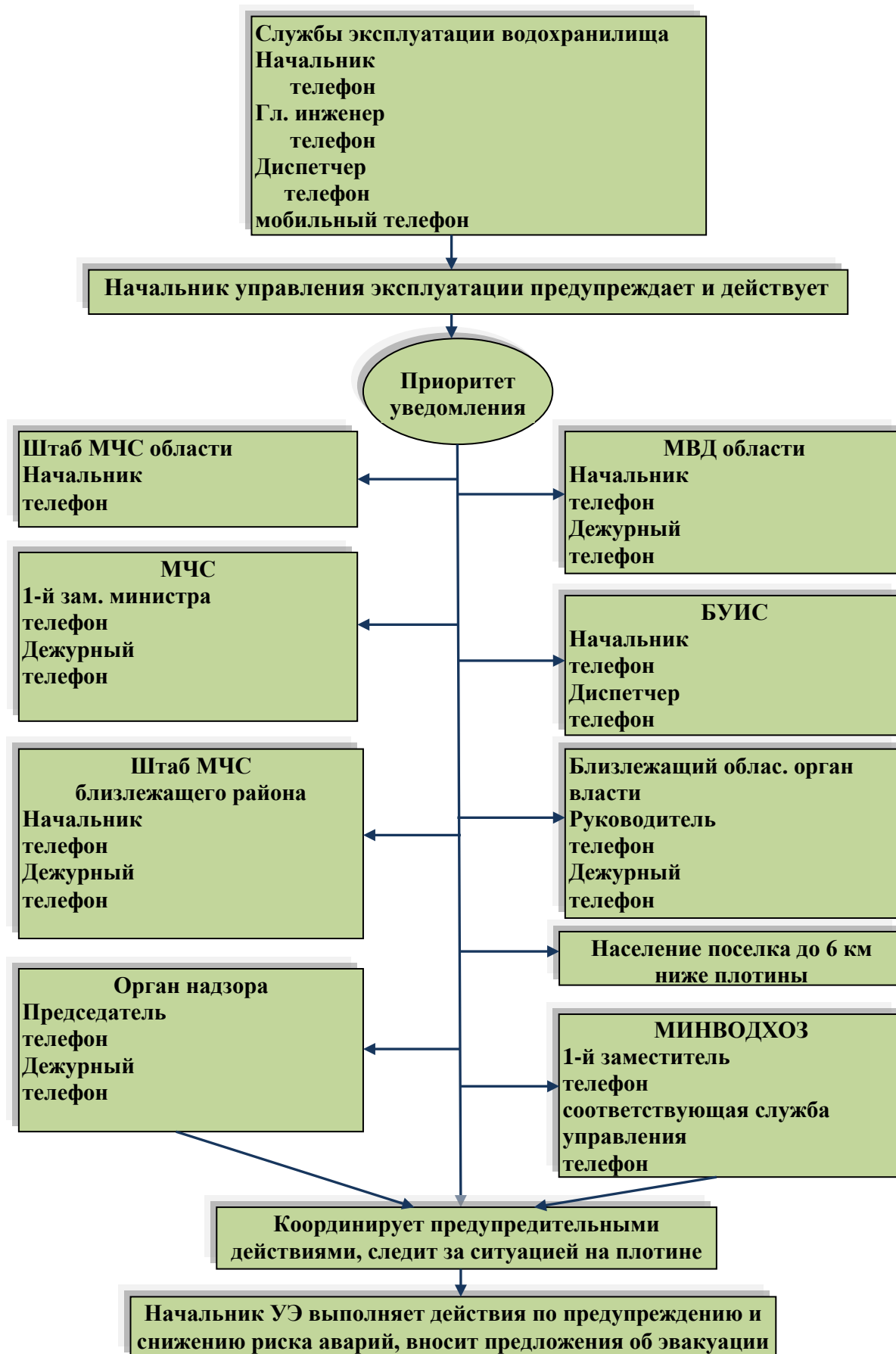
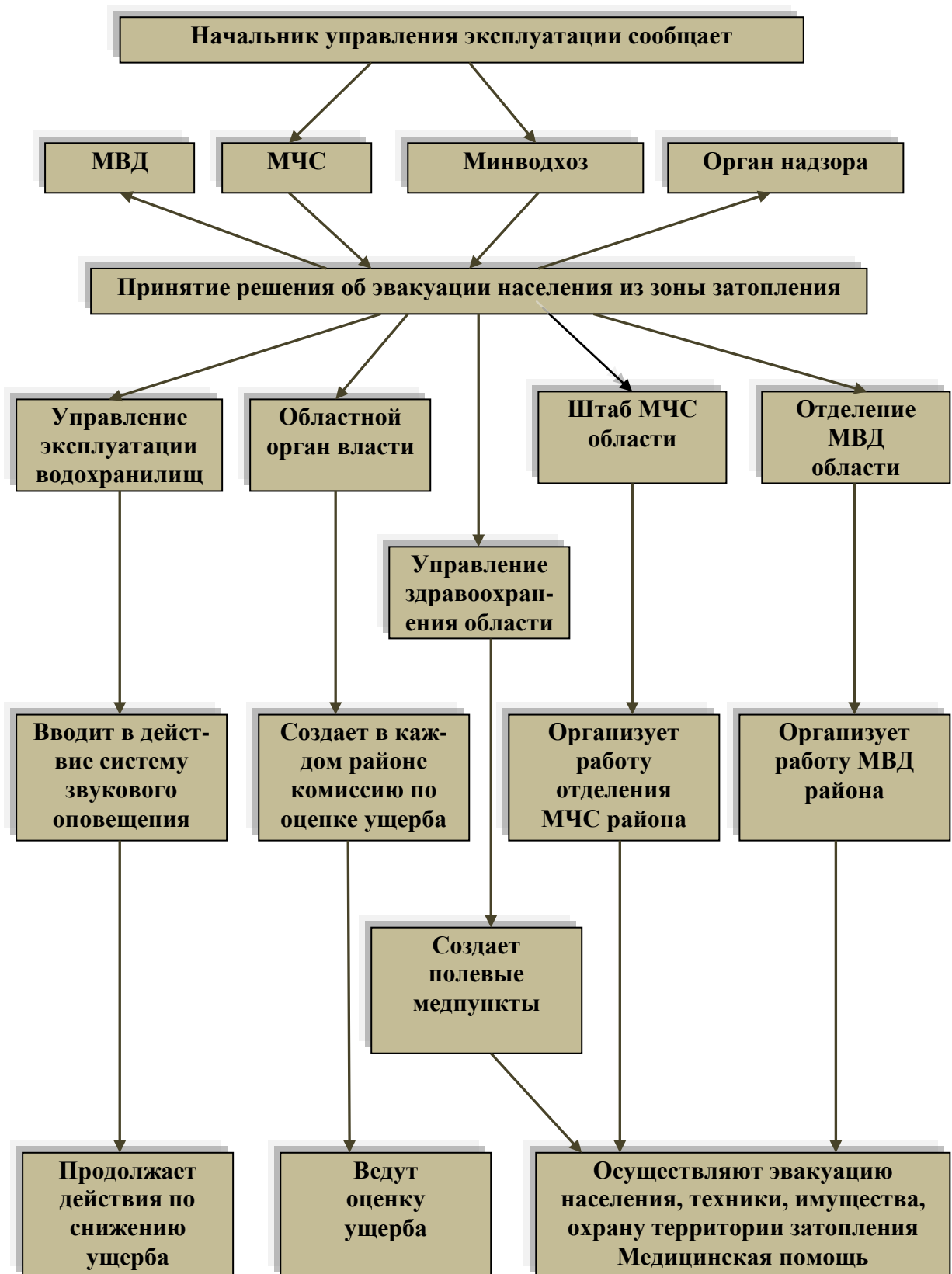


Рис. 7

**Действие 3  
(требуется эвакуация)**



## **5. Ликвидация последствий гидродинамической аварии и катастрофических последствий.**

Борьба с наводнениями, авариями на ГТС и ликвидация их последствий условно делятся на 3 этапа.

### **I этап:**

- прогноз стихийного бедствия и организация работ по снижению возможных ЧС;
- оповещение руководителей учреждений и объектов народного хозяйства, членов постоянной чрезвычайной комиссии (ПЧК), командиров воинских частей и подразделений, населения; приведение в готовность ПЧК, органов управления ГО и воинских частей; анализ возможной обстановки;
- проведение подготовительных мероприятий по снижению возможных потерь и ущерба (обвалование различных сооружений, укрепление дамб и мостов), приведение в готовность аварийно-технических средств, уточнение расчета сил и средств на возможную эвакуацию, определение маршрутов эвакуации, организация взаимодействия.

### **II этап:**

- проведение мероприятий по спасению населения: укрепление дамб и других гидросооружений; наведение переправ; эвакуация в незатопленные районы детских и лечебных учреждений, населения, сельскохозяйственных животных; вывоз материальных и культурных ценностей; поиск и спасение людей и животных;
- жизнеобеспечение населения: снабжение имуществом и продуктами пострадавших; восстановление поврежденных коммуникационных систем (водо-, газо-, тепло-, электроснабжение, связь, транспортные магистрали и мосты).

### **III этап:**

- восстановление жилищного фонда;
- ввод в строй объектов социальной сферы, сетей водо-, тепло-, газо- и электроснабжения взамен не подлежащим восстановлению;
- уборка сохранившегося урожая;
- восстановление дорог и мостов.

Объем мер по уменьшению ущерба от затоплений и воздействия волн прорыва, а также эффективность мероприятий по ликвидации последствий в значительной степени определяется объективностью прогнозирования. В основу планирования мероприятий по уменьшению ущерба должны быть положены научно обоснованные выводы специалистов-гидрологов, гидравликов, гидротехников, гидрометеорологов и других специалистов водного хозяйства.

Заблаговременными мероприятиями по борьбе с наводнениями являются следующее:

1) проведение агромелиоративных мероприятий, способствующих переводу скоротечного поверхностного стока в замедленный подземный сток. Это посадка лесозащитных полос, распашка земли поперек склонов, сохранение прибрежных водоохраных полос древесной и кустарниковой растительности, устройство террас на склонах;

2) на средних и крупных реках для регулирования паводкового стока использовать водохранилища. В предвидении значительного повышения уровня воды в водохранилище в результате ливней или паводка, оно частично опорожняется для принятия паводковых вод. Этим сглаживается воздействие волны паводка и предотвращается образование волны прорыва;

3) защита населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий ограждающими дамбами;

4) подсыпка территории (намыв грунта);

5) постановка на учет местных плавсредств и уточнение задачи их владельцам в случае катастрофического затопления;

6) создание сети оповещения руководителей учреждений и объектов народного хозяйства, населения, а также выполнение комплекса организационных мероприятий: поддержание в постоянной готовности аварийно-технических средств; уточнение расчета сил и средств на возможную эвакуацию населения; определение маршрутов эвакуации населения; организация взаимодействия с воинскими частями; проведение тренировок по действиям в случае наводнения.

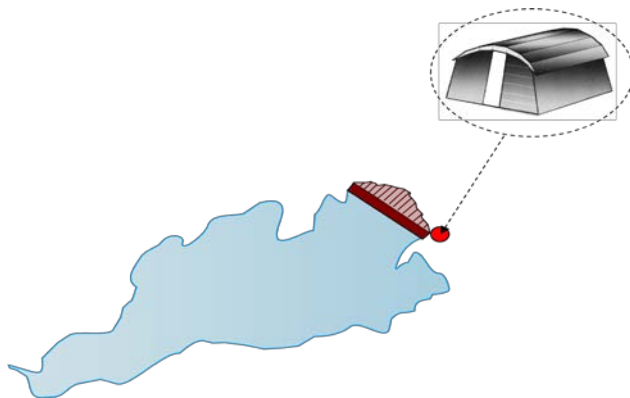
**К ГЛАВЕ IX. СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**1. Порядок создания, размещения, складирования аварийного запаса и обеспечение его сохранности.**

Порядок создания, размещения, складирования аварийного запаса и обеспечение его сохранности должен включать следующие основные вопросы:

- 1) приобретение и организация специального, отдельного хранения аварийных запасов эксплуатирующей организацией на основании норм;
- 2) создание за счет средств выделяемых на эксплуатационные мероприятия аварийного запаса;
- 3) включение в смету расходов эксплуатационных средств отдельной строкой, средств на создание и обслуживание аварийных запасов;
- 4) запрещение использования средств выделенных на создание аварийных запасов на другие нужды;
- 5) периодическая проверка технического состояния аварийного запаса инженерно-техническими работниками эксплуатирующей организации, не реже двух раз в год. При выявлении каких-либо нарушений в комплектовании или хранении аварийного запаса немедленно принять меры к их устранению;
- 6) размещение аварийного запаса на ГТС в непосредственной близости от сооружения или на самом сооружении на специально отведенных местах (см. рис. 10.1). На магистральных каналах размещать аварийные запасы по отделениям или гидроучасткам, а также в районе опасных мест по усмотрению начальника Управления (отделения) канала;
- 7) хранение аварийного запаса на объектах в закрытых складах, под навесами и в штабелях в зависимости от требуемых условий хранения согласно ГОСТу. Склады у сооружений и подъезды к ним располагаются в не затопливаемых местах, удобных для быстрой погрузки и доставки материалов к месту работ.





*Рис. 10.1 - Размещение аварийного запаса*

7) Хранение в закрытых складах: цемент, трос, проволока, гвозди, веревка, скобы, инструмент, электроды, электроприборы, электрокабель, электропровод, электрооборудование и других материалов и оборудования, требующих закрытого хранения (см. рис. 10.2):

а) цемент хранится на складах в бумажных мешках или в контейнерах, раздельно по маркам и видам;

б) электроды, гвозди, крепежные материалы хранятся в ящиках на стеллажах.



*Рис. 10.2 - Хранение в закрытых складах*

Под навесом с легкой обшивкой хранятся лесоматериалы (лес круглый, пиломатериалы), арматура, сталь прокатная и листовая, насосное оборудование, передвижная электростанция и другое аварийное оборудование, подвергающееся порче от атмосферных осадков и атмосферных воздействий (см. рис. 10.3).



*Рис. 10.3 - Материалы подвергающиеся порче от атмосферных осадков и воздействий*

8) Хранение листовой стали под слоем смазки, плашмя, в штабелях на деревянных прокладках, число прокладок должно быть таким, чтобы исключалась возможность прогиба листа.

9) Хранение стержневой арматуры, прокатной стали на стеллажах и проволочной арматуры и проволоки на деревянных щитах-подкладках.

10) Хранение всех инертных материалов: рваный камень, плиты в штабелях вблизи гидроузла, а на водохранилищах на гребне в наиболее безопасных местах плотины. На магистральных каналах складирование вышеперечисленных материалов осуществляется по рекомендациям инструкций по эксплуатации канала вблизи мест, где этот запас потенциально необходим (см. Рис. 10.4).



*Рис. 10.4 - Хранение всех инертных материалов*

11) Несение ответственности закреплённого материально-ответственного лица, а также дежурным оперативным персоналом ГТС за обеспечение сохранности аварийного запаса. Хранение на пульте управления ГТС перечня аварийных запасов с указанием мест их хранения.

12) Соответствие требованиям инструкции по эксплуатации объектов и соответствующих нормам качество завозимых и местных материалов (камень, гравий, песок и т.д.).



13) Обеспечение достаточной емкости складов для хранения аварийных средств, освещением и надлежащими устройствами для складирования, хранения, погрузки и быстрой доставки их на место аварии, а также снабжение необходимыми средствами пожаротушения.

14) Определение проектными организациями в инструкциях по эксплуатации места складирования и соответствующие им необходимые площадки и складские помещения.

## **2. Правила и меры пожарной безопасности при хранении аварийных запасов.**

Правила и меры пожарной безопасности при хранении аварийных запасов должны включать следующие вопросы:

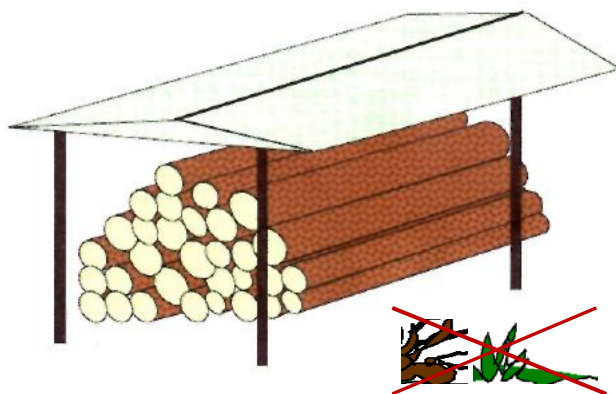
1) аварийные запасы должны храниться с обязательным выполнением требований пожарной безопасности;

2) все склады, в которых хранятся пожароопасные материалы должны быть оснащены необходимым количеством средств пожаротушения (огнетушители, ящики с песком, противопожарные стенды) в соответствии с проектными решениями, приведёнными в инструкциях по эксплуатации объектов;

3) не допускается складирование сгораемых строительных материалов в пределах противопожарных разрывов между строениями;

4) дороги и подъезды к материалам должны содержаться в исправном состоянии и не загромождаться;

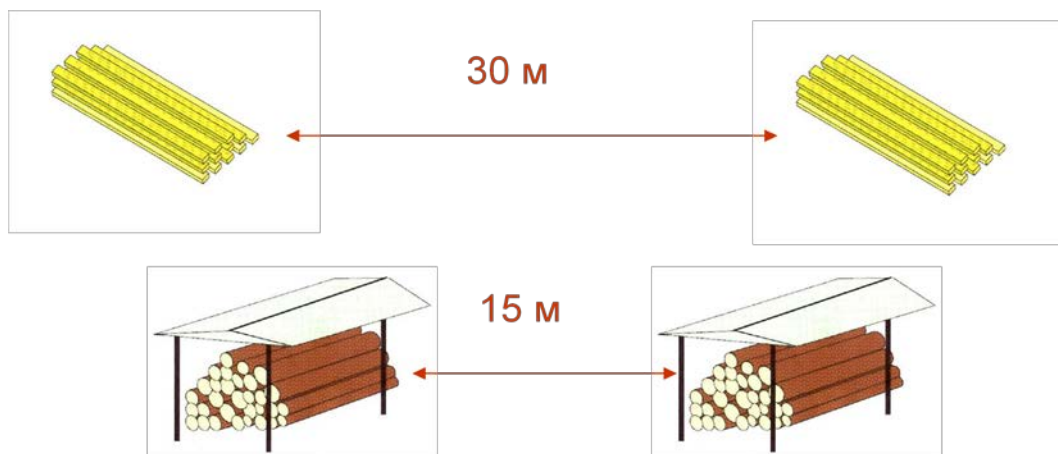
5) площадь, занятая под склады лесоматериалов, должна быть освобождена от дёрна «периодически очищаться от травы, щепы, коры и другого мусора (см. рис. 10.5);



*Рис. 10.5 - склады лесоматериалов*

6) штабеля пиломатериалов должны располагаться от постоянных или временных зданий и сооружений на расстоянии не менее 30 м., а штабеля круглого леса - на расстоянии не менее 15 м;

7) лесоматериалы, хранящиеся на специальных площадках или под навесами должны иметь проходы между штабелями шириной не менее 2 м (см. рис. 10.6).



*Рис. 10.6 - Порядок хранения лесоматериалов*

### **3. Порядок использования, списания и восстановления аварийных запасов.**

Порядок использования, списания и восстановления аварийных запасов должен включать следующее:

- 1) аварийные запасы могут расходоваться только на аварийные работы (использование аварийных запасов на другие цели не допускается);
- 2) расходование аварийного запаса разрешается только по специальному распоряжению руководства управления эксплуатации гидроузла, водохранилища или канала;
- 3) материалы, имеющие ограниченные сроки хранения, должны своевременно заменяться новыми, а изъятые из аварийного запаса материалы использоваться для нужд текущей эксплуатации;
- 4) изъятие материалов, инструмента и др. из аварийных запасов для нужд эксплуатации даже временное (без пополнения) категорически запрещается;
- 5) резервный запас возобновляется в обязательном порядке в случае его расходования по назначению и не засчитывается в остатки материалов и оборудования при их переписи;
- 6) хранение материалов, оборудования и конструкций должно обеспечивать их исправное состояние, возможность быстрого получения и погрузки;
- 7) нормы расхода аварийного запаса зависят от степени их расходования на предупреждение, локализацию и ликвидацию аварийного состояния ГТС и изъятие из аварийного запаса материалы для нужд текущей эксплуатации, из-за ограниченности сроков их хранения;
- 8) при возникновении аварийной ситуации ответственный дежурный на сооружении принимает оперативные меры по обеспечению безопасности на месте аварии и может дать распоряжение на использование аварийных запасов по собственному усмотрению в зависимости от сложившейся обстановки, о чём немедленно сообщает по имеющимся у него каналам связи руководству организации;
- 9) объём выполненных аварийных работ и количество использованных аварийных материалов должны быть освидетельствованы и приняты специальной комиссией, которая назначается в зависимости от объёма и

значения сооружения начальником управления эксплуатации данного сооружения или вышестоящей инстанцией;

10) в состав комиссии включаются: главный инженер или заместитель начальника Управления (гидроузла, водохранилища, канала) старший инженер по работам, представитель вышестоящего управления, непосредственные исполнители работ, представитель местного комитета;

11) комиссия на основании обследования составляет акты приёмки работ и списания материалов в соответствии с фактически выполненным, объёмом. Акты приёмки работ и списания материалов утверждаются руководством самого управления или вышестоящего управления в зависимости от объёма выполненных работ и суммы списываемых материалов в порядке, установленном вышестоящей организацией;

12) по мере использования аварийных запасов материалов, в пределах, установленных в инструкциях по эксплуатации лимитов, может несколько меняться исходя из фактической обстановки и результатов ежегодно проводимых осенних обследований состояния объекта;

13) цемент и другие материалы, не подлежащие хранению более одного года, ежегодно полностью обновляются путём использования на ремонтно-строительные работы старых запасов и одновременного создания в таких же количествах новых (остальные материалы обновляются в зависимости от допустимого срока их хранения);

14) аварийное оборудование, инструмент, инвентарь, систематически проверяется на работоспособность и в случае неисправности в срочном порядке ремонтируется или заменяются новыми;

15) аварийные запасы на ГТС пополняется согласно поданным заявкам по существующей разрядке вышестоящего управления;

16) аварийный запас является неприкосновенным и при ежегодной инвентаризации остатков материальных ценностей на конец года, не включается в отчет, как сверхнормативный остаток;

17) аварийный запас должен, числиться на балансе гидроузла, канала, водохранилища отдельной строкой переходящим остатком;

18) наличие и порядок хранения аварийного запаса ежегодно проверяется специальной комиссией при осеннем периодическом осмотре и фиксируется в акте;

Нормы аварийных запасов материалов, оборудования, инструмента, инвентаря, средств автоматизации и связи представлены ниже.

## **НОРМЫ АВАРИЙНЫХ ЗАПАСОВ МАТЕРИАЛОВ, ОБОРУДОВАНИЯ, ИНСТРУМЕНТА, ИНВЕНТАРЯ, СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И СВЯЗИ**

### **1. Водохранилища.**

#### **1.1. Материалы.**

Таблица № 10.1

№	Наименование аварийных	Ед изм.	Водохранилище ёмкостью
---	------------------------	---------	------------------------

п.п.	запасов		до 10 млн м <sup>3</sup>	от 10 до 100 млн.м <sup>3</sup>	более 100 млн м <sup>3</sup>
1.	Цемент	т	2	5	7
2.	Песок промытый	м <sup>3</sup>	20	50	100
3.	Гравий сортированный (для изготовления бетона)	м <sup>3</sup>	20	50	100
4.	Материал фильтра	м <sup>3</sup>	20	50	300
5.	Лес пиленный (доски 40-50 мм)	м <sup>3</sup>	3	5	7
6.	Лес круглый	м <sup>3</sup>	5	10	15
7.	Камень рваный	м <sup>3</sup>	100	500	карьер эксплуат.
8.	Суглинок	м <sup>3</sup>	50	300	карьер эксплуат. или пром. скл. до 2000 м <sup>3</sup>
9.	Гравийно-галечниковый материал	м <sup>3</sup>	100	500	карьер эксплуат. или пром. скл. до 5000 м <sup>3</sup>
10.	Плиты ж/б 3х1,5х0,2 м	шт.	10	15	30
11.	Трубы ж/б разные	шт.	50	100	200
12.	Сталь арматурная 0-50 мм	т	1	1	3
13.	Сталь прокатная	т	1	1	3
14.	Сталь листовая	т	0,5	1	2
15.	Гвозди, скобы	кг	100	150	250
16.	Проволока стальная	т	1	2	3
17.	Трос стальной Ø18-20 мм	п/м	100	200	300
18.	Сетка габионная	м <sup>2</sup>	100	300	600
19.	Брезент	м <sup>2</sup>	100	200	300
20.	Полиэтиленовая пленка	м <sup>2</sup>	200	300	500
21.	Мешки	шт.	500	1000	1000
22.	Веревка	кг	25	60	120
23.	Электропровод разный	п/м	250	500	1000
24.	Электрокабель разный	п/м	100	200	300
25.	Шланги пожарные	п/м	150	300	450
26.	Электроды сварные	кг	20	40	600

## 1.2. Оборудование.

Таблица № 10.2

1	2	3	4	5	6
1.	Окрасочный агрегат СО-75	шт.	1	1	1
2.	Пескоструйный аппарат	комп.	1	1	2
3.	Передвижная электро станция	комп.	1	1	1
4.	Вибраторы разные	комп.	2	4	6
5.	Сварочный аппарат	комп.	1	2	2
6.	Таль 3-5 т	т	1	1	2
7.	Электропрожекторы-лампы	шт.	50	100	150
8.	Лебедка 2-5 т	шт.	1	2	2

1	2	3	4	5	6
9.	Пожарная мотопомпа М- 800	шт.	1	1	2
10.	Насос «Гном» 16-15	комп.	1	2	4
11.	Электрокалорифер переносной	комп.	3	4	6

### 1.3. Приборы, средства автоматизации и связи.

Таблица № 10.3

1	2	3
1.	Концевой выключатель	В размере 10% от установленного типа оборудования, но не менее 1 шт.
2.	Первичный и вторичный прибор измерения уровня воды	
3.	Датчик положения затвора	
4.	Магнитный пускатель резервный	
5.	Автоматический выключатель трех полюсный	
6.	Автоматический выключатель двухполюсный	
7.	Кнопка электрическая	
8.	Реле токовое	
9.	Трансформатор понижающий	
10.	Переключатель	

### 1.4. Инструмент, инвентарь.

Таблица № 10.4

1	2	3	4	5	6
1.	Лента мерная 20 м	шт.	2	2	3
2.	Рулетки разные	шт.	5	5	7
3.	Фонари переносные «Летучая мышь»	шт.	5	10	10
4.	Кирки	шт.	10	15	20
5.	Ломы	шт.	10	20	30
6.	Лопаты штыковые	шт.	20	30	40
7.	Лопаты совковые	шт.	20	30	40
8.	Носилки разные	шт.	5	10	15
9.	Топоры плотничные	шт.	10	15	20
10.	Кувалда	шт.	5	10	20
11.	Ведро	шт.	20	30	40
12.	Багры	шт.	10	20	30
13.	Тачки металлические	шт.	3	5	10
14.	Пилы разные	шт.	5	10	15
15.	Сапоги резиновые	пар.	10	20	30
16.	Рукавицы брезентовые	пар.	30	50	70
17.	Набор слесарных	комп.	1	2	3
18.	Коврики резиновые	шт.	2	3	5
19.	Диэлектрические	пар.	2	3	5
20.	Спецодежда	комп.	10	15	20

**Примечание:** Приказом по министерству за каждым водохранилищем должны быть закреплены: ближайшая ремонтно-строительная организация

(база), ответственная за выделение необходимого количества землеройной техники, автотранспорта, кранов и других спецмашин на время прохождения паводков, селей, ледохода, шуги, а также при возникновении аварийной ситуации на объекте.

## 2. Крупные гидроузлы пропускной способностью более 100 м<sup>3</sup>/с.

### 2.1.Материалы.

Таблица № 10.5

№	Наименование аварийных запасов	Единица измерения	Гидроузлы пропускной способностью:		
			100-300	300-500	более 500
1.	Цемент	т	3	5	7
2.	Песок промытый	м <sup>3</sup>	20	30	40
3.	Гравий сортированный	м <sup>3</sup>	30	40	60
4.	Лес пиленный (доски 40-50 м )	м <sup>3</sup>	2	3	5
5.	Лес круглый	м <sup>3</sup>	7	10	15
6.	Камень рваный	м <sup>3</sup>	200	300	400
7.	Камень бутовый	м <sup>3</sup>	200	300	400
8.	Хворост	м <sup>3</sup>	100	200	300
9.	Сталь арматурная (швеллер, уголок)	т	0,5	1	2
10.	Сталь прокатная	т	0,3	0,5	1
11.	Сталь листовая	т	0,5	1	2
12.	Метизы	кг	10	20	30
13.	Проволока стальная Д=3мм	т	1	2	3
14.	Сетка габионная	м <sup>2</sup>	100	200	300
15.	Трос стальной Д=18-20	т	1	2	3
16.	Скобы строительные	кг	100	200	300
17.	Брезент	м <sup>2</sup>	50	75	100
18.	Полиэтиленовая плёнка	м <sup>2</sup>	100	150	200
19.	Мешки	шт.	1000	2000	3000
20.	Верёвка разная (канаты)	кг	20	30	40
21.	Электропровод разный	п.м	200	300	400
22.	Электрокабель силовой	п.м	100	200	300
23.	Электрокабель контрольный	п.м	100	200	300
24.	Шланги пожарные	п.м	100	150	250
25.	Электроды сварочные	кг	30	40	50
26.	Гвозди	кг	30	50	70

### 2.2. Оборудование.

Таблица № 10.6

1.	2	3	4	5	6
----	---	---	---	---	---

1.	2	3	4	5	6
1.	Передвижная эл. станция типа ПЭС-15А	комп.	1	1	1
2.	Вибратор глубинный	комп.	1	1	2
3.	Вибратор	комп.	1	1	2
4.	Сварочный агрегат	комп.	1	1	1
5.	Автогенный аппарат	комп.	1	1	1
6.	Электролампы разные	шт.	40	60	80
7.	Электролампы прожекторные	шт.	20	30	40
8.	Пожарная мотопомпа М-800	комп.	1	1	1
9.	Насосы «Гном» 16-15	комп.	1	2	3
10.	Электрокалорифер переносной	комп.	3	4	5
11.	Насос Андиганец (С-245)	комп.	1	1	2
12.	Прожекторы ПЭС-35	шт.	2	3	5
13.	Таль 3-5 т	шт.	1	2	3
14.	Лебедка 3-5 т	шт.	1	2	3
15.	Спасательный круг	шт.	2	3	5
16.	Пескоструйный аппарат	комп.	1	1	2
17.	Окрасочный агрегат СО-75	шт.	1	1	1
18.	Лодка резиновая	шт.	1	1	1

### 2.3. Приборы, средства автоматизации и связи.

Таблица № 10.7

1	2	3	4
1.	Концевой выключатель	шт.	в размере 10 % от установленного типа оборудования, но не менее 1 шт.
2.	Первичный и вторичный приборы измерения уровня воды	шт.	
3.	Магнитный пускатель реверсивный	шт.	
4.	Телефонный провод П-274 Устройство сигнализации	м	150-200

### 2.4. Инструмент, инвентарь.

Таблица № 10.8

1.	2	3	4	5	6
1.	Лента мерная	шт.	2	2	3
2.	Рулетка разная	шт.	5	5	7
3.	Фонари переносные	шт.	5	5	10
4.	Кирки	шт.	10	15	20

1.	2	3	4	5	6
5.	Ломы	шт.	10	20	30
6.	Лопаты штыковые	шт.	20	30	40
7.	Лопаты совковые	шт.	20	30	40
8.	Носилки разные	шт.	5	10	15
9.	Топоры плотничные	шт.	10	15	20
10.	Кувалды	шт.	5	10	20
11.	Зубила	шт.	10	20	30
12.	Ведро	шт.	20	30	40
13.	Багры	шт.	10	20	30
14.	Тачки металлические	шт.	3	5	10
15.	Пилы разные	шт.	5	10	15
16.	Сапоги разные	пар.	10	20	30
17.	Рукавицы брезентовые	пар.	30	50	70
18.	Набор сверлильных инструментов	комп.	1	2	3
19.	Коврики резиновые	шт.	2	3	5
20.	Диэлектрические перчатки	пар.	2	3	5
21.	Спец одежда	комп.	10	15	20

**Примечание:** На крупных гидроузлах пропускной способностью менее  $100 \text{ м}^3/\text{с}$  размеры аварийных запасов принимается в интервале от  $50 \text{ м}^3/\text{с}$  до значений, указанных для гидроузлов пропускной способностью  $100\text{-}300 \text{ м}^3/\text{с}$  пропорционально их фактической (проектной) пропускной способности.

### 3. Магистральные каналы пропускной способностью $100 \text{ м}^3/\text{с}$ .

#### 3.1. Материалы

Таблица № 10.9

№	Наименование аварийных запасов	Единица измерения	Количество
1.	Лес круглый	$\text{м}^3$	5
2.	Лес (доски 40-50)	$\text{м}^3$	2
3.	Цемент	Т	5
4.	Гравий сортированный	$\text{м}^3$	100
5.	Песок крупнозернистый	$\text{м}^3$	60
6.	Плиты Ж.Б. $2 \times 3,5 \times 0,2 \text{ м}$	шт.	20
7.	Трубы Ж.Б. $\text{Д}=1,0\text{-}1,4 \text{ м}$	шт.	25
8.	Трубы металлические разного диаметра	п.м	200
9.	Сварочные электроды	кг	150
10.	Электропровод разный	п.м	500
11.	Электрокабель силовой	п.м	200



№	Наименование аварийных запасов	Единица измерения	Количество
12.	Резиновые уплотнители для затворов	комп.	1
13.	Камень рваный	м <sup>3</sup>	100
14.	Проволока стальная (3-5 мм)	т	1
15.	Мешки	шт.	500
16.	Трос (18-20 мм)	п.м	100
17.	Гвозди	кг	50
18.	Скобы строительные	кг	50
19.	Сетка габионная	м <sup>2</sup>	100
20.	Брезент	м <sup>2</sup>	200
21.	Полиэтиленовая плёнка	м <sup>2</sup>	200
22.	Веревка	кг	50

### 3.2. Оборудование

Таблица № 10.10

1	2	3	4
1.	Насос «Андижанец» (С-245)	комп.	3
2.	Вибратор поверхностный	комп.	2
3.	Вибратор глубинный	комп.	2
4.	Насос СНП500/10	комп.	2
5.	Таль 3-5 т	шт.	1
6.	Эл приборы разные	шт.	50
7.	Прожектора ПЭС-35	шт.	2
8.	Лебедка 3-5 т	шт.	1
9.	Передвижная электростанция (ЖЭС-30)	комп.	1
10.	Лодки резиновые	комп.	3
11.	Пескоструйный аппарат	комп.	2
12.	Окрасочный агрегат СО-75	шт.	1

### 3.3. Инструменты, инвентарь.

Таблица № 10.11

1	2	3	4
1.	Носилки	шт.	30
2.	Лопаты	шт.	50
3.	Кетмень	шт.	30
4.	Кирки	шт.	30
5.	Ломы	шт.	20
6.	Топоры	шт.	20
7.	Багры	шт.	20

1	2	3	4
8.	Пилы	шт.	10
9.	Кувалды	шт.	10
10.	Рукавицы	шт.	50
11.	Сапоги резиновые	шт.	20
12.	Слесарный инструмент	комп.	2
13.	Фонари переносные	шт.	10
14.	Рулетки разные	шт.	10
15.	Лента мерная 20 м	комп.	5

### 3.4. Аварийный запас на воздушно – кабельные связи вдоль магистральных каналов

Таблица № 10.12

№	Наименование материалов	Единица измерения	Количество	Единица, на которую дается норма
1.	Болты для крепления линии	кг	0,25	км. линии
2.	Веревка блочная	кг	0,01	км. линии
3.	Глухари для крепления подкосов	кг	0,0142	траверса
4.	Железо кровельное для нумерации	кг	0,02	столб
5.	Изоляторы фарфоровые	кг	2,2	км. провода
6.	Траверсы восьмиметровые	%	2	от сущ. устан. количества
7.	Карболка	кг	0,03	км. провода
8.	Крюки стальные	шт.	0,01	км. провода
9.	Лак противокоррозийный	кг	0,01	кабельный
10.	Лента медная для обвязки биметаллических проводов	кг	0,02	км провода
11.	Проволока стальная линейная 4мм	кг	10	км провода
12.	Проволока стальная перевязочная 2,5 мм	кг	0, 08	км провода
13.	Проволока биметаллическая линейная 4 мм	кг	10,6.	км провода
14.	Проволока биметаллическая перевязочная 2,5 мм	кг	0,1	км провода
15.	Проволока катанка для хомутов	кг	0,48	опора
16.	Проволока сталеалюминевая d=5,4мм	кг	6,7	км. провода
17.	Проволока стальная d= 4мм для оттяжек	кг	0,15	км линии
18.	Проволока печная для бандажей	кг	0,004	бандаж

№	Наименование материалов	Единица измерения	Количество	Единица, на которую дается норма
19.	Столбы для линий связи III класса	%	2	от существ установленного
20.	Термитно-муфельные патроны для сварки проводов	шт.	0,4	км провода
21.	Трубки для соединения проводов из цветного металла	шт.	0,25	км линии
22.	Кабель дальней связи (7х4,4х4,1х4) типов ТЭПАП, КСПП, ВТСП	%	0,71	от существ установленного задания
23.	Кабель телефонный 5х2,10х2,20х2, 50х2,100х2, типов ТПП.ТГ.	м	1,43	« »
24.	Муфты соединительные чугунные по типу кабеля	шт.	2	« »
25.	Муфты свинцовые по типу кабеля	%	2	« »
26.	Припой ПОС-30	кг	0,008	км линии
27.	Припой ПОС - 40	кг	0.005	км линии
28.	Канифоль	кг	0,005	км линии
29.	Лента изоляционная	кг	0,005	км линии

### **Примечание:**

1. На каждом отделении магистрального канала должен быть аварийный запас телефонных аппаратов типа А Т-218 - 4 шт. и сухих элементов ЭСМВД - 8 шт.

2. Аварийные запасы могут быть распределены частями по отделениям магистрального канала или полностью находятся в управлении.

3. На магистральных каналах с пропускной способностью 100 м<sup>3</sup>/с и менее размеры аварийных запасов принимают в интервале от 5 м<sup>3</sup>/с до значений указанных для канала с пропускной способностью более 100 м<sup>3</sup>/с пропорционально их фактической (проектной) пропускной способности.

## **4. Насосные станции.**

### **4.1. Материалы.**

Таблица № 10.13

№	Наименование аварийных запасов	Единица измерения	Насосные станции с подачей м <sup>3</sup> /с		
			10-50	50-100	свыше 100
1.	Цемент	т	3	5	7
2.	Песок промытый	м <sup>3</sup>	20	30	40
3.	Гравий сортированный	м <sup>3</sup>	30	40	60

№	Наименование аварийных запасов	Единица измерения	Насосные станции с подачей м <sup>3</sup> /с		
			10-50	50-100	свыше 100
4.	Лес пиленный (доски 40-50 мм)	м <sup>3</sup>	2	3	5
5.	Лес круглый	м <sup>3</sup>	3	5	7
6.	Битум БМ-Ш	т	0.5	0,7	1
7.	Сталь арматурная	т	0,5	1	2
8.	Сталь листовая в=6-12 мм	т	0.8	1.2	2
9.	Проволока стальная d=3-6 мм	т	0,5	0,7	1
10.	Стекло оконное 4-6 мм	м <sup>2</sup>	150	150	200
11.	Трос стальной d= 16-36 мм	пм	100	200	300
12.	Электроды общего применения	кг	75	100	150
13.	Нержавеющая сталь	кг	50	70	100
14.	Брезент	м <sup>2</sup>	50	75	100
15.	Полиэтиленовая пленка	м <sup>2</sup>	100	150	200
16.	Сальник	кг	50	70	120
17.	Шланги пожарные	п.м	150	250	400
18.	Метизы ( в зависимости от номенклатуры)	кг	70	100	150
19.	Гвозди	кг	10	15	25
20.	Резина уплотнительная для затвора	комп.	На каждый тип установленных затворов в размере 10 %, но не менее 1 комп.		
21.	Резина листовая б= 4-6мм	м <sup>2</sup>	25	50	70
22.	Поранит	м <sup>2</sup>	25	40	70
23.	Мешки холщевые	шт.	70	100	120
24.	Веревка	кг	10	15	20
25.	Краски	кг	50	100	120
26.	Клеевые композиции типа спрут или другие	кг	40	70	100
27.	Трос стальной d=8-13, 19,5 24мм	п.м	100	100	200
	D=39 мм	п.м	150	200	300
28.	Зажимы для тросов d=8,13,19,5 24, 39.	шт.	10	20	30

## 4.2. Оборудование.

Таблица № 10.14

1	2	3	4	5	6
1.	Передвижная электростанция	комп.	ДЭС-	ДЭС-60	ДЭС-100
2.	Сварочный трансформатор	комп.	1	2	2
3.	Вибратор поверхностный	шт.	1	1	2
4.	Вибратор глубинный	шт.	1	1	2
5.	Окрасочный агрегат СО-75	шт.	1	1	1
6.	Сварочный агрегат АСБ-300	шт.	1	1	1

1	2	3	4	5	6
7.	Пожарная мотопомпа	шт.	2	3	5
8.	Автогенный агрегат	комп.	1	1	1
9.	Насос "Андижанец" ( С-245)	комп.	1	2	3
10.	Насос погружной грязевой	комп.	1	2	3
11.	Электрокалорифер переносной	комп.	3	4	5
12.	Прожектор ПЭС-35	шт.	2	3	3
13.	Таль 3-5 т	шт.	1	2	2
14.	Лебедка 3-5 т	шт.	1	2	2
15.	Спасательный круг	шт.	5	8	10
16.	Лодка резиновая	шт.	1	2	2
17.	Электродрель	шт	1	2	2
18.	Насос погружной ЭЦВ 10-160-160-30 в	комп.	1	1	2

#### 4.3. Приборы, средства автоматизации и связи.

Таблица № 10.15

	Наименование	Единица измерения	Кол-во
1.	Манометры	шт.	В размере 10% от установленного типа оборудования, но не менее 1 шт. каждой номенклатуры           150-200
2.	Реле уровня поплавковое	шт.	
3.	Реле тепловые	шт.	
4.	Концевой выключатель	шт.	
5.	Первичный и вторичный прибор измерения уровня воды	шт.	
7.	Магнитный пускатель реверсивный	шт.	
8.	Автоматический выключатель трех полюсный	шт.	
9.	Автоматический выключатель двух полюсный	шт.	
10.	Кнопка электрическая	шт.	
11.	Реле токовое	шт.	
12.	Телефонный провод П-274 Устройство сигнализации	м	

#### 4.4. Инструмент, инвентарь.

Таблица № 10.16

1	2	3	4	5	6
1.	Лента мерная 20 м	шт.	1	1	1
2.	Рулетки разные	шт.	2	2	3
3.	Фонари переносные (летучая мышь)	шт.	1	2	3
4.	Кирки	шт.	10	15	20

1	2	3	4	5	6
5.	Ломы	шт.	10	20	30
6.	Лопаты штыковые	шт.	20	30	40
7.	Лопаты совковые	шт.	20	30	40
8.	Носилки разные	шт.	2	5	10
9.	Топоры плотничные	шт.	1	2	3
10.	Кувалды	шт.	1	2	3
11.	Ведра	шт.	10	15	20
12.	Багры	шт.	2	5	10
13.	Тачки металлические	шт.	2	3	4
14.	Пилы ручные	шт.	1	2	3
15.	Мотопилы	шт.	1	2	3
16.	Сапоги резиновые	пар.	10	15	20
17.	Рукавицы брезентовые	пар.	30	50	70
18.	Набор слесарных инструментов	комп.	2	3	4
19.	Коврики резиновые	шт.	10	15	25

#### 4.5. Электрооборудование и электроматериалы.

Таблица № 10.17

№	Наименование аварийных запасов	Един. измер.	Насосные станции подачи м <sup>3</sup> /с		
			30-50	50-100	свыше 100
1.	Электропровод разный	п.м	200	300	400
2.	Электрический кабель:	п.м	100	200	300
	- силовой	шт.	100	200	300
	- контрольный	шт.	10	150	160
3.	Электролампы				
	- 60-150 вт	шт.	20	30	40
	- 200-500 вт	шт.	2	3	3
4.	Прожекторы ПЭС-35	шт.	60	90	120
5.	Изоляторы	шт.			
	ШФУ-10	шт.	60	90	120
	ПФ 70-Д	шт.	60	90	120

#### Примечание:

1. Приказом по министерству за каждой НС должна быть закреплена ремонтно-строительная организация, ответственная за выделение необходимого количества землеройной техники, автотранспорта, кранов и других специальных машин на время прохождения паводков, селей, ледохода, шуги, а также при возникновении аварийной ситуации на объекте.

2. Норматив запаса материалов, НС подачи 1-10 м<sup>3</sup>/с принимается 50% от графы 4 для НС до 1 м<sup>3</sup>/с - 20%.

Нормативный запас по запасным частям, оборудованию и инструментам принимается от графы 4 для НС подачи 1-10 м<sup>3</sup>/с=50% (но не менее-1, шт.).

3. Нормативный запас по запасным частям, оборудованию и

инструментам принимается от графы 4 для НС подачей до 1 м<sup>3</sup>/с - 20% (но не менее 1 шт.). Для этих НС подачей до 1 м<sup>3</sup>/с нормативный запас по запасным частям и оборудованию составляется региональными Управлениями насосных станций (УНС) и утверждается Министерством.

4. При составлении перечня аварийного запаса, по запасным частям и оборудованию рекомендуется пользоваться Приложением № 1 к норме аварийных запасов.

Приложение №1  
к норме аварийных запасов материалов,  
оборудования, инструмента, инвентаря,  
средств автоматизации и связи

**Методы расчетов нормативов и норм потребности в резерве  
аварийного запаса материалов, оборудования, инструмента, инвентаря,  
средств энергоснабжения, автоматики и связи**

1. Способ расчета нормативов и норм потребности в резерве выбирается проектирующей или эксплуатирующей организацией из приведенных ниже методов в зависимости от вида оборудования и особенностей его ремонтного обслуживания, наличия исходной информации и средств вычислительной техники.

2. Методы расчета делятся на аналитические и имитационные. Выбираемый аналитический метод должен по возможности ближе отражать реальную ситуацию расходования и пополнения запаса. Аналитические методы позволяют применять только вероятностные правила принятия решений. Имитационный метод, при котором ситуация расходования и пополнения запасов моделируется и не имеет ограничений в применении.

3. Указанный комплекс методов расчет нормативов и норм потребности в резерве позволяет наиболее полно учесть конкретные ситуации расходования и пополнения запаса изделий и рассчитать их оптимальное количество.

Основные положения комплекса программ приведены в пункте 4.8. настоящего приложения. Тексты программ и инструктивные материалы содержатся в рабочей документации по задаче первой очереди ОАСУ Энергия "Расчет централизованного запаса и определение баз хранения важнейших запасных частей серийного энергетического оборудования электростанций".

4. Аналитическим методом нормативы и нормы потребности в резерве оборудования рассчитываются в следующем порядке:

4.1. рассчитывается вероятность выхода единицы оборудования из строя:

$$g = \frac{\sum t_b}{\sum t_b + T},$$

где  $\sum t_b$  - суммарная длительность восстановительных ремонтов оборудования (с момента отказа до окончания ремонта) за год;  
 $T$  - годовой фонд времени работы данного оборудования.

4.2. определяется норматив потребности в страховом резерве

$$N_{p.c} = N_3 \vartheta + 2\sqrt{N_3 \vartheta(1 - \vartheta)}$$

и норма потребности в страховом резерве

$$n_{p.c} = N_{p.c} : N_3,$$

где  $N_3$  - количество эксплуатируемых изделий, для которых определяется норматив потребности в резерве;

$N_{p.c}$  и  $n_{p.c}$  - норматив и норма потребности в резервных изделиях соответственно;

4.3. норматив потребности в ремонтном резерве

$$N_{p.p} = k_{п.р} \cdot t_{ср}$$

и норма потребности в ремонтном резерве

$$n_{p.p} = N_{p.p} : N_3,$$

где  $k_{п.р}$  - ожидаемое за год расчетное количество плановых ремонтов и модернизаций объектов, когда необходим демонтаж старого и использование взамен него нового (отремонтированного) изделия из резерва;

$t_{ср}$  - среднее время ремонта демонтированного изделия в долях года;

4.4. аналитический метод расчета нормативов и норм потребности в резерве ремонтируемых изделий для ситуаций: неисправная единица оборудования выводится в ремонт и вместо нее устанавливается взятая из резерва; неисправная единица после ремонта пополняет резерв. Норматив обменного фонда рассчитывается в следующем порядке:

4.4.1. определяется средняя интенсивность требований на изделия из резерва -  $\lambda$  (шт. за год);

4.4.2. определяется средняя интенсивность пополнения резерва отремонтированными изделиями  $\mu = 1/t_{ср}$ , где  $t_{ср}$  - средняя продолжительность восстановительного ремонта единицы изделия в годах;

4.4.3. Последовательным расчетом по формуле

$$P(N_p) = 1 - \sum_{0}^{N_p} \frac{1}{N_p!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^{N_p} e^{-\frac{\lambda}{\mu}}$$

для различных значений резерва  $N_p$  определяется то нормативное его значение, при котором вероятность задержки требования  $P(N_p)$  удовлетворяет принятому критерию (см. п. 3.4).

На графиках (см. Рисунок 10.7) приведены зависимости  $P(N_p)$  от отношения  $\lambda/\mu$  для различных  $N_p$

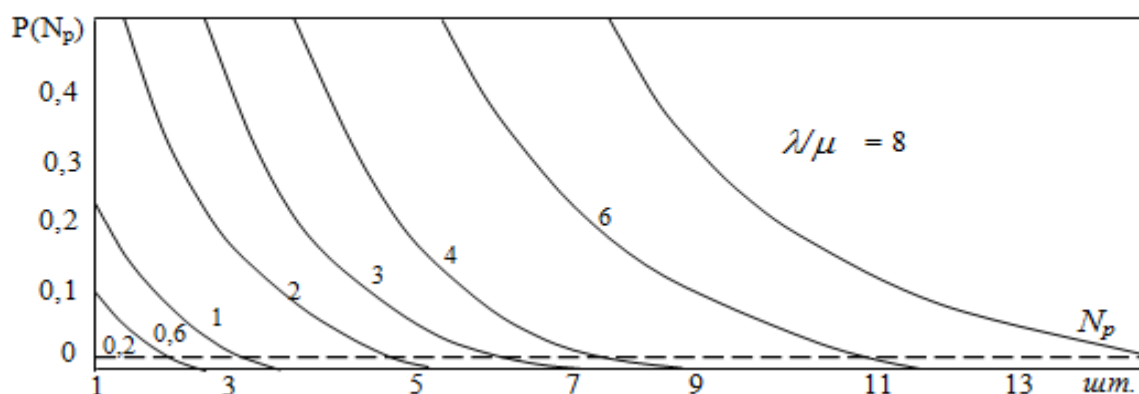


Рис. 10.7 - Зависимости  $P(N_p)$  от отношения  $\lambda/\mu$  для различных  $N_p$



4.4.4. норма потребности в резервном запасе определяется делением норматива потребности на то количество изделий, которое образует принятую в расчет среднюю интенсивность требований на изделия из резерва;

4.4.5. норма потребности в обменном фонде ремонтных предприятий, когда неизвестно количество обслуживаемого эксплуатируемого оборудования, может определяться делением норматива потребности на фактически отремонтированное количество изделий за год, предшествующий планируемому периоду.

4.5. Аналитический метод расчета нормативов и норм потребности резерва неремонтируемых изделий для ситуации: резерв рассчитывается на фиксированный промежуток времени, к концу которого желательно иметь минимальный остаток этих изделий; пополнения запаса на фиксированном отрезке времени не предусматривается. Норматив резерва рассчитывается в следующем порядке:

4.5.1. определяется среднее ожидаемое количество требований на фиксированном отрезке времени –  $N_{cp}$ ;

4.5.2. последовательным расчетом по формуле

$$P(N_p) = 1 - \sum_{0}^{N_p} \frac{N_{cp}^{N_p}}{N_p!} e^{-N_{cp}}$$

для различных значений резерва  $N_p$  определяется то его нормативное значение, при котором вероятность дефицита  $P(N_p)$  удовлетворяет принятому критерию (см. п. 3.4. настоящего приложения).

В таблице приведены отношения  $N_p : N_{cp}$  для различных вероятностей дефицита изделий в резерве.

Таблица № 10.18

Средний расход $N_{cp}$	Отношение $N_p:N_{cp}$ для нормативного значения вероятности дефицита $P(N_p)$			
	0,1	0,06	0,02	0,01
0,1	21	25	29	30
0,5	6	6,2	7,8	7,8
1	3,7	4,4	5,0	5,5
2	2,7	2,9	3,5	3,8
10	1,6	1,7	1,9	2,0
25	1,2	1,3	1,4	1,5
50	1,2	1,2	1,3	1,3
75	1,15	1,17	1,24	1,27
100	1,12	1,15	1,21	1,23
200	1,09	1,11	1,15	1,17
400	1,06	1,08	1,10	1,12
600	1,05	1,06	1,08	1,10
1000	1,04	1,05	1,06	1,07

4.6. Нормативы и нормы потребности рассчитываются для всего возможного диапазона изменения количеств эксплуатируемых изделий.

4.7. Результаты расчетов представляются в виде таблиц зависимостей нормативов и норм потребности в резерве от количества эксплуатируемых изделий.

4.8. Математическое обеспечение отраслевой методики по разработке нормативов потребности в резервном оборудовании и запасных частях для ремонтного обслуживания энергосистем состоит из:

- комплекса программ "Запас", который позволяет определить размеры нормативного запаса взаимозаменяемых изделий, оптимального с точки зрения принятого критерия;

- комплекса программ "Базы", который позволяет для заданного норматива запаса оптимально разместить его между возможными базами хранения.

Комплекс программ "Запас" может использоваться автономно, если нет необходимости искать лучшее размещение запаса по базам хранения. Комплекс программ "Базы" использует выходную информацию комплекса "Запас" (списки событий на магнитной ленте или барабане) и может работать только совместно с этим комплексом.

Программы воспроизводят на ЭВМ следующую модель. На определенной территории имеются объекты потребления, каждый из которых характеризуется:

- количеством и возрастным составом оборудования, имеющего узлы (детали), для которых необходимо рассчитать резерв;

- интенсивностью потока аварийных и плановых требований на изделие из резерва;

- координатами нахождения.

На той же территории имеются возможные пункты (базы) хранения запаса, координаты которых связаны с объектами потребления матрицей транспортных потерь.

Любой из объектов потребления может использовать запас с любой из баз хранения, но при этом используется запас тех баз, для которых минимальны транспортные издержки и для плановых требований не используется страховой (аварийный) запас.

Процедура поиска лучшего решения состоит в многократном выполнении следующих действий: моделирование системы управления запасами при данном значении норматива резерва, оценка основных параметров системы с точки зрения удовлетворения принятому правилу выбора решения и в случае необходимости расчет при новом значении норматива резерва и т.д. Процесс повторяется до получения требуемых результатов. Если в качестве критерия оптимальности используется минимум приведенных затрат, то поиск лучшего решения производится автоматически.

## **1. Комплектующие изделия и запасные части электродвигателей.**

### **1.1. Нормы неснижаемого складского эксплуатационного запаса**

## комплектующих изделий и запасных частей электродвигателей

Таблица № 10.19

Обору- дование	Запасные части и комплектующие изделия	Норма запаса	Количество однотипных машин, на которое рассчитана норма запаса	Приме- чание
1	2	3	4	5
Электродвигатели переменного тока мощностью до 100 кВт, напряжением 380 В	Подшипниковые щиты, комп.	1	40	Но не менее одного комплек- та или каждого типа
	Шарики- и роликоподшипники, шт.	2	10	
	Рым – болт, шт.	1	20	
	Крышки подшипников, шт.	1	20	
	Кольца смазочные, шт.	1	40	
	Вентиляторы внешние, шт.	1	20	
	Кожух внешних вентиляторов, шт.	1	40	
	Шпильки стяжные, шт.	1	10	
	Коробка выводов, комп.	1	20	
	Панель клейменная, комп.	1	10	
	Болты контактные с гайками, комп.	1	10	
	Секции статорные, %	10	1	
	Секции роторные, %	10	1	
	Стержни роторные, %	10	1	

## 1.2. Нормы неснижаемого складского эксплуатационного запаса комплектующих и запасных частей основных высоковольтных электродвигателей

Таблица № 10.20

Тип электро- двигателя	Наименование комплектующих или запасных частей	Норма запаса	Количество однотипных машин, на которое рассчитана норма	Примечание
Горизонтальный	Корпус подшипниковой опоры, комп.	1	20	
	Ротор в сборе, комп.	1	10	
	Подшипники качения, комп.	1	5	
	Подшипники скольжения, комп.	1	5	
	Лабиринтовое уплотнения, комп.	1	20	
	Кольца смазочные, комп.	1	20	
	Щеткодержатель, шт.	1	4	
	Траверса, шт.	1	20	
	Щетки, комп.	1	4	

	Кольца токосъемные, шт.	1	20	
	Секция обмоток статора, комп.	1	4	
	Катушка роторной обмотки, шт.	1	4	
	Клин пазовый статорный, шт.	10	1	
	Клин пазовый роторный, шт.	2	1	
Вертикальные	Секция обмоток статора, комп.	1	20	
	Катушка роторной обмотки, шт.	1	4	
	Клин пазовый статорный, шт.	30	1	
	Клин пазовый роторный, шт.	2	1	
	Щеткодержатель, шт.	1	4	
	Траверса, шт.	1	20	
	Щетки, комп.	1	4	
	Кольцо токосъемное, шт.	1	20	
	Сегментный подпятник, комп.	1	10	
	Диск зеркальный, шт.	1	20	
	Втулка подпятника, шт.	1	20	
	Кольцо стопорное, шт.	1	20	
	Маслоохладители, комп.	1	20	
	Воздухоохладители, шт.	1	20	
Электро-машинный возбудитель	Якорь в сборе, комп.	1	20	
	Катушка статорной обмотки, комп.	1	10	
	Щеткодержатель, шт.	1	4	
	Траверса, шт.	1	20	
	Щетки, комп.	1	4	
	Кольцо токосъемное, шт.	1	20	
Тиристорное возбудительное устройство	Тиристоры силовые, шт.	1	2	
	Платы управления, комп.	1	10	
	Выключатель автоматический трехголосной, шт.	1	10	

## 2. Электрическая аппаратура.

### 2.1. Нормы неснижаемого складского резерва аппаратуры.

Таблица № 10.21

Аппаратура	Норма резерва, % от количества действующей аппаратуры, шт.		
	до 50	51-100	500 и
Рубильники и переключатели	6	3	2
Барабанные переключатели	5	3	2
Универсальные ключи, переключатели и кнопки управления	6	3	2
Выключатели и переключатели пакетные	5	4	3
Контроллеры	10	5	3
Командоаппараты	10	6	4

Аппаратура	Норма резерва, % от количества действующей аппаратуры, шт.		
	до 50	51-100	500 и
Путевые и конечные выключатели	5	3	2
Выключатели автоматические воздушные и установочные	5	3	2
Контакты		4	2
Пускатели магнитные	8	4	2
Реле управления и защиты различных назначений	10	5	3
Реостаты	10	6	2
Электромагниты тормозные	5	3	2
Трансформаторы для местного освещения, селеновых выпрямителей и цепей управления	5	4	2
Стабилизаторы напряжения	4	2	1

### 3. Электродвигатели асинхронные с короткозамкнутым ротором.

#### 3.1. Мощностью свыше 320 до 1000 кВт.

Таблица № 10.22

Наименование материалов	Мощность электродвигателей, кВт														
	свыше 320 до 400			свыше 400 до 500			свыше 500 до 630			свыше 630 до 800			свыше 800 до 1000		
	Нормы расхода материалов на ремонт														
	капитал ьный К1	капитал ьный К2	текущий	капитал ьный К1	капитал ьный К2	текущий	капитал ьный К1	капитал ьный К2	текущий	капитал ьный К1	капитал ьный К2	текущий	капитал ьный К1	капитал ьный К2	текущий
ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ															
Прокат черных металлов															
Сталь углеродистая, кг	1,8	2,6	-	2,4	3,0	-	2,6	3,7	-	2,8	4,0	-	3,0	4,4	-
Прокат тонколистовой, кг	4,6	6,6	1,2	4,8	7,3	1,4	5,0	7,2	1,5	5,5	7,9	1,6	5,8	8,2	1,7
Трубы стальные															
Трубы стальные водогазопро- водные	1,8	2,6	-	2,0	2,9	-	2,4	3,4	-	2,8	4,0	-	3,0	4,3	-
Метизы															
Электроды сварочные, кг	0,09	0,13	-	0,1	0,14	-	0,12	0,17	-	0,14	0,2	-	0,16	0,23	-
Болты, гайки, шайбы, кг	1,0	1,5	0,15	1,0	1,5	0,15	1,5	2,0	0,2	1,5	2,0	0,2	2,0	2,5	0,25
ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ															
Сплавы															
Припои оловянно- свинцовые, кг*	18,0	25,7	1,8	20,0	28,6	2,0	22,0	31,4	2,2	23,0	32,9	2,3	24,0	34,1	2,4

Сплав медь-фосфор МФ-3, кг	0,28	0,4	-	0,3	0,4	-	0,32	0,46	-	0,34	0,49	-	0,36	0,51	-
Привой ПМФОЦР-6-4-0,03, кг	0,28	0,4	-	0,3	0,4	-	0,32	0,46	-	0,34	0,49	-	0,36	0,51	-
Прокат															
Листы и полосы медные, кг*	25,0	36,0	7,6	30,0	40,0	14,0	32,0	46,0	14,0	34,0	49,0	15,0	36,0	51,0	16,0
Листы и полосы латунные, кг*	21,0	30,0	2,1	24,0	34,0	2,4	25,0	36,0	2,5	28,0	40,0	2,8	30,0	43,0	3,0
Фольга алюминиевая для технических целей, кг*	25,00	36,00	7,6	30,0	40,0	14,0	32,0	46,0	14,0	34,0	49,0	15,0	36,0	51,0	16,0
УГОЛЬНО-ГРАФИТНАЯ ПРОДУКЦИЯ															
Электроды угольные, кг	0,15	0,20	-	0,18	0,30	-	0,21	0,3	-	0,23	0,35	-	0,25	0,36	-
КАБЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ															
Провод установочный, м	6,00	18,00	-	7,50	21,00	-	7,80	24,0	-	8,10	24,00	-	8,40	25,0	-
Провода медные обмоточные, кг	20,0	200,0	-	22,0	220,0	-	25,0	250,0	-	30,0	300,0	-	35,0	350,0	-
ПИЛОМАТЕРИАЛЫ															
Пиломатериалы листовых пород, м <sup>3</sup>	0,1	0,2	-	0,2	0,3	-	0,3	0,4	-	0,4	0,5	-	0,5	0,6	-
БУМАЖНАЯ ПРОДУКЦИЯ															
Картон электроизоляционный, кг	3,0	4,0	0,5	3,0	4,0	0,5	3,5	4,5	0,5	3,5	4,5	0,5	4,0	5,0	0,5
Бумага кабельная, кг	1,4	2,0	-	1,6	2,1	-	1,7	2,4	-	1,9	2,6	-	2,1	3,0	-
ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ															
Ветошь обтирочная сортированная, кг	3,0	4,0	0,5	3,5	4,0	0,5	3,5	4,0	0,5	3,5	4,0	0,5	4,0	4,5	0,5
Лента киперная, м	240,0	300,0	69,0	260,0	370,0	78,0	280,0	400,0	84,0	300,0	430,0	90,0	320,0	460,0	96,0
Лента тафтяная, м	340,0	490,0	-	360,0	520,0	-	380,0	550,0	-	400,0	580,0	-	420,0	600,0	-
Шнуры льняные крученые, кг	2,5	3,0	-	3,0	3,5	-	3,0	3,5	-	3,5	4,0	-	3,5	4,0	-
Войлок технический полугрубошерстной, кг	0,05	0,07	-	0,05	0,07	-	0,05	0,07	-	0,06	0,08	-	0,07	0,1	-
Ткани хлопчатобумажные технические для электропромышленности, м <sup>2</sup>	1,5	2,0	1,0	2,0	2,5	1,0	2,0	2,5	1,0	2,0	2,5	1,0	2,5	3,0	1,5
Лавсановый шнур, м	700,0	800,0	-	800,0	900,0	-	1000,0	1100,0	-	1200,0	1300,0	-	1400,0	1500,0	-
ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ															
Краски густотертые, кг	2,5	3,5	0,8	2,6	3,7	0,8	2,8	4,0	0,9	2,9	4,1	0,9	3,1	4,4	1,0
Олифа оксоль, кг	1,0	1,4	0,3	1,1	1,5	0,3	1,2	1,7	0,4	1,3	1,8	0,4	1,5	2,1	0,5

Грунты, эмали, шпатлевки:															
Грунтовка ФЛ-03к, ФЛ-03ж															
Грунтовка ГФ-0119															
Эмаль ГФ-92															
Эмаль ХВ-125															
Шпатлевки															
Всего, кг	4,5	7,5	2,0	5,0	8,0	2,5	5,5	8,5	3,0	6,0	9,0	3,5	6,5	9,5	4,0
Глет свинцовый, кг	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-
Лак бакелитовый, кг	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-
Лак электроизоляционный:															
Лак электроизоляционный БТ-99															
Лак электроизоляционный МЛ-92															
Лак электроизоляционный ГФ-95															
Всего, кг	18,0	25,0	4,0	19,0	27,0	4,0	19,5	28,0	4,0	20,0	28,0	4,0	20,0	30,0	4,5
РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ															
Пластины резиновые и резинотканевые, кг	3,0	3,0	0,7	3,5	3,5	0,75	6,0	6,0	1,3	10,5	10,5	2,5	15,0	15,0	3,5
АСБЕСТОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ															
Бумага асбестовая, кг	1,5	2,0	0,5	1,5	2,0	0,5	1,5	2,0	0,5	1,5	2,0	0,5	1,5	2,0	0,5
Лента асбестовая электро- и теплоэлектроизоляционная, м	56,0	80,0	16,8	60,0	85,6	18,0	64,0	91,2	19,2	68,0	96,8	20,4	72,0	102,8	21,6
Картон асбестовый, кг	4,5	6,0	1,5	4,5	6,0	1,5	4,5	6,0	1,5	4,5	6,0	1,5	4,5	6,0	1,5
ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ															
Стеклотекстолит электротехнический листовой, кг	4,0	5,5	0,5	4,5	6,3	0,9	4,8	6,6	1,0	5,1	7,2	1,2	5,4	7,8	1,5
Микалента, кг	1,4	2,0	0,28	1,6	2,2	0,32	1,7	2,4	0,34	1,8	2,5	0,36	1,9	2,7	0,38
Миканит гибкий, кг	0,15	0,21	-	0,16	0,22	-	0,17	0,25	-	0,18	0,26	-	0,19	0,27	-
Слюдопластолента, кг	1,4	2,0	0,28	1,6	2,2	0,32	1,7	2,4	0,34	1,8	2,5	0,36	1,9	2,7	0,38
Лакоткань светлая электроизоляционная, м	3,4	4,8	1,0	3,8	5,4	1,2	4,0	5,7	1,3	4,2	6,0	1,4	4,4	6,2	1,5
Стеклослюдинитовая лента ЛСТК-110, кг	1,4	2,0	0,3	1,6	2,2	0,3	1,7	2,4	0,3	1,8	2,5	0,4	1,9	2,7	0,4
Гетинакс	2,0	2,8	0,4	2,2	3,1	0,54	2,4	3,4	0,5	2,6	3,7	0,5	2,8	4,0	0,6

электротехнический листовой, кг															
Текстолит электротехнический листовой, кг	1,5	2,1	0,3	1,5	2,1	0,3	1,6	2,2	0,4	1,7	2,4	0,4	1,8	2,6	0,4
Стеклолакоткань электроизоляционная, м	13,5	19,2	4,1	14,0	20,0	4,3	14,5	20,7	4,3	15,0	21,4	4,5	15,5	22,1	4,6
Ленты электроизоляционные из стеклянных нитей, м	340,0	490,0	-	360,0	520,0	-	380,0	550,0	-	400,0	580,0	-	420,0	600,0	-
ХИМИКАТЫ															
Спирт технический этиловый, л	0,08	0,11	0,04	0,09	0,12	0,05	0,1	0,14	0,05	0,12	0,17	0,06	0,14	0,20	0,07
Флюс № 209, кг	0,1	0,14	-	0,2	0,28	-	0,3	0,4	-	0,4	0,6	-	0,5	0,7	-
Клей 88-Н, кг	0,1	0,14	-	0,2	0,28	-	0,3	0,4	-	0,4	0,6	-	0,5	0,7	-
Канифоль сосновая, кг*	20,0	30,0	4,0	20,0	30,0	4,0	20,0	30,0	5,0	30,0	30,0	5,0	20,0	30,0	6,0
Растворители:															
Ксилол нефтяной															
Толуол каменноугольный и сланцевый															
Сольвент каменноугольный															
Всего, кг	6,5	8,0	1,5	6,5	8,0	1,5	7,0	10,5	1,5	7,0	10,5	1,5	7,0	10,5	1,5
АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ															
Шкурка шлифовальная бумажная, м <sup>2</sup>	0,4	0,4	-	0,4	0,4	-	0,4	0,4	-	0,5	0,5	-	0,6	0,6	-
НЕФТЕПРОДУКТЫ															
Бензин авиационный Б-70, кг	7,0	7,0	-	8,0	8,0	-	9,0	9,0	-	10,0	10,0	-	11,0	11,0	-
Керосин осветительный, кг	5,8	8,2	0,58	6,0	8,5	0,6	6,2	8,8	0,62	6,4	9,1	0,64	6,6	9,4	0,66
Парафин нефтяной твердый, кг	1,0	1,4	-	1,2	1,7	-	1,3	1,8	-	1,4	2,0	-	1,5	2,1	-
Смазка ЭШ-176, кг	1,4	2,0	0,7	1,5	2,1	0,75	1,6	2,2	0,8	1,7	2,4	0,85	1,8	2,5	0,9
Смазка жировая 1-13, кг	1,4	2,0	0,7	1,5	2,1	0,75	1,6	2,2	0,8	1,7	2,4	0,85	1,8	2,5	0,9
Смазка Литол-24, кг	1,4	2,0	0,7	1,5	2,1	0,75	1,6	2,2	0,8	1,7	2,4	0,85	1,8	2,5	0,9
Вазелин технический, кг	0,16	0,2	0,08	0,2	0,3	0,1	0,22	0,3	0,11	0,24	0,3	0,12	0,26	0,37	0,13
Глицерин, кг	0,09	0,12	0,05	0,09	0,12	0,5	0,09	0,12	0,5	0,09	0,12	0,05	0,1	0,14	0,05
ПРОЧИЕ МАТЕРИАЛЫ															
Кисти и щетки малярные, шт.	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Щетки металлические, шт.	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1



**Примечание:** Нормы расхода материалов, указанные в таблице со знаком \*, рассчитаны на 100 электродвигателей.

### 3.2. Мощностью свыше 1000 до 8000 кВт.

Таблица № 10.23

Наименование материалов	Мощность электродвигателей, кВт														
	свыше 1000 до 1250			свыше 1250 до 1600			свыше 1600 до 2000			свыше 2000 до 5000			свыше 5000 до 6000		
	Нормы расхода материалов на ремонт														
	капитальный К1	капитальный К2	текущий	капитальный К1	капитальный К2	текущий	капитальный К1	капитальный К2	текущий	капитальный К1	капитальный К2	текущий	капитальный К1	капитальный К2	Текущий
Черные металлы															
Прокат черных металлов															
Сталь углеродистая, кг	3,2	4,5	-	3,4	4,8	-	3,6	5,1	-	4,2	6,0	-	4,4	6,2	-
Прокат тонколистовой, кг	6,1	8,7	1,75	6,4	9,1	1,8	6,7	9,5	1,91	7,6	10,8	2,16	7,9	11,2	2,25
Трубы стальные															
Трубы стальные водогазопроводные, кг	3,2	4,5	-	3,4	4,8	-	3,6	5,1	-	4,2	6,0	-	4,4	6,2	-
Метизы															
Болты, гайки, шайбы, кг	2,0	2,5	0,25	2,5	3,0	0,25	3,0	3,5	0,3	3,5	4,0	0,3	4,0	4,5	0,5
Электроды сварочные, кг	0,18	0,25	-	0,2	0,3	-	0,22	0,31	-	0,28	0,4	-	0,3	0,4	-
ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ															
Сплавы															
Припой оловянно-свинцовые, кг*	25,0	35,7	2,5	26,0	37,1	2,6	27,0	38,5	2,7	30,0	42,8	3,0	31,0	44,2	3,1
Сплав медь-фосфор, МФ-3, кг	0,38	0,54	-	0,4	0,57	-	0,42	0,6	-	0,48	0,68	-	0,5	0,7	-
Припой ПМФ0ЦР-6-4-0,03, кг	0,4	0,5	-	0,4	0,5	-	0,45	0,6	-	0,5	0,6	-	0,5	0,7	-
Баббит, кг	8,0	10,2	-	8,2	10,5	-	8,4	11,8	-	9,0	12,8	-	9,2	13,1	-
Прокат															
Листы и полосы медные, кг*	38,0	54,2	11,4	40,0	57,0	13,0	42,0	60,0	18,9	48,0	68,5	21,6	50,0	71,4	22,5
Листы и полосы латунные, кг*	32,0	45,7	2,9	34,0	48,5	3,1	36,0	51,4	3,2	42,0	60,0	3,8	44,0	60,8	4,0
Фольга алюминиевая для технических целей, кг*	26,0	37,0	-	26,5	37,0	-	27,0	38,0	-	28,0	40,0	-	29,0	41,0	-
УГОЛЬНО-ГРАФИТНАЯ ПРОДУКЦИЯ															
Электроды угольные, кг	0,27	0,38	-	0,29	0,4	-	0,31	0,4	-	0,37	0,5	-	0,39	0,5	-
КАБЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ															

Провод установочный, м	8,7	25,0	-	9,0	27,0	-	9,3	27,0	-	10,0	30,0	-	10,5	30,0	-
Провода медные обмоточные, кг	40,0	400,0	-	45,0	450,0	-	50,0	500,0	-	70,0	700,0	-	120,0	1200,0	-
ПИЛОМАТЕРИАЛЫ															
Пиломатериалы лиственных пород, м <sup>3</sup>	0,5	0,6	-	0,5	0,7	-	0,6	0,8	-	0,7	0,9	-	0,8	1,0	-
БУМАЖНАЯ ПРОДУКЦИЯ															
Картон электроизоляционный, кг	4,0	5,5	0,5	4,0	5,5	0,5	4,2	6,0	0,5	4,8	6,8	0,5	5,0	7,1	0,5
Бумага кабельная, кг	2,3	3,2	-	2,5	3,5	-	2,7	3,8	-	3,0	4,2	-	3,1	4,4	-
ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ															
Ветошь обтирочная сортированная, кг	4,0	5,0	0,5	4,0	5,0	0,5	4,0	5,0	0,5	4,0	5,0	0,5	4,0	5,0	0,5
Лента киперная, м	340,0	490,0	98,0	360,0	520,0	100,0	380,0	550,0	110,0	440,0	630,0	130,0	460,0	660,0	140,0
Лента тафтяная, м	420,0	630,0	-	460,0	660,0	-	480,0	685,0	-	540,0	770,0	-	560,0	800,0	-
Шнуры льняные крученые, кг	3,5	4,0	-	3,5	4,0	-	3,8	5,1	-	4,0	5,7	-	4,2	6,0	-
Войлок технический грубошерстный, кг	0,08	0,11	-	0,09	0,12	-	0,1	0,14	-	0,13	0,18	-	0,14	0,2	-
Лавсановый шнур, м	1500,0	1600,0	-	1600,0	1700,0	-	1700,0	1800,0	-	1800,0	1900,0	-	1900,0	2000,0	-
Ткани хлопчатобумажные технические для электропромышленности, м <sup>2</sup>	3,0	4,2	-	3,0	4,2	-	4,5	6,4	-	4,5	6,4	-	5,0	7,1	-
ЛАКО-КРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ															
Краски густотертые, кг	3,3	4,7	0,99	3,5	5,0	1,06	3,7	5,2	1,11	4,2	6,0	1,26	4,4	6,2	1,32
Олифа оксоль, кг	1,7	2,3	0,55	1,9	2,6	0,6	2,1	2,8	0,63	2,7	3,3	0,81	2,9	3,5	0,87
Грунты, эмали, шпатлевки:															
Грунтовка ФЛ-13к, ФЛ-03ж															
Грунтовка ГФ-0119															
Эмаль ГФ-92															
Эмаль ХВ-125															
Шпатлевки															
Всего, кг	7,0	10,0	4,0	7,5	10,5	4,0	8,0	11,0	4,0	9,5	11,5	4,0	10,0	12,0	4,0
Глет свинцовый, кг	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-
Лак бакелитовый, кг	0,8	1,0	-	0,8	1,0	-	0,9	1,2	-	1,0	1,5	-	1,2	1,7	-
Лак электроизоляцио															

нный															
Лак электроизоляционный БТ-99															
Лак электроизоляционный МЛ-92															
Лак электроизоляционный ГФ-95															
Всего, кг	20,4	29,1	4,07	20,7	29,5	4,14	21,0	30,0	4,2	21,4	30,6	4,3	21,7	31,0	4,4
РЕЗИНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ															
Пластины резиновые и резинотканевые, кг	20,0	20,0	4,0	21,5	21,5	4,2	22,0	22,0	6,0	24,0	24,0	8,5	25,0	25,0	7,5
АСБЕСТОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ															
Бумага асбестовая, кг	1,6	2,2	0,48	1,7	2,4	0,51	1,8	2,5	0,54	2,1	3,0	0,63	2,2	3,1	0,66
Картон асбестовый, кг	4,8	6,6	1,5	5,1	7,2	1,5	5,8	7,5	1,5	6,3	9,0	1,83	6,6	10,0	2,0
Лента асбестовая электро- и теплоизоляционная, м	76,0	108,4	22,8	80,0	114,0	24,0	84,0	120,0	24,0	96,0	136,0	28,0	100,0	150,0	28,0
ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ															
Стеклотекстолит электротехнический листовой, кг	5,7	8,1	1,2	6,0	8,4	1,2	6,3	9,0	1,3	7,2	10,2	1,5	7,5	10,5	1,5
Микалента, кг	2,0	2,8	0,4	2,1	3,0	0,42	2,2	3,1	0,44	2,5	3,5	0,5	2,6	3,7	0,52
Миканит гибкий, кг	0,2	0,3	-	0,21	0,3	-	0,22	0,31	-	0,25	0,35	-	0,26	0,37	-
Лакоткань светлая электроизоляционная, м	4,6	6,0	1,4	4,8	6,8	1,5	5,2	7,4	1,6	5,6	8,0	1,7	5,8	8,2	1,8
Стеклолюдинитовая лента, ЛСТК-110, м	2,0	2,6	0,4	2,1	3,0	0,42	2,2	3,1	0,44	2,5	3,5	0,5	2,6	3,7	0,52
Гетинакс электротехнический листовой, кг	3,0	4,0	0,6	3,2	4,5	0,64	3,4	4,8	0,68	4,0	5,7	0,8	4,2	6,0	0,84
Текстолит электротехнический листовой, кг	1,9	2,7	0,4	2,0	2,8	0,4	2,1	3,0	0,42	2,4	3,4	0,48	2,5	3,5	0,5
Стеклолакоткань электроизоляционная, м	16,0	22,8	4,8	16,3	23,2	4,9	16,6	23,7	5,0	17,5	25,0	5,25	17,8	25,4	5,35
Лента электроизоляционная из стеклянных нитей, м	440,0	630,0	-	460,0	660,0	-	480,0	690,0	-	540,0	780,0	-	560,0	800,0	-
Препрег ПИМ-	5,0	7,1	-	6,0	8,5	-	7,0	10,0	-	8,0	11,4	-	9,0	12,8	-

6, кг															
ХИМИКАТЫ															
Спирт этиловый технический, л	0,16	0,22	0,08	0,18	0,25	0,09	0,2	0,3	0,1	0,26	0,37	0,13	0,27	0,40	0,14
Флюс № 209, кг	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-	0,5	0,7	-
Клей 88-Н, кг	0,6	0,8	0,08	0,7	0,9	0,07	0,8	1,0	0,08	1,1	1,3	0,11	1,2	1,5	0,12
Канифоль сосновая, кг*	30,0	40,0	7,0	30,0	40,0	8,0	30,0	40,0	9,0	30,0	40,0	12,0	40,0	50,0	13,0
Растворители:															
Ксилол нефтяной															
Толуол каменноугольный и сланцевый															
Сольвент каменноугольный															
Всего, кг	7,8	11,1	1,6	8,0	11,4	1,6	8,2	11,7	1,7	8,8	12,5	1,8	9,0	12,8	1,9
Дибутилфталат, кг	1,0	1,3	-	1,1	1,5	-	1,3	1,8	-	1,5	1,9	-	1,8	2,5	-
Полиэтиленполиамин, кг	0,1	0,13	-	0,11	0,15	-	0,13	0,18	-	0,15	0,19	-	0,18	0,25	-
Этилцеллозольв технический, кг	0,2	0,26	-	0,22	0,3	-	0,26	0,36	-	0,3	0,38	-	0,36	0,5	-
Спирт гидролизный, кг	0,2	0,26	-	0,22	0,3	-	0,26	0,36	-	0,3	0,38	-	0,36	0,5	-
НЕФТЕПРОДУКТЫ															
Бензин авиационный Б-70, кг	12,0	12,0	-	13,0	13,0	-	14,0	14,0	-	14,5	14,5	-	15,0	15,0	-
Керосин осветительный, кг	6,8	9,7	0,7	7,0	10,0	0,7	7,2	10,2	0,8	7,8	11,1	0,8	8,0	11,4	0,8
Парафин нефтяной, твердый, кг	1,6	2,2	-	1,7	2,4	-	1,8	2,5	-	2,1	3,0	-	2,2	3,1	-
Вазелин технический, кг*	28,0	40,0	14,0	29,0	41,4	14,5	30,0	42,8	15,0	33,0	47,1	16,5	34,0	48,5	17,0
Глицерин, кг*	11,0	15,7	5,5	12,0	17,0	6,0	13,0	18,5	6,5	16,0	22,8	8,0	20,0	28,5	10,0
Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные, кг	1,0	1,3	-	1,1	1,5	-	1,3	1,8	-	1,5	1,9	-	1,8	2,5	-
ПРОЧИЕ МАТЕРИАЛЫ															
Кисти и щетки малярные, шт.	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Щетки металлические, шт.	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1

**Примечание.** Нормы расхода материалов, указанные в табл. со знаком \*, рассчитаны на 100 электродвигателей.

#### 4. Электрические сети

#### 4.1. Нормативы неснижаемого эксплуатационного запаса материалов и запасных частей для ремонта электрических сетей

Таблица № 10.24

Сети	Наименование материалов и запасных частей	Норма запаса	Кол-во оборудования, на которое рассчитана норма запаса	Примечание
Кабельные сети	Кабель разного назначения, %	2		От общего кол-ва находящегося в эксплуатации
	Соединительная муфта, шт.	1	10	Не менее 1 каждого типа размера
	Кабельные воронки, шт.	1	10	Не менее 1 каждого типа размера
	Кабельные наконечники, шт.	3	-	На каждые 10 присоед., но не менее 3 каждого типа размера
	Кабельная масса, кг.	5	-	На каждые 10 воронок и муфт
Воздушные линии электропере	Провод (голый и изолированный), м	50	1000	От общего
Цеховые электрические сети и осветительные)	Изоляторы штыревые и Подвесные, %	5	-	
	Кабель, м	4	100	
	Провод установ., м	5	100	
	Шнур осветит., м	5	100	
	Установочные изделия, %	8	-	От общего
	Осветительная арматура, шт	1	20	
	Электролампы накаливания, %	25	-	От общего кол-ва, находящегося в эксплуатации
	Электролампы люминесцентные, %	5	-	
	Электролампы ртутные высокого давления, %	15	-	То же

#### 5. Распределительные устройства и подстанции.

##### 5.1. Нормативы запаса материалов и запасных частей.

Таблица № 10.25

Оборудование	Наименование материалов и запасных частей	Норма запаса	Кол-во оборудования, на которое рассчитана норма	Примечание
Силовые трансформаторы	Обмотка высокого напряжения, комп.	1	5	
	Обмотка низкого напряжения, комп.	1	10	
	Выводы со стороны	1	5	

	-высокого и низкого напряжения, шт.			
	Изоляторы проходные, шт.	1	3	
	Фарфоровые рубашки для проходных изоляторов, шт.	1	1	
	Расширители стеклянные неподвижные, комп.	1	1	
	Втулки проходные, комп.	1	3	
	Искрогасительные контакты, пар.	6	1	Но не более 3-х
	Наконечник контактный, комп.	1	3	
	Палец неподвижного рабочего и дугогасительного контактов, комп.	1	3	Тоже
	Щетки неподвижного рабочего контакта, комп.	1	3	
	Пружина, комп.	1	3	
	Катушки к приводам, шт.	1	3	
Разъединители	Изоляторы опорные, шт.	3	5	
	Контакты, шт.	1	5	
	Нож комплектующий комп.	1	5	
Распределительные уст-ва до 1000 В и	Шины, м	3	100	
	Изоляторы опорные и проходные, шт.	1	25	Но не менее 3-х шт.каждого типоразмер

## 5.2. Нормы складского резерва трансформаторов, аппаратуры высокого напряжения и выпрямителей для зарядки аккумуляторных батарей.

Таблица № 10.25

Оборудование	Кол-во эксплуатируемого оборудования, шт.	Нормы резерва		Примечание
		% от эксплуатируемого парка	минимальная	
Трансформаторы и автотрансформаторы, преобразователи ртутные			1	Складской резерв предусматривается при отсутствии горячего резерва

Масляные и воздушные выключатели нагрузки измерительные трансформаторы, разрядники предохранители, разъединители	До 10 11-50 свыше 50	10 6 5	1 1 2	Складской резерв предусматривается лишь при отсутствии в распределительное устройстве резервных ячеек
Преобразователи: селеновые купрокосные диодные	До 10 11-50 свыше 50	10 4 2	1	

## 6. Средства измерения.

### 6.1 Нормы складского резерва измерительных приборов.

Таблица № 10.26

Приборы	Норма резерва, шт.	На каждое количество однотипных приборов, шт.
Щитовые электроизмерительные	1	20
Счетчики электроэнергии	1	30
Самопишущие щитовые электроизмерительные	1	20
Шунты и добавочные сопротивления	1	30
Измерительные трансформаторы тока и напряжения	1	40
Термометры манометрические	1	10
Термометры сопротивления	1	10

## 7. Насосное оборудование.

### 7.1. Норма неснижаемого складского запаса комплектующих и запасных частей основного насосного оборудования.

Таблица № 10.27

Оборудование	Наименование запасных частей	Норма запаса комп.	Кол-во однотипных агрегатов, на которое рассчитана норма запаса	Примечание
Горизонтальный	Корпус подшипниковой опоры, комп.	1	20	
	Ротор в сборе, комп.	1	10	
	Подшипники качения, комп.	1	5	
	Подшипники скольжения, комп.	1	5	
	Муфта соединительная, комп.	1	10	
Вспомогательные	Рабочее колесо с уплотнениями, комп.	1	10	

	Вал насоса, шт.	1	20	
	Корпус направляющего подшипника на водяной смазке, шт.	1	10	
	Вкладыши подшипника на водяной смазке, комп.	1	5	
Вертикальный осевой	Рабочее колесо, шт.	1	10	
	Корпус направляющего подшипника, шт.	1	10	
	Вкладыши подшипника на водяной смазке, комп.	1	5	
	Вал насоса, шт.	1	10	
	Камера рабочего колеса, шт.	1	20	
	Выправляющий аппарат, шт.	1	20	
Компрессоры	Вкладыши коренных подшипников	1	1	На каждый тип компрессора
	Вкладыши выносных подшипников	1	1	
	Вкладыши кривошипных подшипников	1	1	
	Всасывающие вкладыши	1	1	
	Нагнетательные клапаны	1	1	
	Клапанные пластины	2	1	На каждый тип компрессора
	Клапанные пружины	2	1	
	Прокладки паронитовые для каждого клапана	1	1	
	Шпильки для крепления крышек клапанов	1	1	
	Кольца поршневые	3	4	
	Поршни	1	1	На каждый тип компрессора
	Металлическая набивка	1	1	
	Сальники штока	1	1	
	Шатунные болты	1	1	
	Крейцкопфные пальцы	1	1	
	Манометры	1	1	На каждый тип компрессора
	Предохранительные клапаны	1	1	То же
	Штоки	1	1	« »
	Шатуны	1	1	« »
	Трубки промежуточного холодильника %	10	1	На каждый тип холодильника
	Рабочие пластины	1	1	На каждый тип компрессора
	Роликоподшипники	2	1	То же
	Шарикоподшипники	2	1	То же
	Детали масляного насоса	11	1	То же
	Поршни	1	1	

## 7.2 Нормы складского резерва однотипного насосного оборудования вспомогательного назначения.



Таблица № 10.28

Оборудование	Нормы резерва	
	% от эксплуатируемого оборудования	Минимальная, шт.
Насосы дренажные	20	1
Насосы техводоснабжения	20	1
Вакуум-насосы	3	1
Насосы масляные шестерные	20	1

## 8. Трубопроводы.

### 8.1. Нормативы неснижаемого эксплуатационного запаса материалов и запасных частей для ремонта трубопроводных сетей и сооружений.

Таблица № 10.29

Материалы и запасные части	Норма запаса	Количество однотипного оборудования, на которое рассчитана норма запаса	Примечание
Трубы разного назначения, %	3		Трубы технологической схемы НС каждого диаметра
Фланцы для труб, %	5	-	Каждого размера
Вентили, задвижки, краны, шт.	1	30	Не менее двух
Штоки вентилей и задвижек, шт.	1	8	
Седла (клапаны) вентилей и задвижек, шт.	1	5	
Детали механизма электромеханического привода вентилей и задвижек, комп.	1	4	
Предохранительные клапаны, %	15	5	От общего количества, находящегося в эксплуатации
Дисковые затворы, Задвижки, обратные клапаны, %	20	-	но не менее 1 шт. каждого типа
Прокладки, %	5	-	Каждого размера трубопровода
Крепежные изделия (болты, гайки, шпильки, шайбы), %	5	-	Каждого размера крепежных изделий
Манометры, шт.	1	5	На 4 одинаковых типоразмера, но не менее одного

**9. Разные материалы и оборудование, находящиеся на центральной базе эксплуатационной организации.**

Таблица № 10.30

Наименование запчастей	Ед. измерения	Норма резерва минимальная	Примечание
Электроды *	кг	200	В типовом ассортименте
Электроды **	кг	100	
Картон прокладочный	кг	100	
Бензин разный	л	500	
Дизельное топливо	л	500	
ЖРО, смазка 1-13 *****	кг	10000	
Литол, 24 *****	кг	500	
Сальниковая набивка	кг	300	
Изолента ПВХ	кг	50	
Кислород	баллон	5	
Карбид	кг	50	
Калориферы	шт.	10	
Сварочный аппарат	комп.	1	
Баббит	кг	100	В ассортименте согласно технологии ремонта
Электроизоляционные материалы	кг	100	
Припой оловянно-свинцовый	кг	20	
Лак	кг	20	

\* общего применения;

\*\* для сварки перегревающей стали и чугуна;

\*\*\* материал прокладочный (резина, кротон, поранит);

\*\*\*\* масло турбинное (индустриальное, трансформаторное);

\*\*\*\*\* смазка консистентная.

**Приложение № 2**  
**к норме аварийных запасов материалов,**  
**оборудования, инструмента, инвентаря,**  
**средств автоматизации и связи**

Объект:

Полная сметная стоимость: (тыс.сум)

**АКТ № \_\_\_\_\_**  
**приемки выполненных работ**  
**за \_\_\_\_\_**

№	Наименование работ	Единица измерения	Выполнено работ с по		
			количество	цена единицы	стоимость вып. работ

Всего в ценах \_\_\_\_\_ г.

в т.ч. за счёт бюджета

Трудоучастие населения

Принял: \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_

М. П

## К ГЛАВЕ X. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РАБОЧИХ ПРОЕКТОВ

### 1. Требования к инженерным изысканиям [76]

Инженерные изыскания должны выполняться в соответствии с требованиями общегражданских норм, государственных стандартов и других нормативных документов по изысканиям и исследованиям в строительстве.

Инженерные изыскания должны обеспечивать получение исходных материалов, используемых при разработке проекта плотин, включая все основные расчеты, выработку решений по инженерной защите, охране окружающей среды.

Инженерными изысканиями устанавливаются основные параметры физических, механических, а при необходимости – и теплофизических свойств грунтов, с помощью которых определяются деформации плотин, устойчивость их откосов, фильтрационная прочность.

Нормативные и расчетные значения характеристик грунтов для плотин I и II классов и их оснований устанавливаются на основе результатов статистической обработки расчетных значений характеристик грунтов, принимаемых при расчетах устойчивости откосов плотин с обеспеченностью  $\alpha = 0,95$ , а при расчетах смещений плотин  $\alpha = 0,85$ . Характеристики грунтов для плотин III и IV классов могут устанавливаться по аналогам.

Виды грунтов плотин и оснований, их физико-механические и теплофизические характеристики необходимо определять в соответствии с требованиями ГОСТов и других действующих нормативных документов.

Для плотин I и II классов следует предусматривать на предварительных стадиях проектирования проведение опытных отсыпок и укаток, а при возведении намывных плотин – опытный намыв.

Инженерные изыскания для строительства с целью обоснования предпроектной документации должны обеспечивать комплексное изучение природных и техногенных условий региона (района, площадки, трассы), составление прогноза возможного изменения этих условий при взаимодействии с объектами строительства.

В России обоснование оценки современного и прогнозируемого экологического состояния должно осуществляться в соответствии с требованиями "Положения об оценке воздействия на окружающую среду в Российской Федерации".

Состав и детальность инженерных изысканий для обоснования разработки градостроительной документации должны устанавливаться в соответствии с требованиями "Инструкции о составе, порядке разработки, согласования и утверждения градостроительной документации" (применительно к РФ).

Инженерные изыскания для подготовки обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений в соответствии с установленным порядком должны обеспечивать, в результате выполненного комплекса полевых и камеральных работ, получение необходимых и достаточных материалов (данных) о природных и техногенных условиях намеченных вариантов мест размещения объекта строительства для обоснования выбора площадки (трассы), определения базовой стоимости строительства, принятия принципиальных объемно-планировочных и конструктивных решений по наиболее крупным и сложным зданиям и сооружениям и их инженерной защите, составления схем размещения объектов строительства (ситуационного и генерального планов), оценки воздействия объекта строительства на окружающую среду.

Инженерные изыскания для строительства с целью разработки проекта предприятий, зданий и сооружений должны обеспечивать получение необходимых и достаточных материалов и данных о природных и техногенных условиях и прогноз их изменения в составе и с детальностью, достаточной для разработки проектных решений по территории выбранной площадки (трассы) объекта строительства (стадия "проект").

Инженерные изыскания на стадии "проект" должны обеспечивать в соответствии с требованиями СНиП 11-01-95 (в РФ) получение необходимых материалов для обоснования компоновки зданий и сооружений, принятия конструктивных и объемно-планировочных решений по ним, составления ситуационного и генерального планов проектируемого объекта, разработки мероприятий и проектирования сооружений инженерной защиты, мероприятий по охране природной среды, проекта организации строительства.

Инженерные изыскания для строительства с целью разработки рабочей документации на здания и сооружения должны обеспечивать детализацию и уточнение природных условий в пределах сферы взаимодействия зданий и сооружений с окружающей средой.

Инженерные изыскания на стадии "рабочая документация" должны обеспечивать получение материалов, необходимых для расчетов оснований, фундаментов и конструкций зданий и сооружений, их инженерной защиты, для разработки окончательных решений по осуществлению профилактических и других необходимых мероприятий, производства земляных работ, а также для уточнения проектных решений по отдельным вопросам, возникшим при

разработке проекта, согласовании и (или) утверждении проекта по объекту строительства.

На стадии "рабочий проект" для строительства технически несложных объектов, по проектам массового и повторного применения, а также объектов, по которым имеются материалы инженерных изысканий для обоснования инвестиций в строительство или иной предпроектной документации такой же детальности, инженерные изыскания должны выполняться по требованиям, предъявляемым к разработке рабочей документации исходя из отраслевой специфики проектируемых объектов (вида строительства).

## 2. Климат и гидрологические условия [16].

Для повышения надежности расчетов максимальных расходов на водотоке, где проектируется ГТС, следует уже на ранней стадии проектирования вести наблюдения за расходами воды не менее чем на трех гидропостах: **первый** в створе, **второй** в нижнем бьефе гидроузла, **третий** выше по течению за пределами кривой подпора. Если в пределах кривой подпора от гидроузла в источник впадают крупные притоки, они также должны быть оборудованы гидропостами. Все гидропосты, кроме первого, должны работать в период строительства и последующей эксплуатации ГТС. На территории будущего гидроузла должна также функционировать метеостанция для наблюдения за осадками и испарением с водной поверхности, температурой и влажностью воздуха, направлением и скоростью ветра.

В период изысканий необходимо выполнить обследование водотока на возможность образования и прохождения селевых потоков. В русле водоисточника выше по течению от створа должен быть исследован гранулометрический состав речных отложений, дан прогноз максимальных скоростей потока. Необходимо выполнить наблюдения за мутностью воды и фракционным составом взвешенных наносов, определить расход влекомых наносов. Для расчета пропуска паводковых вод должны быть определены расходы обеспеченностью 10, 5, 3, 1, 0.1 и 0.01 %, их гидрографы и объемы стока. Гидрографы дождевого паводка совмещены с гидрографом половодья талых вод.

На линейных ГТС, имеющих большую протяженность (каналы), существует проблема пропуска расходов воды водотоков, пересекающих трассу ГТС. Сброс стока таких водотоков в канал приводит к заилению русла, к снижению пропускной способности и в итоге к переполнению и прорыву дамб каналов. Для разработки проектов устройства сооружений на водотоках, пересекающих каналы, необходимо для каждого водотока определить величину максимального расчетного расхода воды обеспеченностью 0.01%, гидрограф паводка и годовой сток наносов.

При производстве изысканий должны быть также обследованы зоны затопления в местах возможного разрушения ГТС. Необходимо определить величины гидравлической шероховатости поверхности территории, по которой будет протекать поток. На картах масштаба 10.000 или 5.000 должны быть

показаны расположения всех населенных пунктов, производственные и сельскохозяйственные предприятия, ирригационные системы с сооружениями на них, ЛЭП, линии связи и другие объекты, а также контуры зон с различной гидравлической шероховатостью поверхности. Для определения границ зоны возможного затопления, необходимо через каждые 2-3 км и в характерных местах по длине зоны, расположить расчетные поперечники и для каждого из них определить гидравлические характеристики (уклон дна, площади сечения, смоченный периметр, гидравлический радиус и средне взвешенную шероховатость для разных отметок поверхности), установить зависимость величины расхода воды от отметки затопления-  $Q = f(V)$ .

Для разработки детального проекта ГТС по окончании гидрологических изысканий как минимум должны быть представлены:

- схема гидрометеорологической изученности бассейна, гидрографические характеристики водоисточника;
- температура воздуха в районе строительства: средние, максимальные и минимальные значения по месяцам года;
- величина осадков (мм) по месяцам и суммарная за год различной обеспеченности (25, 50, 75 и 95%). Суточные максимумы вероятностью 0.5, 1, 3, и 10%;
- максимальные скорости ветра по месяцам и разным направлениям. Максимальная скорость ветра обеспеченностью 1, 3, 5, 10, 20 и 30%;
- испарение с водной поверхности по месяцам года (мм/мес.);
- годовой сток воды и внутригодовое его распределение различной обеспеченности;
- максимальные расходы воды и гидрографы паводков различной обеспеченности;
- среднегодовой и максимальный сток взвешенных и влекомых наносов;
- кривые емкости и площади зеркала водохранилища. Объем русла реки при прохождении паводка обеспеченностью 10 % в пределах чаши водохранилища;
- карта зоны затопления с выделением зон различной гидравлической шероховатостью;
- кривые зависимости расходов воды от глубины потока для расчетных створов, включая и зону затопления.

### **3. Инженерно-геологические и гидрогеологические условия [45,46,47,48].**

Проекты всех потенциально опасных ГТС должны разрабатываться не менее чем в две стадии: технико-экономическое обоснование (ТЭО) и рабочие чертежи (РЧ). На стадии ТЭО выполняется выбор участка строительства, решаются вопросы расположения основных сооружений, карьеров местных строительных материалов, вопросы, связанные с созданием водохранилища, определяются расчетные горизонты воды (НПУ, МПУ и ГМО).

#### **3.1. Задачи изысканий на стадии ТЭО:**

- обоснование проектных решений на выбранном участке;
- оценка условий создания водохранилища при разных НПУ;

- оценка влияния ГТС на окружающую среду;
- обеспечение строительства местными строительными материалами.

Изыскания ведутся в два этапа. На первом изыскания выполняются для выбора варианта расположения гидроузла. Границы съемки на каждом участке должны располагаться не ближе 200 м от контура основных сооружений. На конкурирующих участках выполняется инженерно-геологическая съемка, горнобуровые и геофизические работы, гидрогеологические исследования, изучение физико-механических свойств пород, а также поисково-оценочные работы и предпроектные изыскания естественных строительных материалов.

На втором ведется детальное освещение инженерно-геологических условий **выбранного варианта**. В зависимости от особенностей геологического строения и характера рельефа долины реки разведку выполняют буровыми скважинами, шурфами, расчистками и штольнями. Разведкой должны быть освещены все геоморфологические элементы долины. Расстояния между выработками 50-100 м. Для бетонных сооружений расстояния меньше, чем для земляных.

Глубина скважин определяется мощностью активной зоны влияния сооружений на основание. Скважины должны обеспечить установление:

- глубины залегания коренных пород и водоупора;
- мощности четвертичных отложений и коренных пород, зоны выветривания, естественного разуплотнения;
- глубины залегания уровня подземных вод (УПВ) и другие элементы.

Ориентировочно при высоте плотины 20 м глубина скважин принимается равной 40 м, при высоте 100м - глубина скважин 100 м.

Длина штолен должна быть достаточной для оценки:

- положения кровли коренных пород;
- мощности зоны выветривания и разуплотнения;
- глубины развития обвально-оползневых процессов.

3.2. Геофизические исследования проводятся в целях:

- выделения и прослеживания в массиве пород зон тектонического дробления;
- уточнения геологического строения массива горных пород между выработками;
- разделения пород по степени трещиноватости, пористости, глинистости и водонасыщенности;
- определения параметров зон разуплотнения вокруг выработок и контроля за их изменениями во времени;
- оценки величины удельного отпора (для горных выработок расположенных в скальных грунтах);
- изучения свойств пород на участках проведения геомеханических опытов и уточнения экспериментальных зависимостей между прочностными и деформационными показателями с целью построения модели напряженно-деформированного состояния;
- определения неоднородности и анизотропии упругих, деформационных и прочностных свойств пород в естественных условиях.

К геофизическим методам относятся:



- сейсморазведочные работы профилирования и прозвучивания;
- ультразвуковые исследования на образцах, в шурфах и скважинах;
- вертикальное электроразведывание (ВЭЗ), электропрофилирование (ЭП), естественного поля (ЕП).

- каротаж.

Геофизические исследования проводятся:

- по оси ГТС, а также в створах верхнего и нижнего бьефов;
- по поперечникам (для сложных условий могут располагаться под углом к оси), в том числе профили вдоль русел рек;
- на бортах нормально к склону.

Геофизические исследования проводятся в комплексе с инженерно-геологической съемкой и гидрогеологическими работами. Изучение ведется для оценки внутренних частей среды (между выработками, между выработками и дневной поверхностью, каротаж). Исследования позволяют повысить достоверность интерпретации результатов, оценить физико-механические свойства пород, устойчивость склонов, скорость движения подземных вод, положение УГВ, минерализацию и водонасыщенность пород, местоположение зон повышенной фильтрации. Исследования позволяют распространить лабораторные и точечные полевые испытания свойств пород на массив горных пород. По значениям продольных ( $V_p$ ) и поперечных ( $V_s$ ) волн, используя методику расчетов В.И. Бондарева и характеристики пород можно определить влажность, пористость, плотность, модуль деформации, угол внутреннего трения и сцепления грунтов (см. Приложение № 11.1).

3.3. Гидрогеологические исследования проводятся в объемах, необходимых для построения геофильтрационных моделей участка створа и проектирования на ее основе противофильтрационных и дренажных мероприятий, оценки агрессивности свойств воды, определения мест и объемов утечки воды из водохранилища (канала).

Геофильтрационная модель - это представленная в обобщенном и схематизированном виде совокупность гидрогеологических и других природных факторов, определяющих на изучаемом участке закономерности распределения величин напора, скоростей и расходов подземных и фильтрационных вод в естественных и техногенно-нарушенных условиях. На модели должны быть выделены однородные по гидрогеологическим условиям участки.

Водопроницаемость водоносных и обводненных пород, по которым в строительный и эксплуатационный периоды может происходить фильтрация в основании и в бортовых примыканиях водоподпорных сооружений должна быть охарактеризована по результатам опытно-фильтрационных работ. Опытно-фильтрационные работы выполняются для оценки водопроницаемости пород, выполнения водного баланса водохранилища, определения объемов утечек воды в нижний бьеф и в соседнюю долину.

Каждая разновидность пород должна быть опробована не менее чем в 3-5 скважинах. В некарстовых обводненных породах выполняются одиночные опытные откачки на всю мощность водоносного пласта, если она не превышает 20 м и позонные, если мощность пласта более 20 м. В обводненных породах

выполняются наливов в шурфы и скважины. В скальных породах выполняются сплошное опробование, позонные нагнетания и наливов в скважины. Для увязки фильтрационных характеристик скальных пород, определенных по результатам опытных нагнетаний и откачек, должны выполняться совмещенные опыты в количестве, не менее 5 для каждой литолого-стратеграфической разности.

Исследования водопроницаемости береговых примыканий, сложенных слабопроницаемыми породами, могут быть ограничены зоной развития рыхлых покровных отложений и выветренных пород. В породах средне и сильно водопроницаемых ширина зоны, подлежащей исследованию, должна составлять не менее 2-3 напоров на плотине (считая от горизонтали подпора в глубь массива). Каждый элемент геофильтрационной модели, за исключением заведомо водоупорных пород, должен быть опробован в 30-70% выработок.

Для характеристики изменчивости химического состава и агрессивности подземных вод в течение года из каждого водоносного горизонта должно быть отобрано не менее 4-х проб воды для стандартных анализов.

Естественный уровенный и гидрохимический режим водоносных горизонтов в зоне возможного влияния ГТС должен быть охарактеризован по данным стационарных наблюдений, выполняемых в течение всего периода изысканий, но не менее 1 года. Пьезометры для наблюдений должны быть расположены в верхнем и нижнем бьефах и на бортах по 6-10 скважин на каждом участке. Результаты наблюдений используются для построения карт гидроизогипс на разные моменты времени, включая максимальное и минимальное положение.

3.4. Физико-механические свойства грунтов, залегающих в основаниях ГТС, исследуются лабораторными, полевыми и геофизическими методами, а также используют прессиометрию и зондирование. Для бетонных плотин при исследовании сопротивления сдвигу и сжимаемости пород используются штампы. В скальных породах изучаются:

- физические свойства и временное сопротивление сжатию;
- параметры прочности при сдвиге ( $\text{tg}\varphi$  и  $C$ ) скальных целиков;
- прочность на сжатие и растяжение скальных грунтов в целиках;
- модуль деформации, коэффициент упругого отпора и уровень естественных напряжений, действующих в скальном массиве, методом компенсации (плоские домкраты);
- модуль деформации в скважинах методом прессиометрических испытаний.

Результаты лабораторных и полевых определений физико-механических свойств пород сопоставляются с результатами расчета этих показателей по геофизическим данным с целью уточнения констант в уравнениях В.И. Бондарева применительно к условиям данного ГТС.

### 3.5. Изыскания на стадии проекта и РЧ.

На стадии Проекта и РЧ инженерно-геологические съемки выполняются только в случаях необходимости корректировки данных ТЭО. Плотность выработок увеличивается в 1.5-2 раза, общий срок производства наблюдений за природными процессами доводится до 5-ти лет (1.5-2 года ТЭО, 1-1.5 года проект и РЧ- 1.5 года). Гидрогеологические исследования выполняются для

уточнения расчетных значений параметров фильтрации, для этих целей используются кустовые откачки. Физико-механические свойства грунтов изучаются для каждого выделенного слоя, зоны или контакта 2-х слоев, если полагается, что по ним может произойти сдвиг. Для изучения свойств грунтов используются все перечислены выше методы.

Нормы отбора проб грунта для лабораторных исследований принимаются аналогичные нормам отбора проб местных строительных материалов (см. п. 4 настоящей главы).

3.6. По результатам выполненных изысканий, для разработки детальных проектов ГТС должны быть представлены следующая техническая документация:

- отчеты по инженерно-геологическим, гидрогеологическим и геофизическим исследованиям стройплощадки ГТС, чаши водохранилища, трассы канала;
- геологические профили и разрезы по каждому сооружению;
- карта фактического материала (план расположения с координатами и отметками устьев выработок). Колонки скважин и других выработок, составленных применительно к классификации грунтов (ГОСТ 25100-82). На колонках указываются дата, способ проходки, состав грунтов, номера проб, интервалы опробования, положение УПВ, выход керна и результаты опытных работ;
- инженерно-геологическая карта площадки расположения ГТС с показанием литологии и тектонических нарушений, гидроизогипс максимального и минимального положения УГВ;
- геофильтрационная модель основания применительно к расчетным разрезам и профилям;
- результаты лабораторных и опытных работ в поле по определению физико-механических свойств грунтов основания;
- данные опытных наливов, нагнетаний и откачек воды в выработках;
- химический состав грунтовых вод;
- расчеты потерь на фильтрацию с использованием геофильтрационных моделей основания;
- карта микросейсмораионирование района расположения ГТС, вероятностная оценка сейсмической опасности (кривая вероятности и расчетные акселерограммы). Данные о величинах скоростей продольных и поперечных волн в грунтах основания ГТС.

#### **4. Оценка сейсмических условий расположения гидротехнических сооружений [49, 50].**

В районах с сейсмичностью более 6 баллов должна проводиться детальная оценка сейсмологических и сейсмотектонических условий: микросейсмораионирование площадки расположения ГТС, прогноз возможных величин тектонических сейсмо-деформаций, вероятностная оценка сейсмической опасности. Срок наблюдений не менее 1.5-2 года. В соответствии с [50] ГТС в зависимости от сейсмичности района расположения и грунтовых условий

основания рассчитываются на воздействия землетрясений силой 7-9 баллов. В зарубежной практике [18] в расчет принимаются два вида землетрясений: оперативное базовое (ОБЗ) и максимальное расчетное (МРЗ). Считается, что ОБЗ это «землетрясение без разрушений», случается оно один раз в 100-200 лет. После его воздействия ГТС может понадобиться ремонт, но оно способно функционировать. МРЗ это землетрясение, которое вызывает деформации ГТС в виде перемещений гребня. Сооружение после воздействия на него МРЗ должно сохранять запас над горизонтом воды и не допускать появления катастрофических последствий. Для ГТС I - го и II - го классов повторяемость МРЗ один раз в 10.000 лет.

Для оценки возможности разжижения грунтов при сейсмическом воздействии необходимо по профилю сооружения пробурить разведочные скважины, отобрать образцы грунта и определить гранулометрический состав. В отложениях песка и глины провести динамическое зондирование. По профилю сооружения провести сейсморазведку и определить скорости продольных и поперечных волн. Методика оценки возможности разжижения тела и основания грунтов дана в Приложении № 11.2.

## **5. Изыскания естественных минеральных строительных материалов [51].**

5.1. Изыскания естественных минеральных материалов для строительства ГТС имеют целью обеспечение песком и гравием для приготовления бетона, устройства дренажей и фильтров, грунтами для возведения плотин и дамб, камнем для упорных призм насыпных плотин, отмокотки откосов и креплений нижних бьефов водопропускных сооружений. Они включают в себя:

- поиск и изучение грунтов, расположенных в непосредственной близости от стройплощадки ГТС с оценкой их свойств и запасов для возможного использования в качестве строительных материалов;
- установление инженерно - геологических, гидрогеологических и технологических условий разработки грунтов (мощность полезной толщи и вскрыши, обводненность, возможность применения взрывных работ, необходимость сортировки и обогащения).

Наиболее перспективными являются месторождения, имеющие небольшой объем вскрыши (не более 15-20%), необходимые объемы грунтов соответствующего качества с полезной толщиной не менее 2.5 м и наносящие наименьший ущерб окружающей среде. Карьеры рыхлых грунтов не могут находиться ближе 300 м от котлована ГТС и 400-600 м для грунтов, разработка которых будет происходить с применением БВР. Наибольшее удаление карьера от строящегося ГТС 2-3 км при выполнении работ способами гидромеханизации и 10 км для других способов производства работ. Для всех без исключения строительных материалов должна выполняться радиационно-гигиеническая оценка в соответствии с нормами радиационной безопасности (НРБ-76).

Месторождения делятся на крупные с запасами  $> 1$  млн. м<sup>3</sup>, средние 0.2-1.0 млн. м<sup>3</sup> и мелкие  $< 0.2$  млн. м<sup>3</sup>. Запасы материалов в зависимости от степени разведанности месторождения, изученности качеств грунтов и условий их

разработки делятся на категории «А», «В» и «С<sub>1</sub>», предварительные «С<sub>2</sub>» и прогнозные «Р<sub>1</sub>». Запасы оцениваются по наличию их в условиях естественного залегания, без учета потерь при добыче, транспортировке и обработке.

5.2. На стадии ТЭО разведка месторождений строительных материалов ведется по категории «С<sub>1</sub>» и «В» (по 50%)+ С<sub>1</sub>- для выбора варианта ГТС. Объемы запасов материалов определяются с коэффициентом -1.8 (для намывных ГТС-2). На стадии «РЧ» детальность разведки по категории «А» и «А+В» (25-50%) для менее ответственных целей. Коэффициент запаса - 1.2 (для намывных ГТС - 1.5-1.8). Изыскания по категориям «А» и «В» выполняются только при положительных результатах предварительной оценки (категории-С<sub>1</sub>) и при наличии отвода земель под карьер.

Разведка месторождений ведется следующими методами:

- шурфованием (при мощности полезной толщи до 10 м в необводненных грунтах);

- скважинами (для глин и песков применяются скважины –Ø 168 мм, гравийных грунтов- Ø 219 мм, грунтов с включением гальки и валунов- 325 мм).

Карьеры камня разведываются скважинами с отбором керна. Выход керна (отношение образцов длиной 10 см и более к общей длине рейса) должен быть не менее 80%. Если меньше:

- либо низкая прочность камня, либо низкое качество буровых работ;
- геофизические исследования (для определения глубины залегания, мощности, площади распространения полезной толщи).

Количество выработок при исследовании месторождений зависит от категории разведки, сложности геологических условий и мощности карьера. Сгущение выработок применяется при сложных геологических условиях и разведки карьеров с небольшим объемом запасов, В результате разведки месторождений строительных материалов должна быть представлена следующая техническая документация:

- колонки горных выработок, составленных применительно к классификации грунтов (ГОСТ 25100-82). На колонках горных выработок указывается дата, способ проходки, состав грунтов, номера проб и интервалы опробования, положение уровня подземных вод (УПВ), выход керна и результаты опытных работ;

- геологические разрезы, на которых отражаются состав грунтов (применительно к ГОСТ 25100-82), их состояние, интервалы опробования, УПВ, контур подсчета объемов, а так же влажность отдельных слоев и полезной толщи, пластичность и влажность на границе раскатывания для глинистых грунтов, процентное содержание гравия, валунов и других компонентов для песчано-гравийных грунтов. На разрезах месторождения камня должны быть показаны зоны не выветрелых, слабо и сильно выветрелых пород, зоны тектонических нарушений. Линии разрезов должны проходить через выработки, в том числе включенные в подсчет объемов работ;

- план расположения выработок (карта фактического материала). Карты мощности вскрыши. Для участков, сложенных грунтами, состав которых

изменяется в горизонтальном и вертикальном направлениях, составляются карты-срезы. По обводненным карьерам составляются карты гидроизгипс;

- ведомость замеров УПВ в разведочных выработках с указанием наименования выработки, ее номера, даты замера и отметки УПВ. В ведомость также включаются посезонные отметки поверхности воды в ближайших водоемах, которые могут влиять на изменения УПВ карьера. Кроме того, в ведомость должны быть включены результаты опытных откачек и максимальные и минимальные значения коэффициента фильтрации (для обводненных карьеров);

- подсчет запасов строительных материалов методами параллельных сечений и методом треугольников.

5.3. После получения данных о инженерно-геологических, гидрогеологических, фильтрационных и других условиях месторождения и данных предварительных лабораторных исследований проб грунта, взятых из разведочных выработок в период изысканий, определяются виды необходимых проб грунта, места их отбора, количество и объемы масс грунта в каждой пробе, необходимые для выполнения полного комплекса полевых и лабораторных испытаний. Всего в зависимости от крупности месторождения к категории запасов должно быть отобрано не менее 8-25 проб для комплексных испытаний рыхлых грунтов и 20-45 проб скальных грунтов для получения 30-35 показателей физико-механических, фильтрационных и других свойств отдельно для каждой из 4-х разновидностей грунта (песок, гравий, камень и глина).

Кроме того, для каждого вида строительных материалов должно быть определено содержание вредных примесей в грунтах месторождения. К ним относятся низкопрочные породы, комья глины и частицы плитчатой формы в горной массе, пылеватые и глинистые частицы и частицы плитчатой формы, опал и аморфные соединения кремния в заполнителях для бетона,  $\text{РН} < 6.5$  воды, модуль крупности песка для бетона, водно-растворимые и органические соединения в грунтах для устройства насыпей и другие (подробнее см. Приложение № 11.3). По результатам опробования месторождений строительных материалов должны быть представлены следующая техническая документация и составлено заключение о пригодности грунтов для возведения ГТС предусмотренных проектом:

- ведомости и графики гранулометрического состава грунтов, определение среднего взвешенного состава по горизонту разработки и месторождению в целом;

- графики зависимости коэффициента пористости грунтов от вертикальной нагрузки;

- результаты и графики компрессионных испытаний грунтов;

- результаты и графики сдвиговых испытаний грунтов;

- нормативные и расчетные значения параметров прочности грунтов;

- показатели водно-физических свойств глинистых и других грунтов.

- результаты лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов в объеме ведомости видов испытаний (см. Приложение № 10).

## 6. Разработка рабочих проектов.

Разработка детальных проектов возможна при наличии материалов ТЭО (проекта) утвержденных в установленном порядке, а также отчетов по гидрологическим, инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям, разведке и опробованию месторождений строительных материалов. Должны быть установлены и экономически обоснованы назначение ГТС, состав и типы сооружений, их параметры и компоновка.

6.1. В состав детального проекта входят:

- пояснительная записка к проекту;
- пояснительная записка к расчетам ГТС;
- комплект детальных (рабочих) чертежей основных сооружений, металлических конструкций и оборудования, КИА, системы раннего предупреждения и оповещения, специальных видов работ (буровзрывных, цементационных и других), внутренних и подъездных автодорог и других вспомогательных сооружений, необходимых для эксплуатации ГТС, чертежи электроснабжения;
- тендерная документация (тома общие и специальные технические условия, ведомости объемов работ и заказные спецификации на материалы и оборудование);
- декларация безопасности ГТС.

**Примечание:** Разработка чертежей металлоконструкций и механического оборудования в составе детальных проектов выполняется на стадии КМ. Детализованные чертежи (стадия КМД) выполняется заводом-поставщиком. Стоимость разработки КМД включается в стоимость продукции.

6.2. Для обоснования принимаемых технических решений в составе детального проекта должны быть выполнены как минимум следующие виды расчетов:

- расчеты пропуска максимальных расходов и назначение расчетных горизонтов воды;
- расчеты заилиения и переформирования бьефов гидроузлов и водохранилищ;
- определения отметок гребня водоподпорных сооружений;
- расчет крепления откосов;
- гидравлические расчеты водосброса, водовыпуска, сооружений для пропуска строительных расходов и водопроводящих ГТС (каналов), включая неустановившиеся режимы течения, возникающие при изменении расходов и уровней воды (образование волн перемещений при маневрировании затворами), а так же при включении или прекращении работы агрегатов НС и ГЭС;
- расчеты фильтрации через основание и тело ГТС, фильтрации на участках бортовых примыканий (плоская и плановая задача);
- подбор состава обратных фильтров;
- расчеты напряженно-деформированного состояния и осадок ГТС с учетом поэтапного его возведения;

- расчеты осадок и раскрытия деформационных швов элементов бетонных конструкций, проложенных под насыпью (для ГТС, в основании которых залегают породы четвертичного возраста);
- расчеты фильтрационного и взвешивающего давления обходной фильтрации на боковые конструкции поверхностных водосбросов;
- расчеты устойчивости ГТС;
- расчеты прочности конструкций ГТС.

Расчеты должны выполняться в соответствии с требованиями действующих СНиП, ГОСТов, ВСН, пособий и другой технической литературы, согласованных с Заказчиком. По результатам расчетов составляется ведомость контролируемых показателей с величинами их предельных значений.

### 6.3. Требования к размещению КИА [33,52].

Измерительная аппаратура в сооружении должна быть размещена таким образом, чтобы для каждого контролируемого количественного показателя имела возможность вести наблюдения за изменениями его значений. Проект размещения должен охватывать все сооружения гидроузла и их основания. На линейных сооружениях, имеющих большую протяженность (плотины, дамбы, каналы), наблюдательные створы необходимо размещать через каждые 300-500 м по длине ГТС, а также в местах изменения высоты сооружения, геологических и гидрогеологических условий оснований, смены конструкции противофильтрационных устройств. Измерительные преобразователи также следует устанавливать в местах наиболее «чувствительных» к изменениям состояния конструкции или, в которых по данным расчетов показатели имеют максимальные значения. **К зонам повышенной «чувствительности» относятся:** крупные трещины и разломы в скальных породах основания, участки ослабленных пород, примыкания плотин к скальным бортам, сопряжения различных сооружений, места приложения сосредоточенных нагрузок, температурно-осадочные и блочные швы бетонных конструкций, места возможной контактной фильтрации, участки изменения конфигурации сооружений и изменения характера напряжений, зоны переменного влажностного и температурного режимов. С учетом возможного преждевременного выхода из строя отдельных измерительных преобразователей в вышеуказанных зонах их следует устанавливать группами, из 2-3 шт. или дублировать измерения разными способами.

В составе проекта размещения КИА должен быть специальный раздел, посвященный производству наблюдений в строительный период. К таким наблюдениям для сооружений из бетона относятся: температурный режим бетона и термонапряженное состояние бетонных конструкций, раскрытие швов и трещин, для грунтовых сооружений: осадки элементов насыпи и режим грунтовых вод в зоне расположения ГТС, величина порового давления и другие.

В составе проекта размещения КИА должны быть разработаны РЧ гидрометрических постов на водотоках и локальных водомерных устройств в местах выхода на поверхность грунтовых вод.

### 6.4. Тендерная документация.



В общих и специальных технических условиях тендерной документации отражаются условия взаимоотношений подрядчика и заказчика, требования к строительным материалам и подробные конкретные технические условия на производство всех видов СМР, необходимых для качественного возведения ГТС.

Разработка проектов производства работ, обеспечения техники безопасности, разработки карьеров, устройство и содержание строительных дорог, обеспечение стройки строительными материалами, водой, сжатым воздухом и электроэнергией, строительство объектов базы строительной индустрии и других вспомогательных объектов входит в обязанность подрядчика.

В составе детальных проектов сметы на выполнение СМР и приобретение оборудования не составляются. Для определения стоимости работ при заключении контрактов используются ведомости объемов работ и спецификации оборудования тендерной документации, которые составляются в форме смет без включения единичных стоимостей и определения стоимости затрат подрядчика. Объемы делятся на части, для которых описываются способы работ, применяемые механизмы и дальность транспортировки, и другие сведения.

Подрядчик сам определяет стоимость работ, которую должен согласовать ему заказчик, при заключении контракта.

#### 6.5. Декларация безопасности ГТС.

В странах, где принят и действует закон о безопасности ГТС, проектные организации обязаны в составе детальных проектов представлять «Декларацию о безопасности ГТС». На завершающей стадии строительства, до ввода ГТС в эксплуатацию, и в период последующей эксплуатации, через каждые 5 лет, «Декларация безопасности ГТС» составляется службой эксплуатации ГТС (кроме первой редакции декларации, входящей в состав проекта) и представляется в орган надзора для государственной экспертизы. Содержание декларации определяет орган надзора, тем не менее, в обязательном порядке в нее включаются разделы, посвященные анализу состояния ГТС с использованием критериев безопасности, оценки уровня риска аварии и план действий обслуживающего персонала ГТС в аварийных ситуациях.

## 7. Исследования при проектировании и строительстве

Для обоснования технических решений, принимаемых при проектировании гидротехнических сооружений I и II классов, как правило, следует проводить научно-исследовательские работы, в том числе экспериментальные и опытно-конструкторские [22].

### Лабораторные исследования ГТС

**Моделирование.** Уникальность и чрезвычайная ответственность гидросооружений вызывает необходимость в сочетании теоретического и экспериментального обоснования их конструкций.

В гидротехнических лабораториях изучают самые разнообразные проблемы:

- исследование напряженно-деформированного состояния и несущей способности бетонных и грунтовых плотин и их оснований при действии статических и динамических нагрузок и температурных воздействий;
- выбор гидравлически рациональных компоновок гидроузлов, конструкции сооружений и элементов крепления нижнего бьефа, обеспечивающих плавный подвод и отвод водосбросного потока, отсутствие сбойности течения в нижнем бьефе, эффективность гашения энергии;
- пропускную способность водопропускных сооружений;
- кавитационную стойкость материалов и водопропускных сооружений;
- исследование русловых процессов и влияния на них регуляционных сооружений;
- изучение фильтрации и связанных с ней фильтрационных деформаций грунтов в теле грунтовых сооружений и в основаниях;
- изучение влияния технологии производства работ на надежность гидросооружений и др.

Большой объем исследований выполняют для изучения свойств материалов: грунтов, бетона, железобетона, асфальтобетона и др., применяемых в гидротехническом строительстве.

Лабораторные исследования на моделях позволяют с минимальными затратами средств, материалов и времени наглядно изучать сложные процессы, которые в естественных условиях протекают в течение многих лет и даже десятилетий (размывы и отложения наносов, кавитационная эрозия, износ и т. п.).

Большое разнообразие гидротехнических задач обуславливает применение различных видов моделирования как способов материальной реализации мысленных представлений инженера или ученого о процессах, явлениях, конструкциях и сооружениях.

*Наглядное моделирование* - это представление проектируемых конструкций или сооружений в виде уменьшенных копий - *макетов*, с помощью которых дается зрительное представление об изучаемом объекте. В строительстве с помощью макетов решаются в основном задачи архитектуры и компоновки сооружений и конструкций. В гидротехнике с помощью пространственных макетов (например, здания гидроэлектростанции) ведется объемное

проектирование, позволяющее избежать ошибок в размещении оборудования (труб, насосов, трубопроводов, кабелей, шин и т.п.) с учетом строительно-монтажных, ремонтных и аварийных работ.

*Символическое (знаковое) моделирование* позволяет представлять исследуемый объект или процесс в виде условных знаков, схем. В гидротехнике примерами символического моделирования являются чертежи сооружений, эпюры распределения напряжений в конструкциях и сооружениях, гидродинамические сетки при исследовании фильтрации воды, сетевые графики производства работ и т. п.

В настоящее время наибольший объем исследований выполняют с использованием *математического моделирования*, основанного на представлении изучаемых процессов в виде дифференциальных или аналитических уравнений (Сен-Венана и Гука в механике сплошных сред, Навье-Стокса и Бернулли в гидромеханике и др.) и на решении этих уравнений. К математическим моделям относят алгоритмы и программы решения задач на ЭВМ, которые на языке программирования описывают изучаемые процессы и функциональные связи в изучаемой среде.

*Аналогово-цифровое моделирование* основано на изоморфизме (похожести) уравнений, т. е. на аналогии уравнений, описывающих различные по своей физической природе явления, и представляет собой моделирование на такой установке и в такой среде, где искомые закономерности и величины можно получить более просто, точно и быстро, чем на физически подобных моделях. В гидротехнике широко используется метод электрогидродинамической аналогии (ЭГДА), основанный на аналогии дифференциальных уравнений ламинарного движения жидкости в пористой среде (уравнение Дарси) и электрического тока в проводнике (уравнение Ома). Находят применение и другие виды аналогий: газогидравлическая, гидротепловая, электротепловая и др..

Большое распространение получило *физическое моделирование*, которое представляет собой исследование на моделях, отвечающих условиям физического подобия между изучаемым явлением на натуре и в лаборатории. *Модель* есть уменьшенная/увеличенная копия реального объекта, воспроизводящая одно или несколько исследуемых его качеств (свойств), а «моделирование - это замена изучения интересующего нас явления в натуре изучением аналогичного явления на модели меньшего или большего масштаба, обычно в специальных лабораторных условиях».

К физическому моделированию прибегают в тех случаях, когда неизвестна природа изучаемого процесса (например, нет описания процесса в виде системы дифференциальных уравнений), либо изучаемый процесс столь сложен, что решение задачи на современных ЭВМ настолько трудоемко или приближенно, что легче получить необходимые данные на модели, или необходима проверка полученных результатов расчета. В гидротехнике это главным образом относится к задачам гидравлики сооружений, русловых процессов, механики грунтов, оснований сооружений, к грунтовым сооружениям.

*Натурное моделирование* проводится на реальном объекте при специально выбранных условиях с обобщением результатов исследований на

основе критериев подобия, что позволяет использовать их для расчета других сооружений. Этот вид (по сути крупномасштабного) моделирования предоставляет возможность проводить исследования, не поддающиеся или плохо поддающиеся лабораторному моделированию (термонапряженное состояние бетонных сооружений, сейсмостойкость сооружений, фильтрационные исследования в анизотропной среде и др.).

В гидротехнике наибольшее распространение наряду с математическим моделированием получило физическое моделирование.

## **Моделирование гидравлических явлений**

**Цели и задачи модельных гидравлических исследований гидросооружений.** Несмотря на значительный рост математического моделирования задач гидравлики, модельные гидравлические исследования гидросооружений выполняются в больших объемах во всех развитых странах, что является следствием двух обстоятельств. Во-первых, водопроводящие, водопропускные и регулирующие гидросооружения отличаются значительным конструктивным разнообразием и сложностью; во-вторых, техническая гидромеханика (гидравлика) на современном уровне развития не позволяет получить аналитические и численные решения многих практических задач, возникающих в процессе проектирования гидросооружений.

Особенностью гидравлических исследований гидросооружений являются:

- 1) многообразие гидравлических явлений, таких, как истечение жидкости через отверстия и насадки; волны, гидравлический удар и гидравлический прыжок; взаимодействие жидкости с наносами; аэрация и кавитация; пограничный слой; движение жидкости в пористой среде и в условиях теплообмена с окружающей средой; взаимодействие жидкости с плавающими и погруженными телами и др.;
- 2) наличие нескольких режимов течения жидкости: ламинарный, и турбулентный, равномерный и неравномерный, спокойный и бурный, установившийся и неуставившийся;
- 3) необходимость одновременного учета влияния сил различной физической природы: тяжести, поверхностного натяжения, вязкости, упругости;
- 4) случайный характер многих гидравлических нагрузок и воздействий (турбулентные пульсации скорости и давления, волновые нагрузки и т.п.).

Модельные гидравлические исследования позволяют учесть основные факторы, влияющие на движение жидкости, и дать ответы на вопросы, которые гидравлика на современном этапе решить может лишь с большой долей схематизации и упрощения. Эти исследования проводятся в гидравлических лабораториях на моделях, выполненных на основе законов подобия.

Основными целями гидравлического моделирования являются:

- 1) исследование структуры потока жидкости и раскрытие физики явлений (пограничный слой, турбулентность, волны, аэрация, кавитация и др.);
- 2) определение гидродинамических нагрузок на сооружения;

3) модельное конструирование и проектирование сооружений на основе анализа их пропускной способности и оценки нагрузок со стороны потока жидкости;

4) проверка и развитие гидравлических методов расчета сооружений.

Наибольший объем гидравлических исследований связан с решением следующих задач гидротехники:

- определение пропускной способности водосбросных и водопропускных сооружений;
- исследования гидравлических параметров сопряжения бьефов (скорости, пульсации давления и скорости, нагрузки на элементы крепления и др.);
- исследования русловых процессов (размывов и отложения наносов в бьефах);
- определение параметров волновых нагрузок;
- исследование процессов аэрации и кавитации на водопропускных сооружениях;
- исследования фильтрации и др.

**Моделирование водосливов и водосбросов.** Несмотря на относительную простоту конструкций водосливов и водосбросов их моделирование очень широко распространено, что объясняется чрезвычайной ответственностью этих сооружений и их индивидуальными особенностями.

Течение жидкости со свободной поверхностью определяется в основном силами тяжести, поэтому модели должны иметь масштабы, удовлетворяющие условиям подобия по критерию Фруда. Модельные исследования тем экономически эффективнее, чем меньше модель, однако с уменьшением размеров модели увеличивается влияние сил вязкости и поверхностного натяжения. Чтобы избежать их влияния на изучаемые гидродинамические характеристики потока модели водосливов и водосбросов должны быть достаточно большими.

В тех случаях, когда не удастся по тем либо иным причинам построить достаточно большую модель с малым влиянием сил вязкости и поверхностного натяжения, выполняют исследования на нескольких геометрических подобных моделях разных масштабов (метод масштабной серии), которые позволяют выявить влияние этих сил на исследуемые параметры (коэффициент расхода, коэффициент бокового сжатия и др.).

**Моделирование напорных потоков.** Напорные потоки жидкости исследуются при изучении гидравлики трубопроводов, напорных туннелей, затворных камер, отсасывающих труб турбинных блоков и др. Как правило, экспериментально изучают распределение давления в жидкости, движущейся со средней скоростью в трубе.

**Моделирование гидравлики русел.** Значительный объем исследований в гидравлических лабораториях выполняют при изучении русловых процессов (размывов и отложения наносов), при анализе влияния подпорных, регулирующих и водозаборных сооружений на водный режим русел рек. Подобие выполняется по критерию Фруда с обеспечением турбулентного характера дви-

жения воды на модели и соблюдением подобия шероховатости натурального русла и модели.

Обычно модель реки воспроизводит участок реки в натуре длиной несколько километров с глубиной потока не более нескольких метров. При выполнении модели в мелком масштабе возникают несколько методических трудностей в реализации условий подобия: соблюдение равенства коэффициентов гидравлического сопротивления для модели и натурального русла; нарушение соответствия режимов движения потоков на модели и в русле (на натуре турбулентный поток, а на модели ламинарный); увеличение погрешности измерений. Выполнение русловых моделей более крупных масштабов приводит к значительному расходу средств на модель и оборудование, а занимаемая под модель площадь может достигать нескольких десятков гектаров.

При исследовании структуры водного потока модели выполняют с жестким не размываемым руслом. При исследовании русловых процессов модель выполняют с размываемым руслом, для чего используют различные материалы: песок, размельченный уголь, пемзу, полистирольные и стеклянные шарики и др.

Гидравлические модели в лабораториях исследуют на русловых площадках или в гидравлических лотках. Очень большие модели размещают на специальных полигонах (площадках) под открытым небом и такие модели могут занимать площадь в несколько гектаров. Гидравлические модели оборудуются системами обратного водоснабжения и водорегулирования (насосами, баками, трубопроводами, задвижками, затворами и др.) и управляются в граничных створах путем поддержания требуемых расходов и уровней воды. Гидравлические модели (водосливы, водосбросы, русла и др.) выполняют из дерева, металла, пластика, бетона, пластилина и других материалов. При создании моделей рек для профилирования русла используют шаблоны, воспроизводящие в выбранных масштабах поперечные сечения русла.

### **Статические исследования ГТС**

Лабораторные статические исследования бетонных гидротехнических сооружений в настоящее время выполняются весьма редко, т.к. современные расчетные методы позволяют учесть и исследовать влияния многих факторов, оказывающих влияние на напряженно-деформированное состояние сооружений: пространственность и сложность формы плотин, анизотропность оснований, поэтапность возведения и приложения нагрузки и др. Лабораторные исследования служат для подтверждения и уточнения результатов сложных расчетов, для лабораторного конструирования и определения предельных запасов прочности и устойчивости сооружений, для исследования физики слабо изученных явлений: усталостной прочности, трещинообразования, пластичности и т.п..

Исследования выполняются на геометрически подобных натуре моделях, которые представляют собой копии сооружения и части его основания. При исследовании упругого характера поведения материала сооружения во всем диапазоне изменения нагрузок выполняют упругие модели, а при необходимости

изучения напряженно-деформированного состояния сооружений при нагрузках, отвечающих условиям трещинообразования и разрушения, исследования ведут на прочностных моделях. При исследовании напряженного состояния на упругих и хрупких моделях для измерения деформаций применяют метод тензометрирования с использованием тензометров различного принципа действия: механического (тензометр Гугенбергера), электрического (тензорезисторы), акустического (струнные тензометры), оптического, оптико-и электромеханического действия и др.

#### *Метод центробежного моделирования*

Этот метод позволяет получить на модели напряжения от объемных сил, равные натурным напряжениям, что достигается размещением модели в центрифуге и воздействием на нее результирующего ускорения.

Конструкция центрифуги может быть следующая: на вертикальном валу, приводимом во вращение от электропривода, вращается коромысло, на одном конце которого подвешена на шарнире каретка с моделью сооружения, а на другом - противовес или вторая каретка. Каретка с моделью при вращении центрифуги под действием центробежных сил поворачивается на  $90^\circ$ . С помощью скользящих контактов на валу сигналы от датчиков, контролирующих ее напряженно-деформированное состояние на модели, передаются на регистрирующую аппаратуру. Центробежное моделирование особенно ценно для изучения устойчивости земляных сооружений (плотин), деформаций оснований сооружений, консолидации грунтов, устойчивости откосов, подпорных стен, давлений на обделки туннелей; при этом модель можно доводить до разрушения и определять предельный запас прочности и устойчивости сооружения.

#### **Динамические исследования ГТС**

Гидротехнические сооружения в процессе эксплуатации подвергаются воздействию различных динамических нагрузок: сейсмических (вызываемых землетрясением, промышленными взрывами или обвалами в горах), волновых, ветровых, транспортных и технологических (при сбросе потоков воды, при работе турбин, насосов, затворов и др.). Расчеты прочности и устойчивости сложных гидротехнических сооружений с учетом взаимодействия их с основанием, несмотря на значительный прогресс, связанный с использованием современных ЭВМ, далеки от совершенства, что вызывает необходимость в выполнении модельных исследований.

При модельных динамических испытаниях так же, как и при статических, определяют напряжения, деформации, перемещения, а кроме того, фиксируют скорости и ускорения, определяют фазы, частоты и амплитуды колебаний модели. Основными действующими силами при динамических исследованиях являются силы тяжести, инерции и упругости, что дает основание рассматривать в качестве определяющих критериев подобия критерии Фруда, Коши и Гука. Модельные материалы изготавливают на основе гипсового или цементного вяжущего с добавлением молотого известняка для снижения модуля упругости,

резиновой крошки для увеличения деформативности и свинца для увеличения плотности. Разработана рецептура модельных материалов, позволяющая получить модуль упругости в диапазоне 20000-200 МПа.

Испытания моделей гидросооружений на динамические нагрузки выполняют на сейсмоплатформах различных конструкций: на упругих опорах, на гидростатических опорах и с напорно-вакуумной системой. Возбуждение колебаний платформы осуществляется центробежными вибраторами, гидропульсаторами или электродинамическими вибраторами. Измерение ускорений на модели во время испытаний производят с помощью пьезоакселерометров, преобразование сигналов которых позволяет получать также значения скоростей, смещений и частот колебаний. Для измерения деформаций используют специальные тензорезисторы - *эпасторы*, чувствительный элемент которых изготавливают из электропроводящих резин.

### **Аналоговые исследования ГТС**

Широкое использование метода аналогий (аналоговых моделей) для исследования гидротехнических сооружений и физических процессов, связанных с их строительством и эксплуатацией, объясняется тем, что этот метод позволяет проводить эксперимент в такой среде, на такой установке и за такой период времени, когда искомая информация может быть получена более просто, точно и быстро, чем на физически подобных моделях. Аналоговое моделирование основано на формальном соответствии (похожести) дифференциальных уравнений, описывающих различные по физической природе процессы.

Для исследования фильтрации широко используется метод электрогидродинамической аналогии (ЭГДА), основанный на схожести дифференциальных уравнений, описывающих ламинарное движение жидкости в пористой среде (закон Дарси), и постоянный электрический ток в проводнике (закон Ома).

Раньше широко применялся метод электромоделирования, основанный на использовании электрических сеток (электроинтеграторов) для решения широкого класса задач теории упругости, гидродинамики, теплопередачи. Так, температурные задачи решаются на основе электротепловой аналогии (разработана Л. И. Гутенмахером), при использовании которой в электрической модели роль термических сопротивлений и теплоемкостей отдельных слоев тела выполняют электросопротивления и электрические емкости.

Газогидравлическая аналогия позволяет изучить вопросы движения воды путем исследования движения воздуха на подобной модели. Для решения температурных задач используют гидротепловую аналогию, существующую между процессом распространения теплоты в твердых телах и движением жидкости в сосудах (разработана В. С. Лукьяновым). В настоящее время методы аналоговых лабораторных исследований применяются редко и в основном для тестирования результатов, полученных путем решения систем дифференциальных уравнений на ЭВМ.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Приближенные количественные связи между некоторыми инженерно-геологическими и гидрогеологическими параметрами пород и их удельным электрическим сопротивлением.

Таблица № 11.1

Литология		Средний размер частиц d <sub>50</sub> мм	Глинистость %	Число пластичности J <sub>p</sub>	Коэффициент пористости K <sub>n</sub>	Коэффициент активной пористости K <sub>u</sub>	Коэффициент фильтрации м/сут	Удельное электрическое сопротивление Ом-м при минерализации воды г/л		
								0.1	1	5
глины	легкие	n10 <sup>-3</sup>	≥40	17	20	5	0.001	10	1.0	1.0
	ср-едн.	n10 <sup>-4</sup>	≥50	20	40					
	тя-жел.	n10 <sup>-5</sup>	≥65	25	60					
сугли-нок	легкие	0.01-0,02	≥15	7-10	25	10	0.01	100	10.0	
	ср-едн.	0.01-0.005	≥20	10-13	45					
	тя-жел.	0.002-0,005	≥30	13-17	55					
супеси	легкие	0.1-0.2	10-12	1	30	20	0.1	1000	100.0	
	средн.	0.05-0.1	12-15	4	40					
	тя-жел.	0.02-0.05	15-20	7	50					
пески	крупно	1.0-2.0	0	0	30	30	0.1	10000	1000	
	сре-дн.	0.5-1,0	5	0	40					
	мелко	0,2-0.5	10	0	50					
галечники		3.0-10	0	0	30	40	10	10.000	1000	
валуны		20-80	0	0	30		100			

### Удельное электрическое сопротивление ( $\rho$ ) горных пород, Ом

Таблица № 11.2

Порода	Измерения на образцах с гигроскопической влажностью	Измерения с помощью ВЭЗ и каротажа в породах		
		насыщенных пресными и слабосоленными (до 3 г/л) водами	насыщенных соленым и (более 3 г/л) водами	с вкраплениями рудных минералов и углестого вещества
Глина	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10 - 1 \cdot 10^2$	1-10	

		$1 \cdot 10^5$			
Аргиллит		$1 \cdot 10^3$ - $1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^2$	1-20	
Сланец глинистый		$1 \cdot 10^3$ - $1 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^{-5} \cdot 10^2$	1-50	$1-1 \cdot 10^2$
Алевролит		$1 \cdot 10^4$ - $1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^2$	$5-1 \cdot 10^2$	$1-1 \cdot 10^2$
Песчаник	пористый	$1 \cdot 10^5$ - $1 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^2$	1-10	$1-1 \cdot 10^2$
	плотный	$1 \cdot 10^5$ - $1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2-1 \cdot 10^3$	$5-1 \cdot 10^2$	$1-1 \cdot 10^2$
Конгломерат		$1 \cdot 10^5$ - $1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2-1 \cdot 10^3$	$5-1 \cdot 10^2$	
Мергель		$1 \cdot 10^4$ - $1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2-1 \cdot 10^3$	$10-1 \cdot 10^2$	
Известняк	трещиноват	$1 \cdot 10^4$ - $1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^2-1 \cdot 10^3$	$50-1 \cdot 10^2$	$1-1 \cdot 10^2$
	плотный	$1 \cdot 10^4$ - $1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3-1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$ - $1 \cdot 10^3$	$1-1 \cdot 10^2$
Доломит		$1 \cdot 10^5$ - $1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3-1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$ - $1 \cdot 10^3$	$1-1 \cdot 10^2$
Ангидрид		$1 \cdot 10^4$ - $1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3-1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2$ - $1 \cdot 10^3$	
Гипс		$1 \cdot 10^5$ - $1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^5-1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$ - $1 \cdot 10^6$	
Гранит, гранодиорит		$1 \cdot 10^6$ - $8 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3-2 \cdot 10^4$		$10-5 \cdot 10^3$
Сиенит, диорит, габбро					$50-5 \cdot 10^3$
Периодотит, пироксен					$10-1 \cdot 10^3$
Порфир кварцевый		$1 \cdot 10^4$ - $1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3-1 \cdot 10^4$		$50-1 \cdot 10^3$
Порфирит		$1 \cdot 10^4$ - $1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3-5 \cdot 10^4$		
Диабаз		$1 \cdot 10^5$ - $1 \cdot 10^6$			
Липарит		$1 \cdot 10^3$ - $1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^{-1} \cdot 10^3$		
Андезит		$1 \cdot 10^3$ - $1 \cdot 10^5$			$1 \cdot 10^2-1 \cdot 10^3$
Базальт		$1 \cdot 10^3$ - $1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2-1 \cdot 10^3$		
Сланец кристаллический		$1 \cdot 10^4$ - $1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^2-4 \cdot 10^5$		$5-1 \cdot 10^3$
Филлит		$1 \cdot 10^4$ - $1 \cdot 10^5$			10-50
Гнейс		$1 \cdot 10^6$ - $1 \cdot 10^7$			10-50
Амфиболит		$1 \cdot 10^6$ - $1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^3-5 \cdot 10^3$		
Мрамор		$1 \cdot 10^6$ - $1 \cdot 10^7$			
Кварцит		$1 \cdot 10^6$ -			$50-1 \cdot 10^3$

	$1 \cdot 10^7$			
Роговик	$1 \cdot 10^6$ $1 \cdot 10^7$			$50-1 \cdot 10^3$
Скарн	$1 \cdot 10^6$ $1 \cdot 10^7$			$50-1 \cdot 10^3$

Значения плотности ( $\rho$ ) и скорости распространения продольных ( $V_p$ ) и поперечных ( $V_s$ ) волн в грунтах, горных породах и минералах.

Таблица № 11.3

Порода, минерал	$\rho, \text{т/м}^3$	$V_p, \text{км/с}$	$V_s, \text{км/с}$	$V_p/V_s,$	$n, \%$
1	2	3	4	5	6
Вода	1.0	1.45			
Нефть	0.9	1.30			
Газ	$1 \cdot 10^{-3}$ $2 \cdot 10^{-3}$	1.28			
Лед	0.9	3.70	1.70	0.46	
Магматические породы.					
Гранит биотитовый	2.62	5.60	3.20	0.57	
Гранит лейкократов.	2.61	5.35	2.85	0.53	
Гранит-гнейс	2.65	5.65	2.80	0.50	
Гранодиорит	2.67	5.95	3.35	0.56	
Кварцевый диорит	2.70	6.10			
Диорит, гнейсодиор.	2.80	6.20	3.55	0.57	
Габбро	2.94	6.40	3.65	0.57	
Диабаз	3.02	6.40	3.65	0.57	
Гшербазит	3.31	8.20	4.60	0.43	
Гипербазит амфибол.	3.20	7.45	4.15	0.56	
Серпентинит	2.60	5.30			
Галькит	2.90	5.30			
Ййолит-лейкократов.	2.80	6.05	3.45	0.57	
Ййолит-меланократов.	3.03	6.65			
Ййолит-урит	2.91	6.25			
Липарит	2.35	5.00	3.00	0.60	
Андезито-базальт	2.71	5.05	2.90	0.57	
Базальт	2.81	5.50	2.95	0.54	
Обсидиан	2.33	5.80	3.45	0.59	
Сиенит, нефелиновый	2.66	6.15	3.25	0.53	
Анортозит	2.73	6.0			
Габбро-норит	3.07	7.25	4.10	0.57	
Метаморфические породы					
Гнейс амфиболовый полевошпатовый	2.80	5.85	3.30	0.56	1.3
	2.97	6.20	3.60	0.58	1.20

амфиболит	3.09	6.80	4.20	0.61	0.80
Гориблендит	3.16	6.40			
Кальцит	2.67	5.85	3.50	0.60	
Гранулит плагиоклазов - гиперстеновый - основного состава	2.83	5.80	3.10	0.53	0.4
	2.81	6.20	3.50	0.56	1.0
	3.02	7.00	4.30	0.61	0.6
Осадочные породы					
Алевролит	2.40	2.40	1.32	0.5-0.6	
Ангидрит	2.55	3.80	2.0	0.5-0.6	
Аргиллит	2.35	2.70	1.50	0.5-0.6	
Брекчия	2.30	3.50	1.90	0.5-0.6	
Глина	1.80	1.60	0.9	0.07-0.06	
Гравелит	2.00	3.60	2.0	0.5-0.6	
Гипс	2.45	3.10	1.80	0.5-0.6	
Доломит	2.70	4.00	2.20	0.5-0.6	
Известняк	2.65	3.80	2.10	0.5-0.6	
Лёсс		0.45	0.21	0.5-0.6	
Мергель	2.30	2.90	1.40	0.4-0.5	
Мел	2.69	3.00	1.40	0.4-0.5	
Песок	1.60	0.9	0.20	0.1-0.3	
Песчаник	2.55	2.60	1.30	0.4-0.6	
Суглинок		1.30	1.00	0.5-0.6	
Конгломерат	2.55	3.60	2.00	0.5-0.6	
Грунты неводонасыщенные					
Почвенный слой	1.1	0.1-0.3	0.05-0.2	0.5-0.7	
Песок	1.3	0.2-0.7	0.1-0.4	0.5-0.7	
Супесь	1.65	0.25-0.6	0.1-0.3	0.45-0.60	
Суглинок	1.70	0.3-0.7	0.15-0.35	0.30-0.55	
Лёсс		0.4-0.7	0.2-0.4	0.45-0.60	
Глина	1.80	0.40-1.80	0.1-0.7	0.10-0.35	
Галечник	1.90	0.4-0.8	0.25-0.50	0.65-0.70	
Песчаник	2.15	0.80-4.0	0.5-2.5	0.5-0.7	
Грунты водонасыщенные					
Песок		1.5-2.0	0.15-0.3	0.07-0.2	
Супесь		1.45-1.80	0.12-0.28	0.07-0.15	
Суглинок		1.50-1.90	0.10-0.25	0.05-0.15	
Глина		1.80-2.50	0.10-0.40	0.05-0.12	
Галечник		2.0-2.70	0.25-0.50	0.10-0.20	
Песчаник		1.80-4.50	0.50-2.50	0.40-0.60	
Известняк	2.65	2.0-5.0	0.5-2.80	0.35-0.55	
Гранит	2.65	2.50-5.5	0.8-3.60	0.40-0.60	
Грунты водонасыщенные при t= - 3 <sup>0</sup> C					
Галечник		3.80-4.50	2.0-2.60	0.50-0.60	
Песок		3.40-4.0	1.80-2.20	0.50-0.60	
Супесь		2.80-3.60	1.50-1.90	0.45-0.60	
Суглинок		2.20-2.80	1.20-2.50	0.40-0.55	
Глина		1.90-2.30			
Песчаник		3.60-5.00	1.90-2.80	0.50-0.60	
Известняк		3.80-5.50	2.0-3.0	0.50-0.60	
Гранит		4.0-4.60	2.20-2.30	0.50-0.60	

Порядок расчета параметров физико-механических свойств грунтов по данным сейсмоакустических исследований (по Бондареву В.И).

Используемые условные обозначения:

$V_p$  и  $V_s$ - продольная и поперечная скорости сейсмических волн в грунте, м/с;

$E_{ю}$  и  $G$ - модуль Юнга и модуль сдвига грунта, МПа;

$\nu$ - коэффициент Пуассона;

$P_s$   $P_c$   $P_d$   $P_{об}$ - плотность минеральной части грунта, плотность грунта естественной влажности, его скелета, объемная плотность, т/м<sup>3</sup>;

$n$  и  $e$  -пористость и коэффициент пористости грунта;

$q$ - степень водонасыщения;

$W$ - весовая влажность грунта;

$C$  и  $\varphi$ - сцепление (МПа) и угол внутреннего трения (градусы) грунта;

$E$ - модуль деформации грунта, МПа;

$\rho_B$ - плотность воды, т/м<sup>3</sup>;

Модуль Юнга ( $E_{ю}$ ) и сдвига ( $G$ ) вычисляются по величинам скоростей  $V_p$  и  $V_s$ :

$$E_{ю} = V_p^2 * P_c \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)} \quad (1)$$

$$G = \frac{E_{ю}}{2(1+\nu)} \quad (2)$$

Значения  $W$ ,  $p_s$   $p_d$  и  $p_c$  взаимосвязаны:

$$W = \frac{e * P_B}{P_s} \quad (3)$$

$$P_d = P_s (1-n) \quad (4)$$

$$\rho_{об} = \rho_s (1 - n) + W * \rho_B \quad (5)$$

$$q = \frac{W * P_s}{e * P_B} \quad (6)$$

Расчет параметров физико-механических свойств песчаных грунтов.

1. Для грунтов выше уровня грунтовых вод (УГВ) то есть при  $W=W_c$

$$E = (0.08539 * E_{ю} + 3)$$

$$E = (0.01425 * V_p + 0.1985 V_s - 27) \quad (7)$$

$$\varphi = (5.64 * 10^{-2} G + 29.0)$$

$$\varphi = (4.98 * 10^{-2} V_s + 23.3) \quad (8)$$

$$e = \left( \frac{37.5}{E_{ю}} + 0.364 \right) \quad (9)$$

$$n = \left( \frac{15.58}{E_{ю}} + 0.198 \right) \quad (10)$$

2. Для грунтов ниже УГВ:

$$\begin{aligned} E &= (0.0445 \cdot E_{ю} + 3.1) \\ E &= (0.1517 \cdot V_s - 18.9) \\ E &= (2.261 \cdot 10^{-4} V_s^2 + 4.2) \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \varphi &= (0.378 \cdot 10^{-4} G^2 + 28.6) \\ \varphi &= (8.468 \cdot 10^{-5} V_s^3 + 27.8) \end{aligned} \quad (12)$$

3. Объемная масса песчаных грунтов любой влажности определяется по формулам:

$$P_{об} = (1.013 V^{1/8} - 0.39)$$

$$P_{об} = (0.322 \cdot 10^{-3} V_p + 1.66) \quad (13)$$

Объемная масса скелета:

$$P_d = (0.1115 \cdot 10^{-2} V_s + 1.41) \quad (14)$$

$$W = \frac{P_B}{P_S} e \quad (15)$$

Расчет параметров физико-механических свойств глинистых грунтов  
Определение модуля деформации:

$$E = (av^2 + bv + c)E^2 + (dv^2 + fv + m)E + (pv^2 + tv + s) \quad (16)$$

где a, b, c, f, m, p, t, и s – коэффициенты, приведенные в Таблице № 11.4

Сцепление и угол внутреннего трения элювиальных глинистых грунтов можно вычислить по формуле (17) с определением коэффициентов по таблицам 4 и 5

$$c, \varphi = (av^2 + bv + c) G^2 + (dv^2 + fv + m)G + (pm^2 + tm + s) \quad (17)$$

Таблица №11.4

коэф- фиц	Коэффициент Пуассона				
	0.00-0.20	0.20-0.30	0.30-0.40	0.40-0.45	0.45-0.475
Элювиальные грунты					
a	-0.1691 E-3	0	0	0	0

b	0.5715 E-5	-.1287 E-3	-0.6190 E-3	-0.4364 E-2	-0.3233 E-1
c	-0/2227 E-4	-0.0018 E-3	0.1453 E-3	0.1643 E-2	0.1423 E-1
d	0.1222 E+0	0	0	0	0
f	-0.3809 E-2	0.8744 E+0	0.2963 E+0	0.6621 E+1	0.4947 E +1
m	0.3719 E-1	0.2384 E-1	-0.3880 E-1	-0.2568 E+1	-0.2085 E+1
p	0.8149 E-9	0	0	0	0
t	0.5239 E-3	-0.1000 E-1	0.1000 E-1	-0.2000 E-1	0
s	0.1147 E+2	0.1148 E+2	0.1147 E+2	0.1146 E+2	0.1148 E+2
Делювиальные грунты					
a	-0.1584 E-3	0	0	0	0
b	0.5621 E-5	-0.1265 E-3	-0.6086 E-3	-0.4290 E-2	-0.3178 E-1
c	-0.2190 E-4	-0.0017 E-3	0.1429 E-3	0.1618 E-2	0.1399 E-1
d	0.1178 E+0	0	0	0	0
f	-0.3675 E-2	0.8423 E-1	0.2854 E+0	0.1182 E+1	0.4766 E+1
m	0.3583 E-1	0.2296 E-1	-0.0374 E+0	-0.3962 E+0	-0.2001 E+2
p	-0.8615 E-2	0	0	0	0
t	0.2270 E-2	0	0	0	0
s	0.1380 E+2	0.1380 E+2	0.1380 E+2	0.1380 E+2	0.1380 E+2
Аллювиальные грунты					
a	-0.9127 E-3	0	0	0	0
b	0.3280 E-5	-0.7384 E-4	-0.3552 E-3	-0.2504 E-2	-0.1854 E-1
c	-0.1278 E-4	-0.0101 E-4	0.0834 E-3	0.0943 E-2	0.0816 E-1
d	0.1206 E+0	0	0	0	0
f	-0.3756 E-2	0.8629 E-1	0.2923 E+0	0.1211 E+1	0.4880 E+1
m	0.3670 E-1	0.2351 E-1	-0.3830 E-1	-0.4059 E+0	0.2057 E+1
p	0.1531 E-2	0	0	0	0
t	0.1164 E-3	-0.2000 E-2	0.3000 E-2	0.6000 E-2	0.1600 E-1
s	0.3255 E+1	0.3255 E+1	0.3254 E+1	0.3258 E+1	0.3248 E+1

### Коэффициент к формуле (17)

Таблица № 11.5

W <sub>p,%</sub>	коэф фици енты	Коэффициент Пуассона			
		0.0-0.30	0.30-0.40	0.40-0.45	0.45-0.475
15.5-18.4	a	-0.6782 E-5	0	0	0
	b	0.2574 E-6	-0.1573 E-4	-0.1125 E-3	-0.8495 E-3
	c	-0.2724 E-6	0.3908 E-5	0.4263 E-4	0.3742 E-3
	d	0.1643 E-2	0	0	0
	f	0.5984 E-4	0.2811 E-2	0.1123 E-1	0.4497 E-1
	m	0.2263 E-3	-0.4499 E-3	-0.3823 E-2	-0.1900 E-0
	p	-0.3651 E-3	0	0	0
	t	0.1156 E-3	0.1080 E-3	-0.3600 E-3	0.1720 E-3
	s	0.4493 E-2	0.4471 E-2	0.4637 E-2	0.4422 E-2
18.5-22.4	a	-0.9857 E-5	0	0	0
	b	0.3685 E-6	-0.2294 E-4	-0.1639 E-3	-0.1236 E-2
	c	-0.3965 E-6	0.5700 E-5	0.6211 E-4	0.5448 E-3
	d	0.2291 E-2	0	0	0
	f	0.8351 E-4	0.3920 E-2	0.1566 E-1	0.6274 E-1
	m	0.3156 E-3	0.6274 E-3	0.5326 E-2	-0.2651 E-1

	p	-0.3119 E-3	0	0	0
	t	0.8613 E-4	0.3000 E-5	0.2460 E-3	-0.3480 E-3
	s	0.6242 E-2	0.6240 E-2	0.6142 E-2	0.6410 E-2
22.5-26.4	a	0.1037 E-5	0	0	0
	b	-0.3836 E-7	0.2402 E-5	0.1746 E-4	0.1295 E-3
	c	0.4172 E-7	-0.5959 E-6	-0.6619 E-5	-0.5706 E+0
	d	0.1219 E-2	0	0	0
	f	0.4475 E-4	0,2089 E-2	0.8346 E-2	0.3344 E-1
	m	0.1684 E-3	-0.3345 E-3	-0.2837 E-2	-0.1413 E-1
	p	-0.5984 E-4	0	0	0
	t	0.2202 E-4	0.3000 E-3	0	-0.1600 E-3
	s	0.2985 E-1	0.2985E-Ч)	0.2986 E-1	0.2993 E-1
26.5-30.4	a	-0.7325 E-6	0	0	0
	b	0.2225 E-7	-0.1774 E-3	0.1260 E-4	-0.9531 E-4
	c	-0.3038 E-7	0,4419 E-4	0.4775 E-5	0.4199 E-4
	d	0.1816 E-2	0	0	0
	f	0.6814 E-4	0.3119 E-2	0.1247 E-1	0.4991 E-3
	m	0.2509 E-3	-0.4993 E-3	-0.4240 E-2	-0.2109 E-1
	p	0.13ПЕ-3	0	0	0
	t	-0.3213 E-4	-0.4000E-4	-0.4000 E-4	-0.8000 E-4
	s	0.3315 E-1	0.3316 E-1	0.3313 E-1	0.3318 E-1
30.5-34.4	a	0.1639 E-4	0	0	0
	b	-0.6078 E-6	0.3790 E-4	0.2705 E-3	0.2040 E-2
	c	0.6540 E-6	-0.9416 E-5	-0.1025 E-3	-0.8987 E-3
	d	0.1767 E-2	0	0	0
	f	0.6577 E-4	0.3035 E-2	0.1216 E-1	0.4859 E-1
	m	0.2445 E-3	-0.4856 E-3	-0.4137 E-2	-0.2053 E-1
	p	0.1434 E-3	0	0	0
	t	-0.1595 E-4	-0.2000 E-4	-0.2000 E-3	0.4000 E-4
	s	0.4047 E-I	0.4048 E-1	0.4055 E-1	0.4044 E-1
34.5-38.4	a	-0.8684 E-4	0	0	0
	b	0.3232 E-5	-0.2026 E-3	-0.1448 E-2	-0.1091 E-1
	c	-0.3499 E-5	0.5037 E-4	0.5487 E-3	0.4809 E-2
	d	0.5943 E-2	0	0	0
	f	0.2223 E-3	0.1022 E-1	0.4080 E-1	0.1633 E+0
	m	0.8215 E-3	-0.1639 E-2	-0.1387 E-1	-0.6902 E-1
	p	0.3627 E-3	0	0	0
	t	-0.4144 E-4	-0.2600 E-3	0.2000 E-4	0.1600 E-3
	s	0.3644 E-1	0.3654 E-1	0.3643 E-1	0.3637 E-1

**Коэффициенты к формуле (17) для определения угла внутреннего трения**

Таблица № 11.6

W <sub>p</sub> ,%	коэффи циенты	Коэффициент Пуассона			
		0.0-0.30	0.30-0.40	0.40-0.45	0.45-0.475
15.5-18.4	a	-0.8622 E-3	0	0	0
	b	0.3301 E-4	-0.1969 E-2	-0,1404 E-1	- 0.1059 E+0
	c	-0.3404 E-4	0-4891 E-3	0.5317 E-2	0.4666 E-1
	d	0.2047 E+0	0	0	0
	f	0.7708 E-2	0.3517 E+0	0.1403 E+1	0.5625 E+1
	m	0.2829 E-2	-0.5632 E-1	-0.477) E+0	-0.2377 E+1



	p	-0.2068 E-K)	0	0	0
	t	0.8810 E-1	-0.3000 E-S	0.4000 E-1	-0.4000 E-1
	s	0.1880 E+2	0.1882 E+2	0.1879 E+2	0.1883 E+2
18.5-22.4	a	»0.1147 E-2	0	0	0
	b	0.4283 E-4	-0.2672 E-2	-0.1911 E-1	-0.1439 E-1
	c	-0.46 E 9 E-4	0.6639 E-2	0.7239 E-2	0.6343 E-1
	d	0-2421 E+0	0	0	0
	f	0.8882 E-2	0.4146 E+0	0.1656 E+1	0.6634 E+I
	m	0.3336 E-1	-0.6635 E+1	-0.5632 E+0	-0.2803 E+!
	p	-0.3008 E-I	0	0	0
	t	0.8009 E-2		0.4000 E-1	-0.4000 E-1
	s	0.1730 E+2	0.1729 E+2	0.1729 E+2	0.1733 E+2
22.5-26.4	a	-0.7720 E-3	0	0	0
	b	0.2867 E-4	-0.1799 E-2	-0.1286 E-1	-0.9699 E-1
	c	-0.3109 E-4	0.4471 E-3	0.4873 E-3	0.4273 E-1
	d	0.1995 E+0	0	0	0
	f	0.7361 E-2	0.3419 E+0	0.1367 E+1	0.5477 E+1
	m	0.2752 E-1	-0.5474 E-1	-0.4647 E+0	•0.2312 E+1
	p	-0.3818 E-2	0	0	0
	t	0.1536 E-2	0	0	0
	s	0.1682 E+2	0.1682 E+2	0.1682 E+2	0.1682 E+20
26.5-30.4	a	-0.7889 E-3	0	0	0
	b	0.1728 E-4	-0.1121 E-2	-0.8025 E-2	-0.6041 E-1
	c	-0.1936 E-4	0.2787 E-3	0.0304 E-1	0.2664 E-1
	d	0.1806 E+0	0	0	0
	f	0.6766 E-2	0.3101 E+0	0.1240E+1	0.4960 E+1
	m	0.2495 E-1	-0.4964 E-1	-0,4215 E+0	-0.2096 E+1
	p	0.1397 E-1	0	0	0
	t	-0.3073 E-2	-0.1000 E-1	0	0
	s	0.1593 E+2	0.1594 E+2	0.1593 E+2	0.1593 E+2
30.5-34.4	a	0.6392 E-3	0	0	0
	b	0.2570 E-4	-0.1469 E-2	0.1045 E-1	1 0.7915 E-1
	c	0.2549 E-4	-0.3647 E-3	-0.3958 E-2	-0.3481 E-1
	d	0.1245 E+0	0	0	0
	f	0.5086 E-2	0.2154 E+0	0.8638 E+0	0.3448 E+1
	m	0.1732 E-1	-0.3445 E-1	-0.2938 E+0	-0.1457 E+1
	p	0.5821 E-1	0	0	0
	t	-0.2193 E-1	0	-0.4000 E-1	0.4000 E-1
	s	0.1522 E+2	0.1521 E+2	0.1523 E+2	0.1519 E+2
34.5-38.4	a	-0.3843 E-2	0	0	0
	b	0.1458 E-3	-0.8953 E-2	-0.6372 E-1	-0.4805 E+0
	c	-0.1543E-3	0.2225 E-2	0.2413 E-1	0.2117 E+0
	d	0.2984 E+0	0	0	0
	f	0.1129 E-1	0.5152 E+0	0.2054 E+I	0.8224 E+I
	m	0.4136 E-1	-0.8269 E-1	-0.6980 E+0	-0.3475 E+1
	p	-0.8941 E-2	0	0	0
	t	0.1015 E-1	0.1000 E-1	-0.6000 E-1	-0.4000 E-1
	s	0.1347 E+2	0.1346 E+2	0.1349 E+2	0.1348 E+2

Для ориентировочных оценок физико-механических свойств глинистых грунтов Урала рекомендованы к использованию следующие зависимости:

$$\begin{aligned} E &= (0.1076 E_{ю} - 1.9) \\ E &= (0.154 V_s - 12.0) \end{aligned} \quad (18)$$

для сцепления:

$$c = \left( \frac{0.1588}{\sqrt{V_p/V_s}} - 0.0605 \right) \quad (19)$$

для угла внутреннего трения:

$$\varphi = [45,6^0 - 7,95(V_p/V_s)] \quad (20)$$

для глинистых грунтов западной окраины Западно-Сибирской платформы:

$$c = \left( \frac{0.191}{\sqrt{V_p/V_s}} - 0.0548 \right) \quad (21)$$

значения  $\varphi$  можно определить по форме (20)

Для глинистых грунтов всего Уральского региона можно использовать формулы:

$$e = (1.146 - 1.764 * 10^{-3} E_{10}) \quad (22)$$

$$\gamma_{об} = (0.02208 * \sqrt{V_p} + 1.46) \quad (23)$$

$$W = (38.0 - 0.0315 V_p) \quad (24)$$

$$J_p = (16.4 - 8.73 * 10^{-3} V_p) \quad (25)$$

$$J_L = \left( \frac{56}{G} - 0.83 \right) \quad (26)$$

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РАЗЖИЖЕНИЯ ГРУНТОВ ТЕЛА И ОСНОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ

Водонасыщенные грунты оснований и тела ГТС, если они не пластичны, способны разжижаться под действием динамических нагрузок, возникающих при землетрясениях, взрывах, других формах вибрации и ударных нагрузках. Разжижению песков и илистых отложений способствует возникающее при вибрации избыточное поровое давление и уменьшение эффективного напряжения, что ведет к снижению прочности на сдвиг, суффозии, текучести грунтов, потере несущей способности, просадкам грунтов или всплыванию подземных сооружений. Разжижение грунтов происходит при наличии следующих условий: высокая степень водонасыщения, определенный гранулометрический состав, действие динамических нагрузок и способность грунтов под воздействием вибрации увеличивать плотность.

1. Водонасыщение - заполнение пор грунта водой должно достигать не менее 90 %.

2. Гранулометрический состав грунта соответствует данным Табл. № 11.7

Таблица № 11.7

Грунты	Размер частиц грунта в мм			
	$d_{10}$	$d_{50}$	$d_{75}$	$d_{90}$
Связные	0.001/0.004	0.010/0.035	0.025/0.050	0.040/0.150
Пески потенциально подверженные	0.01/1.0	0.02/2.0	0.028/2.5	0.04/4.0
Пески наиболее подверженные	0.04/0.35	0.08/0.70	0.01/1.9	0.20/1.1

Примечание: в таблице дробно слева данные нижней границы, справа - верхней.

3. Угроза разжижения водонасыщенных грунтов наступает при ускорениях 0.1g и более, а скорость прохождения поперечных сейсмических волн ( $V_s$ ) не превышает 0.200-0.220 км/с, граница возможного наступления разжижения описывается уравнением (1), полученным по данным землетрясения в Imperial Valley, Калифорния [33].

$$A_1 = \frac{1}{5 - 21.1 * V_s}$$

где  $V_s$  - скорость поперечных волн в км/с,  $A_1$  ускорение в (км/с), при котором появляется потенциальная возможность разжижения ( $K_1$ ).

$$A_2 = \frac{1}{9,2 - 41,4 * V_s}$$

ускорение, при котором проявление разжижения наиболее вероятно (К2).

4. Четвертым условием необходимым для возникновения разжижения является относительная плотность грунтов. Если возраст отложений насчитывает несколько десятков тысяч лет, то существует большая вероятность того, эти грунты уже подвергались высоким динамическим нагрузкам и при повторных воздействиях, имея достаточную плотность, они не будут разжижаться.

Чтобы определить: подвержены ли грунты разжижению, или нет, необходимо провести полевые исследования грунтов методом динамического зондирования в соответствии с требованиями [51].

Так как, для анализа результатов исследования используется методика зарубежных специалистов, предложенная на семинаре NCEEER в Солт Лейк Сити в 1996 г [33], разработанная с применением стандартного теста на проникновение SPT- BS -1377, необходимо вводить поправки, учитывающих разные технические показатели оборудования. Например, при динамическом зондировании (ГОСТ 19912-81):

- вес молотка  $P=70$  кг;
- высота падения  $H=1$  м;
- площадь приложения нагрузки  $F= 4.3*10^{-3} \text{ м}^2$ ;
- длина наконечника  $L = 200$  мм;
- энергия молотка  $\mathcal{E}_m = P*H*g = 70*1.0*9.81 = 686.7$  дж/удар;
- объем вытесняемого грунта (энергия)-  $V= A*L=4.3*10^{-3}*0.2= 0.86*10^{-3} \text{ м}^3$ ;

- сопротивление денитрации-  $(\mathcal{E}_m/V)_d = 686.7/0.86*10^{-3} = 7.98*10^{-3}$  дж/м<sup>3</sup>;

При использовании стандартного теста SPT(BS 1377):

- вес молотка  $P= 63.5$  кг;
- высота падения  $H= 0.762$  м;
- площадь приложения нагрузки  $F = 2.04*10^{-3} \text{ м}^2$ ;
- длина наконечника  $L = 300$  мм;
- энергия молотка-  $\mathcal{E}_m = P*H*g = 63.5*0.762*9.81 = 474.7$  дж/удар;
- объем вытесняемого грунта (энергия) $V= A*L= 2.04*10^{-3}*0.3= 0.61*10^{-3} \text{ м}^3$ ;

Сопротивление пенетрации:

$$(\mathcal{E}_m/V)_{\text{SPT}} = 474/0.61*10^{-3} = 777 * 10^{-3};$$

Расчетное количество ударов с учетом поправок:

$$N_1 = N_d * \frac{(\mathcal{E}_m/V)_{\text{SPT}}}{(\mathcal{E}_m/V)} * C_N,$$

где  $N_d$  - измеренное количество ударов при динамическом зондировании,  
 $C_N$ - коэффициент перегрузки, вычисляемый по уравнению  $C_N=0.4+5/C^1 v$ ,  
 $C^1 v$ - действующее вертикальное напряжение в (кг/см<sup>2</sup>),

Приведенное число ударов молотка вычисляется по уравнению

$$(N_1)_{60} = N_1 * \frac{\mathcal{E}_{\text{ш}}}{60},$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ш}}$  - измеренная энергия штанги.

Если  $(N_1)_{60}$  равно 30 и более грунты достаточно плотные и не подвержены разжижению. При  $0 \leq (N_1)_{60} \leq 30$ , коэффициент циклического напряжения (CSR) не должен превышать

$$(\text{CSR}) \leq 0.0117(N_1)_{60}$$

Фактическая величина коэффициента циклического напряжения зависит от ускорения и магнитуды землетрясения, глубины расположения исследуемого грунта и вертикальных напряжений.

$$(\text{CSR}) = \frac{0.65 A_M * C_V * r_d}{(M^1) C_V^1 * g}, \text{ где}$$

$A_M$ - максимальное ускорение,

$C_V$ - общее вертикальное напряжение,

$C_V^1$ - действующее вертикальное напряжение,

$r_d$ - коэффициент уменьшения глубины:

$$r_d = 1.0 - 0.00765h \quad \text{при} \quad h < 9.15$$

$$r_d = 1.174 - 0.026h \quad \text{при} \quad 9.15 < h < 23$$

$$r_d = 0.744 - 0.008h \quad \text{при} \quad 23 < h < 30$$

$$r_d = 0.5 \quad \text{при} \quad h > 30$$

$M^1$ - приведенная величина магнитуды землетрясения для величин больше или меньше - 7.5

$M^1 = 173.8 / M^{2.56}$ , где  $M$ - действующая магнитуда землетрясения.

$g$ - ускорение свободного падения  $9.81 \text{ м/с}^2$ .

Разжижение грунта произойдет, если  $(\text{CSR}) \geq 0.0117 (N_1)_{60}$  при  $0 \leq (N_1)_{60} \leq 30$ .

## ТРЕБОВАНИЯ К ИЗЫСКАНИЯМ МИНЕРАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Изыскания естественных минеральных материалов для строительства ГТС имеют целью обеспечение песком и гравием для приготовления бетона, устройства дренажей и фильтров, грунтами для возведения плотин и дамб, камнем для упорных призм насыпных плотин, отмостки откосов и креплений нижних бьефов водопропускных сооружений. Они включают в себя:

- поиск и изучение грунтов, расположенных в непосредственной близости от стройплощадки ГТС с оценкой их свойств и запасов для возможного использования в качестве строительных материалов;

- установление инженерно-геологических, гидрогеологических и технологических условий разработки грунтов (мощность полезной толщи и вскрыши, обводненность, возможность применения взрывных работ, необходимость сортировки и обогащения).

Месторождения делятся на крупные с запасами  $> 1$  млн. м<sup>3</sup>, средние 0.2-1.0 млн. м<sup>3</sup> и мелкие  $< 0.2$  млн. м<sup>3</sup>. Запасы материалов в зависимости от степени разведанности месторождения, изученности качеств грунтов и условий их разработки делятся на категории «А», «В» и «С<sub>1</sub>», предварительные «С<sub>2</sub>» и прогнозные «Р<sub>1</sub>». Запасы оцениваются по наличию их в условиях естественного залегания, без учета потерь при добыче, транспортировке и обработке. Требуемые объемы для разведки по категории «А» рассчитываются с коэффициентом запаса 1.2 (для гидромеханизации 1.5-1.8), для категорий А+В+С<sub>1</sub> с коэффициентом - 1.8.

**При разведке месторождений по категории - «А»** должны быть установлены размеры, форма и условия залегания полезной толщи, изучены характер и закономерности ее внутреннего строения, при наличии разрывных нарушений, установлены положения и амплитуды смещения. Определены природные разновидности, выделены и окомтурены типы строительных материалов с характеристикой по всем показателям, предусмотренным в ведомости видов испытаний. Опробование месторождения выполнено в объеме, указанном в нижеследующих разделах.

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки карьера. Месторождение покрыто топографической съемкой масштаба 1:2000 или 1:1000 (при уклонах поверхности более 4° с пересеченным горным рельефом местности). В сложных условиях для месторождения камня с применением буровзрывных работ выполняется съемка масштаба 1:500. Должна быть выполнена планово-высотная привязка устьев выработок. Плотность разведочной сети: песка, галечника и глины 100-200 м до 25-75 м в зависимости от сложности инженерно-геологических условий. Скальные породы должны иметь плотность выработок 200-300 м до 25- 75 м.

**При разведке месторождения по категории «В»** предъявляются аналогичные требования, что и по категории «А» но, при невозможности оконтуривания типов материалов должны быть установлены закономерности их пространственного распространения и количественного соотношения. Качество выделенных типов материалов должно быть охарактеризовано по всем показателям и их опробование произведено в объеме аналогично категории «А».

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия изучены с полнотой, позволяющей качественно и количественно охарактеризовать основные показатели строительных материалов. Топографический план месторождения выполняется в масштабе 1:5000 или 1:2000 для сложных условий. Планово-высотная привязка разведочных выработок.

Подсчет запасов в контуре карьера выполняется по разведочным выработкам с включением зон экстраполяции, обоснованными геологическими критериями и данными геофизических исследований. Разведочные выработки проходят по сетке с размерами для песка, гравия и глин 150-300 до 50-100 м в зависимости от сложности инженерно-геологических условий, для скальных пород 300-400 до 75-150 м.

**При разведке месторождений по категории «С<sub>1</sub>»** предъявляются аналогичные требования, что и для категории «В».

Должны быть определены природные разновидности и типы материалов, выявлены общие закономерности их пространственного распространения и количественного соотношения. Качество выделенных типов материалов охарактеризовано по всем показателям и опробование выполнено в объемах, аналогичных категориям «А» и «В».

План месторождения составлен в масштабе 1:10.000 или 1:5000 с планово-высотной привязкой устьев выработок. Контур запасов полезной толщи определен по выработкам с учетом данных геофизических исследований и геологически обоснованной экстраполяции. Плотность выработок для песков, гравия и глин от 300-500 до 100-150 м, камня от 400-600 до 75-150 м.

2. Разведка месторождений ведется следующими методами:

- шурфованием при мощности полезной толщи до 10 м в необводненных грунтах.

- скважинами (для песков используются скважины  $\varnothing$  168 мм, гравийных грунтов  $\varnothing$  219 мм, для грунтов с включением гальки и валунов  $\varnothing$  325 мм). Скважины могут искажать гранулометрический состав грунтов.

- геофизические, используются для определения глубины залегания, мощности и площади распространения полезной толщи. Электроразведка (ВЗЗ и ЭП) дает положительные результаты при достаточном различии удельных электрических сопротивлений полезного ископаемого и вмещающих пород. Когда разница удельных сопротивлений незначительная, то применяется сейсморазведка.

Карьеры камня разведываются скважинами с отбором керна. Выход керна менее 80 % (отношение образцов длиной 10 см и более к общей длине рейса) говорит о слабом камне, либо о низком качестве буровых работ.

Результаты разведки месторождений естественных минеральных материалов должны быть представлены следующей технической документацией:

- колонки горных выработок составленные применительно к классификации грунтов (ГОСТ 25100-82). На колонках горных выработок указывается дата, способ проходки, состав грунтов, номера проб и интервалы опробования, положение УПВ, выход керна и результаты опытных работ;

- геологические разрезы, на которых отражаются состав грунтов (применительно к ГОСТ 25100-82), их состояние, интервалы опробования, УПВ, контур подсчета объемов, а так же влажность отдельных слоев и полезной толщи, пластичность и влажность на границе раскатывания для глинистых грунтов, процентное содержание гравия, валунов и других компонентов для песчано-гравийных грунтов. На разрезах месторождения камня должны быть показаны зоны не выветрелых, слабо и сильно выветрелых пород, зоны тектонических нарушений. Линии разрезов должны проходить через выработки, в том числе включенные в подсчет объемов работ;

- план расположения выработок (карта фактического материала). Карты мощности вскрыши. Для участков, сложенных грунтами, состав которых изменяется в горизонтальном и вертикальном направлениях, составляются карты-срезы. По обводненным карьерам составляются карты гидроизгипс;

- ведомость замеров УПВ в разведочных выработках с указанием наименования выработки, ее номера, даты замера и отметки УПВ. В ведомость также включаются посезонные отметки поверхности воды в ближайших водоемах, которые могут влиять на изменения УПВ карьера. Кроме того, в ведомость должны быть включены результаты опытных откачек и максимальные и минимальные значения коэффициента фильтрации;

- подсчет запасов строительных материалов одним из методов: среднего арифметического, геологических блоков, параллельных сечений, методом треугольников:

- а) метод среднего арифметического используется для подсчета запасов по категории С2 и С1. Определяется средняя мощность грунтов полезной толщи по выработкам, которые затем умножаются на площадь;

- б) метод геологических блоков сводится к разделению полезной толщи на отдельные блоки. Для подсчета объемов блоков используются метод среднего арифметического или треугольников. Метод используется для подсчета запасов по категориям С1, В и А;

- в) метод параллельных сечений заключается в определении средней мощности полезной толщи по разрезу и установления средней площади для каждого сечения. Средняя площадь по двум параллельным сечениям умножается на среднее расстояние между сечениями. Метод используется для подсчета запасов по категориям С1, В и А;

- г) метод треугольников. Площадь карьера на плане разбивают на треугольники, вершинами которых служат устья горных выработок. Площадь треугольника умножают на среднюю мощность толщи (среднюю по трем опорным выработкам) получают объем грунта в пределах данной фигуры. Используется для подсчета запасов по категориям В и А.



Для исключения ошибок в подсчетах следует применять одновременно несколько методов подсчета.

### 3. Опробование месторождений.

Опробование месторождений (отбор и испытание образцов) состоит из следующих операций:

- отбор начальных проб из разведочных выработок и естественных обнажений, обработка и доведение начальных проб или группы начальных проб до конечных проб массой, нужной для соответствующих испытаний. Первые две операции выполняются в процессе полевых работ, последняя – частично в поле, частично в стационарной лаборатории.

В зависимости от способа отбора пробы бывают штучные (точечные), бороздовые, валовые, а также нарушенной и ненарушенной структуры. Точечным называют опробование, при котором пробу отбирают с заданной глубины. Бывают поинтервальные, послойные, поинтервально-послойные и погоризонтальные опробования. При поинтервальном опробовании относительно однородную полезную толщу или выделенный в ней горизонт расчленяют на отдельные интервалы, каждый из которых опробуют отдельно. При послойном опробовании интервал опробования совпадает с мощностью каждого слоя полезной толщи. Поинтервально-послойное опробование заключается в том, что пробы отбирают из каждого слоя, а в пределах мощных литологически однородных слоев пробы отбирают по заданным интервалам.

При погоризонтальном опробовании пробы отбирают по всей высоте будущего карьера-горизонта отработки.

При опробовании грунтов необходимо придерживаться следующих правил:

- опробованию подлежат все пройденные выработки независимо от стадии разработки;

- при разведке должны быть опробованы все вскрытые выработками типы и виды грунтов по всей толще, включая прослой некондиционных грунтов и грунтов вскрыши;

- отдельно отбирают: прослой суглинков, песков в песчано-гравийной толще, если мощность суглинков  $> 0.2$  м, а песков  $> 0.5$  м, прослой или зоны слабых разнородностей  $> 1.0$  м в массиве скальных пород, горизонты полезной толщи выше и ниже УПВ;

- все пробы по вещественному составу должны быть представительными, а их количество достаточным для качественной характеристики грунта слоя или горизонта разработки карьера;

- для каждого типа грунта слоя или горизонта свой представительный объем;

- сухая и обводненная части полезной толщи опробуются отдельно;

- масса или объем каждой пробы должны быть достаточными для выполнения всех необходимых видов лабораторных исследований по одной и той же пробе;

- оставшийся материал используется для изготовления проб дубликатов, которые сохраняются до сдачи отчета по материалам;

- интервал опробования при достаточно однородном слое может достигать - 5 м. Из грунтов, характеризующейся частой изменчивостью литологического состава в пределах слоя, пробы можно отбирать с интервалами 2-3 м. В пределах полезной толщи каждого карьера следует соблюдать одинаковые интервалы опробования.

### 3.1. Методы опробования песков и крупнообломочных грунтов.

Общее количество проб, отбираемых для полного комплекса испытаний, зависят от детальности разведки, степени однородности грунта и крупности месторождения. При значительной неоднородности грунта отбирается максимальное количество проб для полного комплекса испытаний. Общее максимальное количество проб не должно выходить за пределы, указанных в Таблице № 11.8, минимальное - в Таблице № 11.9.

#### Количество испытаний в % от общего объема определений

Таблица № 11.8

п/п	Наименование испытаний	Количество испытаний для категорий		
		А	В	С <sub>1</sub>
1.	Полный комплекс испытаний	20-30	20-30	20-30
2.	Полный гранулометрический анализ	40-60	40-60	30-40
3.	Сокращенный гранулометрический анализ	20-40	20-40	30-50

#### Минимальное количество проб для полного комплекса испытаний

Таблица № 11.9

№ п/п	Месторождения	Количество испытаний для категорий запаса		
		А	В	С <sub>1</sub>
1.	Мелкие	-	8	3
2.	Средние	20	12	5
3.	Крупные	25	15	7

#### Вес конечных проб для лабораторных испытаний песков и крупнообломочных грунтов

Таблица № 11.10

Назначение грунтов	Виды грунтов и лабораторных испытаний	Вес пробы в кг.
Заполнитель для бетона	Комплексные лабораторные испытания:	

	Песков (фракции <5 мм)	15-20
	Гравий-отсев (5-120 мм)	75-110
	Гравий по фракциям (5-10-15, 10-20-20, 20-40-30, 40-80- 40)	110
	Природная песчано-гравийная смесь	100
	Испытания в бетоне: песок	100
	гравий	300
	Исследования по подбору состава бетона	1000
	Определение плотности насыпного гравия по фракциям: 5-10 10-20 20-40 40-80	15 30 60 150
Материал для земляных плотин	Пески (полный комплекс)	5
	Гравелистые пески	30
	Гравийные и галечниковые грунты: (полный комплекс)	>70
	мелкозернистый заполнитель	2-5
	крупность частиц > 100 мм	>500

В начальную пробу поступает весь материал, пройденного интервала шурфа, канавы, расчистки, «кратной бадьи», бороздовой пробы или целика. Метод «кратной бадьи» применяется при однородной песчаной или песчано-гравийной толще с небольшим количеством (до 10%) валунов, не содержащих отдельных прослоев песка и гравия. При массе материала с 1 пм проходки 1.1-1.5 т отбирается 2-5 проб «кратной бадьи».

Метод борозды (задирки) применяется в тех условиях, что и предыдущий метод, если в грунтах содержится небольшое количество гравия диаметром до 40 мм и стенки шурфа или других открытых выработок находятся в хорошем устойчивом состоянии. Ширина и глубина борозды зависят от наибольшей крупности грунта полезной толщи и должны ее превышать в 2 раза.

Метод целика применяют, когда при проходке открытых выработок, в стенках оставляется целик в виде куба или призмы.

Его размеры должны превышать не менее чем в 2-раза диаметр наиболее крупной фракции.

При отборе проб из буровых скважин грунт отбирается наконечником. Контрольный выход грунта должен составлять 80-100 %. Масса фактически

поднятого грунта сравнивается с массой, подсчитанной по формуле:  $m_{100} = 0.785 d^2 l \rho_0$ , где

$d$ - внутренний диаметр бурового снаряда, м

$l$  - мощность интервала опробования, м

$\rho_0$  - плотность грунта, кг/м<sup>3</sup>.

Таблица № 11.11

Σ гравия, гальки и валунов в %	<20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	>70
$\rho_0$ в кг/м <sup>3</sup>	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200

Конечная поинтервальная или послойная проба, масса которой обеспечивает проведение комплексных испытаний, находится по формуле,

$$q = \frac{Ql}{M}, \text{ где}$$

$Q$ - общая масса пробы, определенной по Таблице № 5.

$l$ - интервал отбора проб, в м. ( $l < M$  в 2 раза и более).

$M$ - мощность полезной толщи или выделенного горизонта.

Таблица № 11.12

Комплекс испытаний	Масса пробы, кг при содержании фракции (5-120) в %				
	15	20	30	40	50
Полный комплекс без испытаний бетона	2000	1500	1000	700	500
Тоже, с испытанием бетона	3000	2300	1700	1200	900

При разведке несвязных грунтов для бетона отбираются точечные пробы для оценки содержания вредных примесей. Пробы массой 0.3-0.5 кг отбирают через 0.5 м от кровли полезной толщи на глубину 2-2.5 м. Точечные пробы для определения влажности отбирают по глубине через 0.5-1.0 м. Отбор проб производится в бюксы.

При проходке шурфа или отсыпки грунта в сооружение, плотность грунта можно определять в полевых условиях. Для этого в дно шурфа или в уложенный слой грунта насыпи вдавливают металлическую рамку размером 50x50, 40x40 или 30x30 см. В пределах рамки вынимается грунт массой  $Q$  и объемом  $V$ . Дно и стенки лунки выстилают пленкой, из мерного сосуда наливают воду. Зная вес и объем, определяем плотность.  $\rho = Q/V$ .

Попутно отбираются образцы грунта для определения влажности.

$$\rho_d = \frac{P}{1 + \frac{P}{100} + \frac{W}{100}}, \text{ где}$$

$P_d$  - плотность сухого грунта.

$W$  - влажность фракций менее 5 мм.

$P$  - % содержания в пробе фракций менее 5 мм.

Коэффициент фильтрации грунта  $K_f$  в полевых условиях определяется методом налива (по методу К. Болдырева).

### 3.2. Опробование глинистых грунтов.

Методика отбора и обработки начальных, конечных и других проб глинистых грунтов аналогична методике для несвязных грунтов. Из связных грунтов отбираются погоризонтальные, поинтервальные или послойные, послойно-интервальные и точечные пробы с нарушенным сложением, а также единичные пробы с ненарушенным сложением (монолиты). Масса конечной пробы на полный комплекс исследований определяется по формуле:  $Q = kd^2$ , где:

$Q$  - вес пробы, в кг;

$d$  - диаметр наиболее крупных зерен пробы, в мм;

$k$  - коэффициент неоднородности  $k = d_{60}/d_{10}$ .

Максимальное и минимальное количество проб принимается аналогично с отбором проб несвязных грунтов.

### 3.3. Опробование скальных грунтов.

Пробы камня отбираются из горных выработок и скважин колонкового бурения в виде штофов или керн. Их отбирают из всех зон сохранности. В зонах прочных и слабо затронутых выветриванием пород при однородном составе грунтов пробы отбираются с интервалом 5 м, а при неоднородном составе пород с 2-3 м. Из зоны сильно выветрелых пород по 1-2 пробы из каждой выработки путем изъятия штофов размером 20х20х20 см, или 3 пробы 10х10х10 см. Для испытания отбираются керны длиной 80-120 см. Минимальное количество проб скальных пород для полного комплекса испытаний показано в Таблице № 11.13.

Таблица № 11.13

Крупность месторождений	Степень сохранности	Минимальное количество проб для категории запаса		
		A	B	C <sub>1</sub>
Мелкие	Не выветрелые	-	20	10
	Слабо выветрелые	-	7	5
	Сильно выветрелые	-	6	4
Средние	Не выветрелые	40	25	12
	Слабо выветрелые	10	8	6
	Сильно выветрелые	8	6	4
Крупные	Не выветрелые	45	30	15
	Слабо выветрелые	12	10	8
	Сильно выветрелые	10	8	6

Максимальное количество испытаний образцов скальных пород должно производиться по 20-30 % от общего числа для категорий запасов «А» и «В» и по 40-50 % для категории «С<sub>1</sub>».

#### 4. Систематизация и анализ данных исследований.

Для систематизации и анализа данных исследований должны быть выполнены полевые и лабораторные исследования грунтов и определены их физико-механические и другие свойства.

##### 4.1. Физико-механические свойства грунтов.

Определение физико-механических характеристик грунтов и их расчетных значений выполняются в грунтовых и бетонных лабораториях в соответствии с ГОСТ и специальными Пособиями.

Для разработки детальных проектов, кроме данных указанных выше, должны быть представлены:

- ведомости и графики гранулометрического состава грунтов, определение среднего взвешенного состава по горизонту разработки и месторождению в целом;
- графики зависимости коэффициента пористости грунтов от вертикальной нагрузки;
- результаты и графики компрессионных испытаний грунтов;
- результаты и графики сдвиговых испытаний грунтов;
- нормативные и расчетные значения параметров прочности грунтов;
- показатели водно-физических свойств глинистых грунтов;
- результаты лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов в объеме ведомости видов испытаний (Табл. № 11.14).

### Ведомость видов испытаний минеральных строительных материалов

Таблица № 11.14

№ п/п	Показатели	Условные обознач. фор-лы	един из- мер	Грунты и комплексы Испытаний			
				песок	гравий	ка- мень	Гли на
1.	Полный грануломет- рический состав		%	+	+	+	+
2.	Минералогический и химичес. состав			+	+	+	-
3.	Петрографический состав пород			+	+	+	-
4.	Содержание глинистых и пылеватых частиц		%	+	+	+	-
5.	Содержание органи- ческих примесей		%	+	+	+	+

6.	Содержание водорас- творимых солей		%	+	+	-	+
7.	Содержание зерен слабых пород		%	+	+	+	-
8.	Содержание зерен лещадных и других		%	-	+	+	-
9.	Содержание соединений с SO <sub>3</sub>		%	+	+	+	-
10.	Модуль крупности		-	+	+	-	-
11.	Естественная влажность	W	%	+	+	+	+
12.	Влажность на пределе текучести	W <sub>L</sub>	%	-	-	-	+
13.	Влажность на пределе раскатывания	W <sub>P</sub>	%	-	-	-	+
14.	Число пластичности	J <sub>P</sub> = W <sub>L</sub> - W <sub>P</sub>	-	-	-	-	+
15.	Показатель текучести	J <sub>L</sub> =(W-W <sub>P</sub> )/J <sub>P</sub>	%	-	-	-	+
16.	Максимальная моле- кулярная влага	W <sub>max</sub>	%	-	-	-	+
17.	Оптимальная влажность	W <sub>опт</sub>	%	+	-	-	+
18.	Плотность частиц грунта (удельный вес)	ρ <sub>s</sub>	т/м <sup>3</sup>	+	+	+	+
19.	Плотность сухого грунта	ρ <sub>d</sub>	т/м <sup>3</sup>	+	+	+	+
20.	Плотность грунта с учетом крупных вкл.	ρ <sub>dp</sub>	т/м <sup>3</sup>	-	-	-	+
21.	Плотность при полном водонасыщении	ρ <sub>d(G=1)</sub>	т/м <sup>3</sup>	+	+	+	+
22.	Коэффициент водонасыщения	G=Wρ <sub>s</sub> /ε		+	+	+	+
23.	Плотность взвешенного грунта	ρ <sub>вз</sub> = ρ <sub>d</sub> - ρ <sub>d</sub> / ρ <sub>s</sub>	т/м <sup>3</sup>	+	+	+	+
24.	Плотность грунта естественной влажн.	ρ	т/м <sup>3</sup>	+	+	+	+
25.	Критический градиент при выпоре	J <sub>к</sub> <sup>B</sup>	-	+	-	-	+
26.	Критический градиент при суффозии	J <sub>к</sub> <sup>C</sup>	-	+	-	-	+
27.	Крит. град, при кон- тактном размыве	J <sub>к</sub> <sup>P</sup>	-	+	-	-	+
28.	Относительное сво- бодное набухание	ε <sub>sw</sub>	-	-	-	-	+
29.	Давление набухания	P <sub>sw</sub>	Па	-	-	-	
30.	Влажность набухания	W <sub>sw</sub>	%	-	-	-	+

31.	Коэффициент пористости	$\varepsilon = \rho_s / \rho_d - 1$	-	+	+	+	+
32.	Пористость	$n = \varepsilon / (1 + \varepsilon)$	Дол. ед	+	+	+	+
33.	Показатель сжимаемости	$a \frac{n_1 - n_2}{\sigma_1 - \sigma_2}$	см <sup>2</sup> /кг	+	+	+	+
34.	Коэффициент поперечной деформации	$\beta = 1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu}$	-	+	+	+	+
35.	Модуль деформации	$E = \frac{1 + n_0}{a} \beta$	МПа	+	+	+	+
36.	Нормативные показатели прочности	$\text{tg} \varphi^H, C^H$		+	+	+	+
37.	Расчетные показатели прочности	$\text{tg} \varphi^P, C^P$		+	+	+	+
38.	Прочность на разрыв	$C^P$	кг/см <sup>2</sup>	+	+	+	+
39.	Коэффициент фильтрации	$K_\phi$	см/сек	+	+	-	+
40.	Временное сопротивление на сжатие в сухом состоянии	$R_H$	кг/см <sup>2</sup>	-	+	+	-
41.	Временное сопротивление на сжатие в водонасыщенном состоянии	$R_c$	кг/см <sup>2</sup>	-	+	+	-
42.	Прочность по дробимости в цилиндре	$D_p$	-	-	-	+	-
43.	Морозостойкость (испыт. в серн, натр)	-	-	-	-	+	-
44.	Водопоглощение	-	-	-	+	+	-
45.	Состав «цемента» песчаника, конгломерата	-	-	-	-	+	-
46.	Потенциальная реакционная способность	-	-	+	+	+	-
47.	Испытание заполнителя в бетоне.	-	-	+	+	+	-
48.	Модуль сдвига	$G$	-	-	-	-	+
49.	Модуль объемной деформации	$K$	-	-	-	-	+



### Гранулометрический (зерновой) состав грунтов по классификациям, в мм

Таблица № 11.15

По строительной классификации																			
Валуны							Гравий				Песок					Пыль		Глина	
>700	700-500	500-300	300-200	200-150	150-120	120-70	70-40	40-20	20-10	10-5	5-2,5	2,5-1,2	1,2-0,6	0,6-0,3	0,3-0,14	0,14-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
По инженерно-геологической классификации																			
Валуны					Галька				Гравий		Песок				Пыль		Глина		
>1000	1000-800	800-500	500-300	300-200	200-100	100-80	80-40	40-20	20-10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005

## Минералогический состав песка

Таблица № 11.16

[illegible]

## Петрографический состав гравия

Таблица № 11.17

Номер слоя	Значение	Фракции в мм	Наименование минералов в %								состав в %
			кварц	гранит	диабаз	парфирит	известняк	сланец	яшмовидные	рудные	
	среднее по фракциям	80-40 40-20 20-10 10-5									
	среднее по слою	80-5									
Среднее по месторождению		80-5									

4.2. Систематизация и анализ данных по пескам и крупнообломочным материалам.

Систематизация и анализ данных исследований начинается с установления средних и обобщенных показателей, характеризующих слои полезной толщи. Расчеты средних показателей выполняются с учетом выделенных слоев, горизонтов, блоков полезной толщи, а также с учетом рациональной разработки карьера. Средние показатели устанавливаются по каждой разведочной выработке, слою, блоку и в целом по месторождению.

Для подсчета среднего взвешенного гранулометрического состава пользуются специальной ведомостью, в которую заносят номера выработок, глубину отбора проб, мощность интервалов и результаты перемножения мощности интервалов на содержание фракций в %. Сумма всех произведений должна быть равна мощности опробованного интервала, умноженной на 100.

$$\Gamma_B = \frac{b_1 m_1 + b_2 m_2 + \dots b_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots m_n}$$

где  $b_1$ ,  $b_2$  и  $b_n$  - содержание данной фракции в 1-ом, 2-ом и последующих интервалах или слоях в %.

$m_1$ ,  $m_2$  и  $m_n$  - мощность опробованных интервалов в м.

Средний взвешенный гранулометрический состав по блоку и месторождению в целом определяется исходя из объема слоев грунта полезной толщи. Средний взвешенный состав грунта каждой фракции « $\Gamma_\phi$ » в % вычисляется по формуле:

$$\Gamma_\phi \times = \frac{B \times C}{100} + \frac{B_1 \times C_1}{100} + \frac{B_n \times C_n}{100},$$

где  $C$ ,  $C_1$  и  $C_n$ - содержание (по объему) слоев полезной толщи в блоке, или в месторождении в %.

Для грунтов полезной толщи, разведанной применительно к категории А и В на графике гранулометрического состава наносятся кривые, соответствующие отдельным пробам и средневзвешенному составу по месторождению. Грунт считается достаточно однородным, если 70% общего числа кривых отклоняются от средней кривой не более чем на 15%. В противном случае рекомендуются мероприятия по улучшению гранулометрического состава.

Когда в месторождениях песков и песчано-гравийного материала встречаются прослой глины, делают проверку на их промываемость.

#### Содержание фракций

#### Класс промываемости

< 0.005мм в %

до 10

10-30

30-60

>60

легко промываемые

средне промываемые

трудно промываемые

весьма трудно промываемые

Если в полезной толще находится свыше 7% по объему трудно промываемых, или более 1 % весьма трудно промываемых глин, использование таких интервалов полезной толщи допускается только, после получения положительных результатов технологических испытаний. Если пески используются в качестве материалов для устройства фильтров, к ним предъявляются требования по ограничению содержания пылевато-глинистых частиц. Допускается наличие таких грунтов не более 10%.

#### 4.3. Систематизация и анализ данных по глинистым (связным) грунтам.

Глинистые (связные) грунты для противофильтрационных элементов плотин (ядра, экраны, понуры, зубья) должны быть слабо проницаемыми с  $K_f < 1 \times 10^{-4}$  см/с, обладать фильтрационной устойчивостью, повышенной пластичностью (исключающей деформации с трещинообразованием), хорошей уплотняемостью и высокими показателями сопротивления сдвигу. Наилучшим материалом считается грунт с  $K_f < 1 \times 10^{-6}$  см/с, содержащий 12-18 % глинистых и пылеватых частиц. Для противофильтрационных элементов пригодны крупно-обломочные грунты с глинистым заполнителем, прерывистого гранулометрического состава с частицами менее 0.25 мм в объеме 35 % и с не прерывистым гранулометрическим составом с частицами менее 5 мм в объеме не менее 45 %, в том числе глинистых, не менее 6 %. Максимальная крупность обломков в таких грунтах не должна превышать 200 мм.

Влажность грунта должна быть близкой к оптимальной (не выше чем  $\pm 2\%$ ). Легко уплотняемые глины с числом пластичности 0.07-0.20 при влажности близкой к границе раскатывания. Глины с числом пластичности более 0.25

плохо уплотняются даже при оптимальной влажности. Допускается к укладке грунты с содержанием водорастворимых солей (не выше 5 %), сульфатных и сульфатно-хлоридных соединений не более 10 %, органических - не более 8 %. Высокое содержание монтмориллонита допускается после детальных исследований.

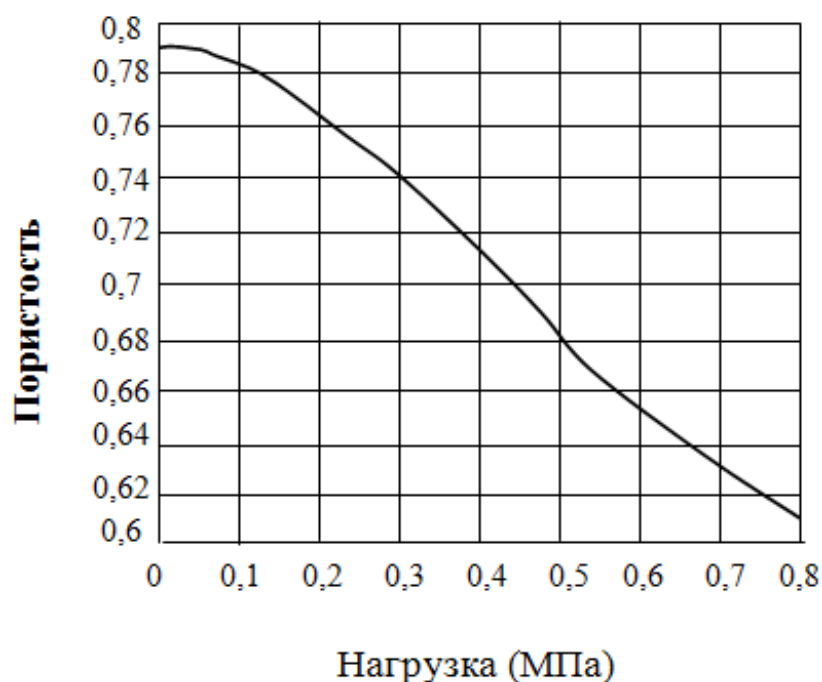


Рис. 11.1 Определение коэффициента пористости

На рис. 11.1 даны примеры обработки данных лабораторных испытаний грунтов для определения коэффициента пористости, модуля деформирования и показателей  $\tan \phi$  и  $C$  грунтов.

Примеры определения коэффициента пористости грунта «е» от вертикальной нагрузки МПа при компрессионных испытаниях. Фракции менее 5 мм.

Таблица №11.18

№ п/п	№ шур фа	Глу- бина отбора, м	№ лаборат пробы	Значение коэффициенты пористости «е» в интервале нагрузок						
				0,0	0,0- 0,10	0,05- 0,10	0,05- 0,20	0,05- 0,40	0,05- 0,60	0,05- 0,08
1.	4	0,6-3,4	628-630	0,791	0,788	0,757	0,703	0,648	0,605	0,574
2.	5	0,6-5,5	631-635	0,747	0,747	0,747	0,744	0,688	0,653	0,621
3.	6	0,6-5,2	636-640	0,700	0,700	0,700	0,673	0,612	0,596	0,545
4.	7	0,7-4,9	641-644	0,755	0,755	0,755	0,748	0,680	0,634	0,606
5.	8	0,5-5,2	645-649	0,750	0,750	0,700	0,675	0,591	0,550	0,522
6.	9	0,7-4,9	650-654	0,773	0,773	0,773	0,773	0,711	0,672	0,640
7.	10	0,5-5,2	655-658	0,789	0,789	0,789	0,785	0,723	0,685	0,657
8.	11	0,5-5,45	659-662	0,856	0,856	0,856	0,815	0,734	0,685	0,661
9.	12	0,5-50	663-665	0,795	0,795	0,791	0,752	0,673	0,623	0,592
10.	13	0,6-5,5	666-669	0,851	0,851	0,851	0,850	0,775	0,720	0,688

11.	14	0,5-5,0	670-673	0,903	0,903	0,903	0,873	0,802	0,761	-
Среднее значения				0,792	0,792	0,784	0,763	0,694	0,653	0,611

Пример определения модуля деформации «Е» по результатам компрессионных испытаний грунта, фракции менее 5 мм. шурф-5

глубина 0.60-5.50

№ опыта 631-635

### Физические характеристики грунта

Таблица № 11.19

Гранулометрический состав, % мм											Пластичность			Уд. вес
>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005	W <sub>T</sub>	W <sub>P</sub>	J	
0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,6	3,6	29,2	14,1	14,7	36,8	51,9	27,7	24,2	2,69

Таблица № 11.20

Объемный вес	Влажность		Объем. вес скелета	Пористость	Коэффициент пористости	Степень влажности
	до опыта	после опыта				
1,90	23,4	27,9	1,54	42,8	0,747	0,84

Давление набухания - P<sub>sw</sub>=1.90, относительное набухание -  $\delta_{sw} = 0.117$ , коэффициент поперечной деформации –  $\mu = 0.25$ , коэффициент сжимаемости

$$a = \frac{e_2 - e_1}{P_2 - P_1}, \beta = 1 - \frac{2\mu}{1-\mu} = 0.833 \text{ модуль деформации } E = \frac{1+e_0}{a} \beta$$

### Данные компрессии

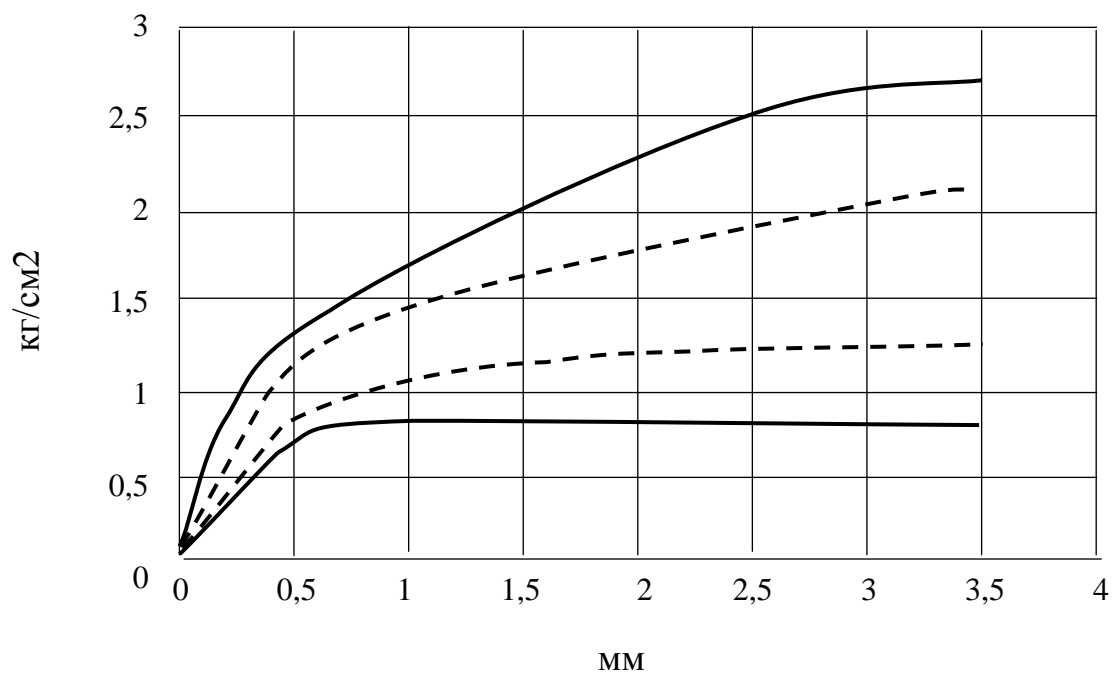
Таблица № 11.21

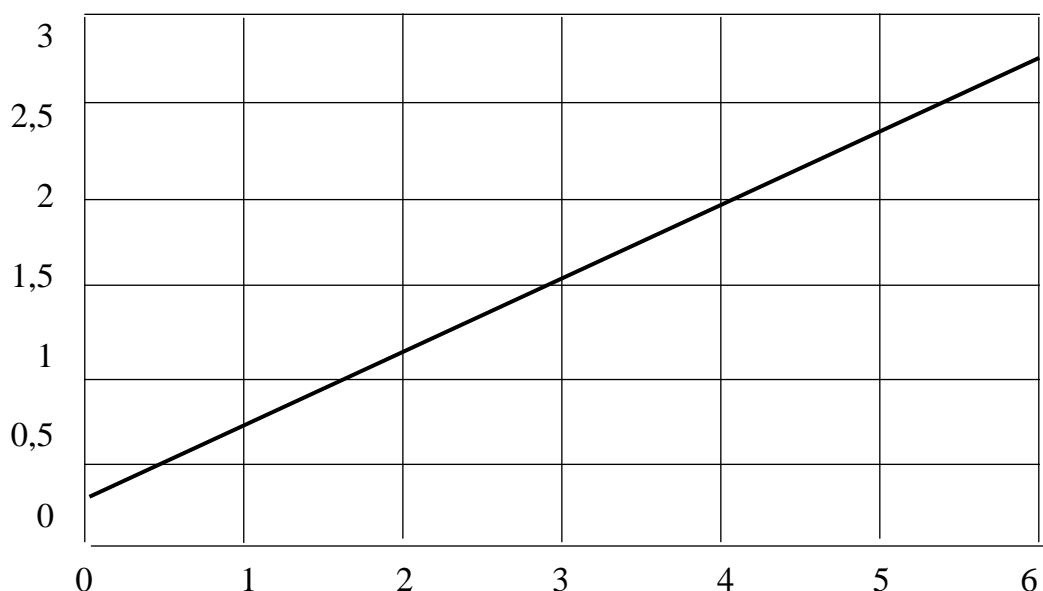
$\sigma, \text{кг/см}^2$	0	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	4,0	2,0	0,5	0
e	0,747	0,747	0,747	0,747	0,744	0,688	0,653	0,621	0,626	0,635	0,651	0,744
$\frac{e_0 - e_1}{\sigma_1 - \sigma_2}$				0	0,003	0,030	0,047	0,063	0,060	0,056	0,048	
a см/км						0,028	0,018	0,016				
E						52,0	80,8	91,0				



Пример определения  $\text{tg } \varphi$  и  $C$ .

Консолидированный дренированный срез грунта с заданной плотностью и влажностью (фракции  $< 5$  мм). скв-2, глубина взятия пробы 7.5-10.0 м, лабораторный опыт №478-481.





Результаты опыта

σ 1 2 3 4 6

$$tg\varphi = \frac{n\sum\sigma_i\tau_i - \sum\tau_i\sum\sigma_i}{n\sum\sigma_i^2 - (\sum\sigma_i)^2} = \frac{4 * 26.9 - 6.6 * 13}{4 * 57 - 13^2} = 0.369$$

τ 0.8 1.2 1.95 2.65

$$c = \frac{\sum\tau_i - tg\varphi * \sum\sigma_i}{n} = \frac{6.6 - 0.369 * 13}{4} = 0.451 \text{ кг/см}^2$$

Определение нормативных и расчетных значений прочностных показателей грунтов.

### Результаты сдвиговых испытаний глинистых грунтов

Таблица № 11.22

№ п/п	№ вы- работ- ки	Глубина отбора, м	№ лабо- раторно- го опыта	Значения τ кг/см <sup>2</sup> при σ кг/см <sup>2</sup>				Показатели	
				1	2	4	6	tgφ	C, кг/см <sup>2</sup>
1.	скв-1	3,0-10,0	458-465	0,6	0,8	1,2	1,5	0,181	0,436
2.		0-3,0	545-457	0,6	0,6	1,2	1,6	0,217	0,295
3.	скв-2	0,6-2,7	467-469	0,9	1,2	1,8	2,9	0,393	0,422
4.		2,7-7,5	470-477	0,8	0,7	1,6	2,1	0,292	0,353
5.		7,5-10,0	478-481	0,8	1,2	1,95	2,65	0,369	0,449
6.	скв-4	3,1-10,5		0,9	0,9	1,2	1,5	0,127	0,712
7.	скв-3	0-2,5	482-484	0,8	1,25	1,9	2,4	0,316	0,560
8.		2,5-7,0	485-488	0,75	0,9	1,4	1,6	0,179	0,581
9.	скв-5	0-4,6	499-502	0,55	0,8	1,2	1,5	0,189	0,398
10.		4,6-10,5	503-506	0,6	1,1	1,7	2,25	0,321	0,369
11.	III-1	0,6-3,5	616-618	0,6	0,8	1,0	1,5	0,171	0,419
12.	III-2	0,75-4,1	619-622	0,6	1,0	1,2	1,6	0,183	0,505
13.	III-3	0,55-5,1	623-627	0,6	0,9	1,2	1,5	0,173	0,488
Средние значения				0,700	0,935	1,427	1,892	0,239	0,460

$$\sum \tau = 64.4, \quad \sum \sigma = 169.0, \quad \sum \tau\sigma = 255.2, \quad \sum \sigma^2 = 741.0, \quad n = 52,$$

$$\bar{\sigma} = 3.25, \quad \sum (\sigma_I - \bar{\sigma})^2 = 191.75$$

Вычисление нормативных и расчетных значений  $\text{tg}\varphi$ ,  $C_n$  и  $\text{tg}\varphi_1$ ,  $C_1$  выполняется в соответствии с [13]

$$\sum (C_n + \sigma_I * \text{tg}\varphi_n - \tau_I)^2 = 4.9708,$$

где

$$\text{tg}\varphi_n = \frac{n \sum \tau\sigma - \sum \tau \sum \sigma}{n \sum \sigma^2 - (\sum \sigma)^2} = \frac{52*255.2 - 64.4*169}{52*741 - 169^2} = 0.239,$$

$$C_n = \frac{\sum \tau - \text{tg}\varphi \sum \sigma}{n} = \frac{64.4 - 0.239*169}{52} = 0.460$$

$$D = \frac{\sigma_{\max} - \bar{\sigma}}{\sqrt{\sum (\sigma_I - \bar{\sigma})^2}} = \frac{6 - 3.25}{\sqrt{\sum 191.75}} = 0.198$$

$$G = \frac{\sigma_{\min} - \bar{\sigma}}{\sqrt{\sum (\sigma_I - \bar{\sigma})^2}} = \frac{1 - 3.25}{\sqrt{\sum 191.75}} = -0.163$$

$$\lambda = \sqrt{0.5 \left[ 1 - \frac{1+nGD}{\sqrt{(1+nG^2)*(1+nD^2)}} \right]} = \sqrt{0.5 \left[ 1 - \frac{1+52*(-0.163)*0.198}{\sqrt{(1+52*(-0.163^2))*(1+52*0.198^2)}} \right]} =$$

$$0.791 \rightarrow V = 2.01$$

$$S_\tau = \sqrt{[1: (n-2) \sum (C_n + \sigma_I \text{tg}\varphi_n - \tau_I)^2]} = \sqrt{1: (52-2) * 4.9708} = 0.315$$

$$\tau_{n \min} = C_n + \sigma_{\min} \text{tg}\varphi_n = 0.460 + 1*0.239 = 0.699$$

$$\tau_{n \max} = C_n + \sigma_{\max} \text{tg}\varphi_n = 0.46 + 6*0.239 = 1.894$$

$$\delta_{\tau \min} = \frac{VS}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + \frac{n(\sigma_{\min} - \bar{\sigma})^2}{\sum (\sigma_I - \bar{\sigma})^2}} = \frac{2.01*0.315}{\sqrt{52}} \sqrt{1 + \frac{52*(1-3.25)^2}{191.75}} = 0.135$$

$$\delta_{\tau \max} = \frac{VS}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + \frac{n(\sigma_{\max} - \bar{\sigma})^2}{\sum (\sigma_I - \bar{\sigma})^2}} = \frac{2.01*0.315}{\sqrt{52}} \sqrt{1 + \frac{52*(6-3.25)^2}{191.75}} = 0.153$$

Коэффициент надежности по грунту равен

$$\gamma_g = \frac{\tau_{n \min} + \tau_{n \max}}{\tau_{n \min} - \delta_{\tau \min} + \tau_{n \max} - \delta_{\tau \max}} = \frac{0.699 + 1.894}{0.699 - 0.135 + 1.894 - 0.153} = 1.125$$

Расчетные значения равны

$$\text{tg}\varphi_1 = \text{tg}\varphi_n / \gamma_g = 0.239 / 1.125 = 0.213$$

$$C_1 = C_n / \gamma_g = 0.460 / 1.125 = 0.409$$

#### 4.4. Систематизация и анализ данных по горным породам.

Горные породы, используемые в качестве строительного камня, оцениваются с учетом многочисленных показателей, определяющих их качество. Для этих целей следует знать: петрографический состав, структурно-тектонические особенности, содержание включений разных пород и минералов,



относящихся к вредным примесям, содержание прослоев глинистых и других «засоряющих» пород, степень выветрелости, плотность, пористость и водопоглощение, предел прочности на сжатие в сухом и водонасыщенном состоянии, содержание слабых пород, морозостойкость, технологические показатели, зерновой состав после взрыва, форма зерен щебня, классификация пород по группам БВР.

Зерновой состав горной массы, получаемый в карьере после взрыва, зависит главным образом от естественной трещиноватости массива. Однако его можно регулировать путем подбора параметров взрыва. Необходимо выполнить опытные взрывы. Для определения зернового состава взорванной породы отбирают пробы объемом не менее 8-10 м.

### Оценка трещиноватости пород по керну (Л.Шаумян)

Таблица № 11.23

№ п/п	Степень трещинова- тости	Модуль трещино- ватости	Высота керна, см	Кол-во раз- дробленного материала, %
1.	Слабо тре- щиноватые	1-5	20	-
2.	Средне тре- щиноватые	5-10	10-20	>10
3.	Сильно трещиноватые	10	<10	10-20
4.	Очень сильно трещиноватые	10	<10	50
5.	Зоны дробления	10	<10	80

Модуль трещиноватости - количество трещин на 1 м линии измерения.

### Классификация скальных пород по выветрелости

Таблица № 11.24

Степень выветрелости	Коэффициент выветрелости $K_{вс}$	Коэффициент трещинной пустотности $K_{тн}$ %
Сильно выветрелые	<0.8	>5
Выветрелые	0.8-0.9	2-5
Слабо выветрелые	0.9-1	1-2
Не выветрелые	1	<1

$K_{вс}$  - отношение объемного веса образца к объемному весу невыветрелого образца того же грунта,

$K_{тн}$  - объем пустот (трещин) в единице объема массива.

Плотность (объемный вес) скального грунта определяется путем замера суммарного веса отсыпанной массы и объема насыпи. Коэффициент остаточного разрыхления вычисляется путем сравнения объемного веса горной массы с объемным весом породы.

4.5. Требование к грунтовым материалам для строительства плотин и приготовления бетона.

4.5.1. Требование к качеству грунтов для плотин не однозначны и зависят от типа плотины, способа производства работ и эффективности проектных решений. В грунтах для отсыпки плотин содержание водорастворимых хлоридных соединений не должно превышать 5 % по массе, количество сульфатных или сульфатно-хлоридных не более 10 %, органических примесей (остатки растений) не более 5 %, полностью разложившихся органических веществ, находящихся в аморфном состоянии - не более 8 %.

К каменным материалам четких требований нет. Требования к прочности камня предъявляются для плотин выше 60 м. Для плотин, возводимых методом направленного взрыва, временное сопротивление пород сжатию плотин высотой до 100 м камень в водонасыщенном состоянии должен иметь прочность 20-30 МПа, при высоте до 400 м осадочные породы 75 МПа, изверженные - 100 МПа. Для наброски используется горная масса, не содержащая комьев глины, почвенного слоя и растительных остатков более 5 %, гипса и других водорастворимых солей более 1 %, тонко плитчатых разновидностей - более 15 %. Для обводненных зон и переменного уровня воды используется камень с коэффициентом размягчения не менее для изверженных и метаморфических пород - 0.9, для осадочных пород - 0.8, к камню, используемому для крепления верхового откоса, предъявляются требования по морозостойкости ( $M_{рз}$  15, 25, 50, 150, 200).

4.5.2 Заполнители для бетона.

В качестве заполнителей для бетона используются песок с фракциями 0.14-5 мм и гравий 5-120 мм с модулем крупности соответственно 1.5-3.5 для песка и 6.5-9.5 для крупного заполнителя. Пески с модулем крупности менее 2 требуют применение поверхностно-активных добавок. Коэффициент вариации модуля крупности не должен превышать 10 %. Пески из карбонатных пород, изверженных пористых, а также искусственные заполнители могут использоваться только после лабораторных исследований. При pH воды менее 6.5 для бетона может использоваться только песок из изверженных пород. Прочность пород заполнителей для бетона должна в 2-3 раза превышать прочность бетона.

### Пример определения модуля крупности песка и гравия

Таблица № 11.25

Размеры отверстий сит мм	Частные остатки на ситах		Полные остатки на ситах %	
	г	%	песок	гравий

120	-	-	-	-
80	1000	10		10
40	1340	13		23
20	4000	40		63
10	2660	27		90
5	580	6		96
2,5	212	21	21	117
1,2	94	9	30	126
0,6	187	19	49	145
0,3	435	44	93	189
0,14	43	4	97	-
<0,14	29	3	-	-
Сумма песка	1000	100	290	-
Сумма гравия	10,000	100		772
Всего	11000			

Модуль крупности песка  $M_p = 290/100 = 2.9$  гравия  $M_g = 772/100 = 7.7$

### Допустимое содержание вредных примесей в заполнителях для бетона

Таблица № 11.26

Примеси	Зона переменного уровня воды	Подводная и внутренняя зона	Надводная зона
Содержание пылеватых и глинистых частиц не должно превышать % по массе	2(1.0)	5(1.0)	5 (2,0)
Глина в комках	Не допускается		
Органические примеси определяются колориметрическим методом	Окраска раствора не темнее эталона. При окраске темнее эталона пригодность песка определяется специальными исследованиями в бетоне.		
Серно-кислые и сернистые соединения в пересчете на SO в % по массе	1 (0.5)	1 (0.5)	1 (0.5)
Слюда, в % по массе	1	3	2
Аморфные разновидности двуокиси кремния	При испытании по ГОСТ 8735-88 не более 50 ммоль/л		
Опал, опало содержащие породы и потенциально реакционно-способные минералы	(Не допускаются без специальной проверки)		

Примечание:

- во время изысканий петрографическими, химическими или другими методами необходимо тщательно изучать песок для определения содержания в нем аморфного кремнезема и его модификаций, потенциально способных вступать в реакцию со щелочами цемента;
- в скобках требования, предъявляемые к крупным заполнителям.

**Требования к показателям физических и механических свойств крупного заполнителя для бетона**

Таблица № 11.28

Показатели	Зона переменного уровня	Все остальные зоны
Марка щебня по прочности не ниже:		
для осадочных пород	800	600
для изверженных пород	1000	800
Марка по дробимости (в цилиндре)	Др.8	Др. 12
Прочность зерен не ниже	2,5 г/см <sup>3</sup>	2,3 г/см <sup>3</sup>
Водопоглощение щебня не ниже		
для изверженных и метаморфических	0,5 %	0,8%
для осадочных	1,0%	2,0%
Зерен слабых пород в щебне и гравии не должно превышать	5%	10%
Зерен лещадной и игольчатой формы (при отношении линейных размеров >3)	35%	35%

## **К ГЛАВЕ XI. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА**

### **1. Вопросы обеспечения качественными строительными материалами.**

До начала строительных работ Подрядчик обязан выполнить контрольную разведку и опробование месторождений строительных материалов и определить их соответствие проектным данным. В соответствии с принятой в ППР схемой разработки карьера, уточнить гранулометрический состав грунтов, решить вопрос с необходимостью устройства промежуточного склада для повышения однородности материалов и доведения их до требуемой влажности, а также для обеспечения требуемого гранулометрического состава грунтов.

### **2. Оперативный контроль укладки грунтов и бетона [53,54].**

Существующие методы контроля качества укладки грунтов и бетона при возведении ГТС не всегда обеспечивают полный и своевременный контроль технологии производства работ. Из-за неоднородности материалов месторождений максимальная плотность грунтов, укладываемых в ГТС, может иметь разброс численных значений достигающих 10 % и более. Время, которое требуется лаборатории для определения контролируемых характеристик грунтов, может достигать нескольких рабочих смен, что приводит к снижению темпов производства и качеству работ.

При производстве бетонных работ отбор и изготовление контрольных образцов бетона производится, как правило, у бетонного завода, хранение образцов осуществляется в лабораторных условиях. Влияние на качество бетона условий транспортировки и укладки бетонной смеси, а также температурных и влажностных условий в период набора прочности, результаты лабораторных испытаний учесть не могут. Поэтому, помимо стандартных методов контроля качества, при возведении крупных ГТС, имеющих большие объемы, достаточно оснащенные лаборатории и штат квалифицированных специалистов, разрабатываются оперативные методы контроля качества работ. Из-за большого разнообразия свойств строительных материалов оперативные методы контроля не могут быть универсальными и должны проходить апробацию применительно к условиям каждой отдельно взятой стройки. Оперативные методы контроля не исключают использование нормативных методов и должны применяться одновременно с ними.

Примеры оперативных, методов контроля качества укладки грунтов и бетона даны ниже за подразделом 7.

### **3. Исполнительная документация по строительно-монтажным работам.**

3.1. В период производства СМР подрядчик обязан вести исполнительную документацию по всем видам работ. В ее основу должны быть положены рабочие чертежи, приведенные на них планы, профили и сечения отдельных элементов ГТС. На исполнительных чертежах необходимо показать проектное и фактическое планово-высотное положение выполненных элементов конструкций, определить фактически выполненные объемы работ. Скрываемые части конструкций освидетельствуются комиссией заказчика и подрядчика с оформлением актов выполненных работ.

3.2. По мере вскрытия котлована ГТС до проектных отметок, составляется геологическая документация основания, на которой показывается литология, тектонические нарушения, места отбора проб для определения физико-механических и фильтрационных свойств грунтов в условиях естественного залегания.

3.3. После вскрытия котлована до проектных отметок выполняется комплекс подготовительных работ. К таким работам относятся:

- устройство слоя подготовки из бетона или другого материала;
- установка анкеров в основание, монтаж арматуры и укладка бетона в плиту для работ по цементации или устройства для этих целей специальной галереи;
- выполнение работ по цементации и конструкциям дренажа в основании;
- закладка в основание КИА.

По каждому виду перечисленных работ составляется отдельная исполнительная документация.

3.4. Каждый установленный в основание анкер должен иметь планово-высотную геодезическую привязку. По нормам, установленным техническими условиями тендерной документации, выполняются приемочные испытания несущей способности анкеров. Результаты испытаний оформляются актами.

3.5. После монтажа арматуры для каждого отдельного бетонного блока, составляется документация, в которой отражается расположение стержней арматуры в плане и по высоте блока, диаметры и класс, детали соединений, проводится испытания сварных швов, объемы работ.

3.6. Исполнительной документацией для бетонных работ является паспорт блока, форма и содержание которого устанавливает заказчик. В паспорт заносятся сведения о размерах блока, его объеме, высоте укладываемых слоев, дата и время начала и окончание бетонирования, проектные характеристики бетона (марка, рабочий состав, осадка конуса), дата изготовления контрольных образцов бетона, их число, маркировка, сроки и результаты испытаний образцов, температура наружного воздуха во время бетонирования и бетонной смеси при укладке, тип опалубки и дата ее снятия с конструкции, типы и количество вибраторов. Если на поверхности блока после укладки бетона появляются трещины, они должны быть нанесены на схему блока, прилагаемой к паспорту.

Результаты испытания образцов бетона подрядчик представляет заказчику в виде ежеквартальных и итогового годового отчетов.

3.7. В состав исполнительной документации по цементационным работам входят:

- полевой журнал;
- журнал цементации с включением результатов гидравлического опробования скважин;
- акты с результатами цементации контрольных скважин;
- схема расположения скважин и их номера;
- акт на ликвидацию скважин.

Полевой журнал, журнал цементации и акт на цементацию контрольных скважин составляется подрядчиком в процессе производства работ, а схема расположения скважин после окончания работ на участке. Акт на ликвидацию скважин составляется специально назначенной комиссией. В полевом журнале отмечаются все детали производственного процесса в хронологическом порядке с указанием времени суток и даты работ, а также любые замечания, наблюдения и все непредвиденные обстоятельства, имеющие место в ходе выполнения работ.

По результатам бурения скважин предоставляется следующая информация:

- номер скважины и планово-высотное положение ее устья;
- ход выполнения буровых работ, используемое оборудование, диаметр скважины и обсадных труб, начало и конец работ;
- результаты наблюдений за циркуляцией бурового промывочного раствора, горизонты воды в скважине в начале и конце каждой рабочей смены, а также статический уровень грунтовых вод при длительных перерывах в ходе бурения;
- глубина отбора керна и процент его выхода (для скважин с отбором керна).

В журналы цементации заносится следующая информация:

- номер и местоположение скважины, отметки верха и низа зоны нагнетания;
- результаты гидравлического опробования: интервалов нагнетаний, давления нагнетания и результирующие расходы;
- состав цементного раствора, включая добавки инертного заполнителя;
- величина В/Ц и давления нагнетания, продолжительность нагнетания и объем поглощенного раствора;
- описание промывочных операций, случаи сообщения с другими скважинами, причины перерывов в ходе цементации;
- данные о тампонаже скважин.

3.8. При отсыпке грунтов в насыпи выполняется геодезическая съемка профилей и поперечников по сооружению с определением объемов работ по каждому виду отсыпаемого грунта и указанием мест отбора проб грунта для лабораторных испытаний. Количество отбираемых проб грунта и видов испытаний зависит от методов контроля принятых на стройке. В обязательном порядке должны определяться гранулометрический состав грунтов, плотность, влажность и пластичность (для глинистых грунтов), пористость, прочностные показатели ( $\text{tg } \varphi$  и  $C$ ), коэффициент уплотнения. Результаты испытания грунтов передаются заказчику в виде ежеквартальных и итогового годового отчетов.

3.9. Исполнительная документация на монтаж закладной КИА и ее коммуникаций может включаться в исполнительные чертежи отсыпаемых слоев грунта или блоков бетонирования возводимых сооружений. Такие приборы как геодезические реперы, марки и знаки, а также пьезометры устанавливаются после возведения ГТС. Их местоположение показывается на общем плане ГТС, на профиле и сечениях.

#### **4. Проведение исследований в период строительства.**

##### **4.1. Наблюдения за гидрологическим режимом реки и климатом.**

В период строительства не должны прекращаться наблюдения за гидрологическим режимом реки и климатом. На месте временных гидропостов наблюдения, установленных в период разработки проекта, должны быть построены постоянные, в соответствии с выданными рабочими чертежами, и на площадке расположения ГТС сооружена местная метеостанция. Организация наблюдений входит в обязанность заказчика.

##### **4.2. Натурные наблюдения за состоянием ГТС.**

В период строительства наблюдения, с использованием средств КИА начинаются сразу после установки первых закладных приборов. На ГТС, возводимых из бетона, наблюдения ведутся за температурным и термо-напряженным состоянием бетона, на ГТС, возводимых из грунтов, - за осадками элементов насыпи и режимом грунтовых вод в створе сооружения и его бортовых примыканиях. Программа проведения наблюдений в период строительства должна быть представлена проектировщиком в составе пояснительной записке к рабочим чертежам.

##### **4.3. Опытные и экспериментальные работы в период строительства.**

До начала работ по возведению грунтовых сооружений подрядчик обязан провести необходимые опытные и экспериментальные работы по организации промежуточных складов хранения материалов, устройству опытных насыпей, отработки оперативных методов контроля качества грунтов. При проведении этих работ проходят испытания все виды строительной техники, которую подрядчик должен использовать при возведении ГТС.

Работы по цементации грунтов основания так же должны начинаться с проведения опытных работ на отдельных участках завесы или площадной цементации. В период этих работ подбираются составы растворов и добавок к ним, уточняются требования к материалам, проходят апробацию оборудование, растворные узлы и система коммуникаций.

Отчеты по этим работам передаются заказчику на согласование.

##### **4.4. Дополнительный контроль качества работ.**

Когда в период строительства ГТС возникают сомнения в качестве работ, по требованию заказчика проводятся дополнительные исследования с использованием геофизических методов или выполнения специальных выработок, либо оба вида работ одновременно. Для грунтовых сооружений используются методы электроразведки, производят проходку шурфов и скважин. Для бетонных сооружений - ультразвуковые методы и бурение скважин с отбором керна.



Качество работ по цементации проверяется закладкой контрольных скважин.

## **5. Пуско-наладочные работы.**

Работы по монтажу основного технологического оборудования и проведению его контрольных испытаний проводятся, как правило, специалистами завода «поставщика» по контракту с заказчиком. Целью этих работ является соблюдение всех, требований завода изготовителя оборудования, предъявляемых к монтажным работам, устранение мелких дефектов оборудования, обнаруженных при монтаже, устранение вибрации при работе оборудования, уточнение правил его эксплуатации и получение подтверждения того, что при работе оборудования на всех режимах обеспечиваются требуемые технические показатели.

## **6. Авторский (технический) надзор в период строительства.**

Для контроля качества СМР заказчик может привлекать для осуществления авторского надзора специалистов проектной организации, участвующих в разработке проекта, а также отдельных специалистов для осуществления технического надзора. Надзор может быть постоянным с ежедневным пребыванием специалистов на стройке, так и эпизодическим по вызову заказчика. Специалисты, ведущие надзор, ведут журнал наблюдений, в котором отмечаются все обнаруженные дефекты и дают рекомендации по их устранению. Журналы авторского (технического) надзора входят в состав обязательных документов при сдаче ГТС в эксплуатацию.

## **7. Отчет о строительстве ГТС.**

По завершению строительства, подрядчик обязан передать заказчику отчет о строительстве ГТС. В этот отчет включается вся исполнительная документация, составленная в период строительства, отчеты по опытным и экспериментальным работам, результаты лабораторных испытаний грунтов и строительных материалов, с распределением по отдельным зонам и элементам ГТС, журналы технического надзора и отметками об исправлении обнаруженных дефектов, а также подробное итоговое заключение о качестве выполненных работ по ГТС в целом.

По материалам отчета заказчик должен привлечь проектировщика для уточнения расчетов, выполненных по ГТС на стадии рабочих чертежей, уточнения состава контролируемых показателей и величины их предельно-допустимых значений, а так же корректировки декларации безопасности ГТС. Ввод ГТС в эксплуатацию возможен только после рассмотрения и утверждения этой декларации исполнительными органами, осуществляющими контроль безопасности ГТС.

## ОПЕРАТИВНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УКЛАДКИ ГРУНТОВ И БЕТОНА

Послойная укладка глинистых грунтов [36 ].

Оперативный метод контроля качества укладки глинистых грунтов в противофильтрационные элементы ГТС основан на оценке плотности мелкозема (грунта с содержанием частиц менее 5 мм). Из уплотняемого слоя отбирается монолит массой до 1 кг и по стандартной методике определяется его плотность ( $\rho$ ). Затем монолит разрушается, высушивается при повышенной температуре (до 200°) и определяется влажность ( $W$ ) грунта в монолите. Высушенный и измельченный грунт просеивается через сито с диаметром отверстий 5 мм и устанавливается содержание частиц менее 5 мм ( $m_{<5}$ ). Влажность включений крупнее 5 мм ( $m_{>5}$ ) устанавливается заранее путем выборочных определений на стадии изысканий с обязательным периодическим контролем и уплотнением в период строительства. Влажность мелкозема определяется из выражения

$$W_{<5} = \frac{W - W_{>5}(1 - m_{<5})}{m_{<5}}$$

Установление влажности мелкозема ( $W_{<5}$ ) необходимо для контроля влажности укладываемого грунта

$$A * W_{opt} \leq W \leq B * W_{opt}$$

где  $W_{opt}$ - оптимальная влажность по Проктору. А и В соответственно нижний и верхний допускаемые пределы отклонения влажности укладываемого грунта при проектном коэффициенте уплотнения –  $K_{com}$

Плотность скелета монолита и мелкозернистой части грунта определяются по формулам:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W}, \quad \rho_{d<5} = \frac{\rho_d * \rho_{d<5} * m_{<5}}{\rho_{d<5} - \rho_d (1 + m_{<5})}$$

где  $\rho$  - плотность монолита в целом;  $\rho_d$  - плотность скелета фракций крупнее 5 мм;  $m_{<5}$  - содержание мелкозема в монолите;  $\rho_{d<5}$  - плотность скелета мелкозема;  $W$  - влажность монолита.

Для определения качества уплотнения грунта в слое из грунта разрушенного монолита отбирается проба для установления предела пластичности ( $W_L$ ), после чего рассчитывается параметр Проктора по уравнению:

$$\rho_{d \max} = 1.44 + 0.88 \ln \frac{\rho_s}{1+e_L}, \text{ где}$$

$\frac{\rho_s}{1+e_L}$  - плотность скелета грунта при влажности  $W_L$

$e_L = (\rho_s * W_L) / \rho_w$  - коэффициент пористости грунта при влажности на границе текучести, где:

$\rho_w$  - плотность воды;

$W_L$  — влажность на границе текучести

$$W_{opt} = 11.83 \cdot \ln(e_{opt} \cdot W_L) + 37.07;$$

$(e_{opt} \cdot W_L)$  - квалификационный показатель грунта, представляющий собой комбинацию физических характеристик.

$$e_{opt} = \frac{\rho_s - \rho_{d\max}}{\rho_{d\max}} \text{ коэффициент пористости максимально уплотненного}$$

грунта. Здесь:

$\rho_s$  - плотность частиц грунта (удельная);

$\rho_{d\max}$  - максимальная плотность сухого грунта.

$W_L$  - влажность на границе текучести.

$K_{com\ i}$  - коэффициент достигнутого уплотнения грунта в слое

$$K_{com\ i} = \frac{\rho_{d<5}}{\rho_{d\max}} \geq K_{com} \quad \text{по проекту.}$$

Таким образом коэффициент уплотнения устанавливается для каждого образца (пробы) с учетом его индивидуальных особенностей по гранулометрическому составу, глинистости, а не по отношению к средним показателям по карьере. При не выполнении вышеуказанных условий назначаются необходимые мероприятия, обеспечивающие проектные требования по уплотнению.

По установленным значениям  $\rho_{d<5}$ ,  $m_{<5}$ ,  $W_L$ , вычисляются показатели прочности ( $\text{tg } \varphi$ ,  $C$ ) и коэффициент фильтрации для каждой пробы и в среднем по слою.

$$\text{tg } \varphi = 0.231 - 0.33 \ln(e/e_i), \quad C = 21.63 - 40.39 \ln(e/e_i) \text{ кПа, где}$$

$$e - \text{коэффициент пористости } e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$$

$$e_i = \frac{\rho_s \cdot W_L}{\rho_w} - \text{коэффициент пористости, соответствующий влажности}$$

$W_L$  - верхнему пределу пластичности,  $\rho_w$  - плотность воды.

$e/e_i$  - квалификационный показатель, отражающий состояние глинистого грунта (по прочности) после уплотнения в слое (при  $K_{com} = 96-103\%$   $I_L \leq 0$  глинистость грунта  $W_L = 32-61\%$ ) коэффициент фильтрации  $K_\varphi = 0.574$

$$\left[ \frac{e}{m_{<5} \cdot W_L} \right]^{3.22} \cdot 10^{-7} \text{ см/с, } e - \text{коэффициент пористости уплотненного слоя}$$

грунта,  $m_{<5}$  — содержание в пробе грунта частиц размером менее 5 мм (относительно единицы),  $W_L$  - верхний предел пластичности (относительно единицы).

Данный метод контроля позволяет оценить значения характеристик грунта, поданного на технологические карты и его уплотнение в слое.

#### Послойная укладка горной массы.

Максимальная плотность сухого грунта определяется по формуле:

$$\rho_{dmax} = \frac{\rho_s}{1+e_{min}}, \text{ где}$$

$\rho_s$  плотность частиц грунта (удельная);

$e_{min}$  - минимальный коэффициент пористости конкретного состава

$$e_{min} = \frac{e_{0\ min}}{\sqrt[6]{K_{60/10}}}$$

$e_{0\ min} = 0.35$  минимальное возможное значение коэффициента пористости для однородного грунта с  $K_{60/10} = 1$ .  $K_{60/10}$  - коэффициент однородности грунта.

Согласно [36] максимальная плотность сухого грунта устанавливается по графику, используя расчетные значения минимальной плотности

$$\rho_{d\ min} = \frac{A \cdot \rho_s}{2.65(P\sqrt{K})^{0.05}}, \text{ где}$$

A-коэффициент, характеризующий материал (A=2.28 - гравийно-галечниковый грунт, A=1.86 - горная масса).

$K = \frac{d_1 - d_2}{P - \lg(d_1/d_2)} * \sum \left( \frac{P_i}{d_{2i} - d_{1i}} \right) \lg \left( \frac{d_{2i}}{d_{1i}} \right)$  - коэффициент характеризующий гранулометрический состав;  $d_2$  и  $d_1$  - максимальные и минимальные расчетные диаметры частиц; P - процентное содержание частиц в диапазоне  $d_1 - d_2$ ;  $P_i$ ,  $d_{1i}$ ,  $d_{2i}$  - процентное содержание и диаметр частиц грунта в отдельных интервалах при разбивке гранулометрического состава на «n» участков

$$P_{dmax} = 1 - 794 + 0.125 \ln [(1-n) k \rho_s], \text{ где}$$

(1-n) - объем частиц в единице объема грунта;

$n = (0.45 - 0.1 \lg K_{60/10})$  - пористость грунта по формуле [52];

$k = (1 + 0.05 K_{60/10})$  - коэффициент неравномерности раскладки грунта в уложенном слое.

$\rho_s$  - плотность частиц камня (удельная).

Процесс контроля состоит из двух этапов:

- определение  $\rho_{di}$

В соответствии с нормами [52] методом шурфа определяется плотность уложенного грунта ( $\rho$ ). Затем для вынутой из шурфа пробы устанавливается

гранулометрический состав, в том числе ситовой анализ и определение влажности по формуле:

$$W = W_{<20} * m_{<20} + W_{>20}(1 - m_{<20}), \text{ где}$$

$m_{<20}$  - содержание фракций менее 20 мм, относительно единицы;

$W_{<20}$  - влажность фракций менее 20 мм в % (проба из шурфа весом 1 -3 кг);

$W_{>20}$  - влажность фракций крупнее 20 мм в % (устанавливается лабораторно заранее).

Искомое значение плотности скелета уложенного грунта определяется по формуле:

$$\rho_{di} = \frac{\rho}{1 + W}$$

- оценка качества уплотнения.

Используя полученные характеристики грунта слоя, определяют максимальную плотность скелета грунта ( $\rho_{dmax}$ ) конкретного гранулометрического состава пробы. Оценку качества уплотнения выполняют по формуле:  $K_{com} = \rho_{di} / \rho_{dmax} \geq K_{com \text{ прокта}}$

При выполнении этого условия результаты уплотнения горной массы признаются удовлетворительными. В противном случае требуется дополнительное уплотнение.

Прочность уложенной горной массы определяется по формуле:

$$\text{tg}\varphi \geq 0.684 + 0.049 \ln K_{60/10}, \text{ при } K_{com} > 0.96$$

$$R_c = 4587(n * P_{CaCO_3}) - 0.781 \text{ кПа.}$$

$R_c$  - предел прочности породы на одноосное сжатие.

$n = 1 - \rho_d / \rho_s$  - пористость относительно единицы.

$\rho_d$  - плотность скелета.

$\rho_s$  - плотность частиц.

$P_{CaCO_3}$  - содержание  $CaCO_3$  относительно единицы.

Укладка бетона в массивные сооружения. [37].

Нормативные методы контроля прочности бетона ГТС основаны на механических испытаниях стандартных образцов. Такие методы дают приближенные результаты с фактической прочностью бетона из-за различий в условиях укладки, уплотнения и выдерживания бетона в образцах и в сооружении, а также из-за малого объема выборки. Наиболее распространенные ультразвуковые импульсные методы при испытании массивных конструкций, имеющих большие поперечные размеры, искажают показатель однородности бетона. Целесообразно использовать для контроля качества бетона поверхности строительных блоков. Однако их поверхность доступна для испытаний только в ранний период твердения, когда на показатели прочности

бетона оказывают большое влияние температурный режим, возраст, внешняя среда и другие факторы.

Параллельные испытания образцов бетона в лаборатории методом сквозного прозвучивания и поверхности строительных блоков бетонных сооружений методом поверхностного профилирования по схеме встречных годографов с использованием ультразвуковых приборов позволили установить зависимости прочности бетона от величины скорости ультразвука  $R=f(V_p)$  и влияния различных производственных факторов на величину скорости ультразвука.

Параметры технологии по блокам в период исследований изменялись в следующих диапазонах:

- бетонная смесь приготавливалась на портландцементе марки 300 с удельным расходом 220-260 кг/м<sup>3</sup>;
- коэффициент вариации прочности бетона на сжатие в возрасте одного месяца 0.07-0.20;
- бетонная смесь укладывалась в один слой высотой 0.3-1.25 м;
- интенсивность подачи бетонной смеси в блоки составляла 7-26 м<sup>3</sup>/ч;
- температура бетонной смеси при укладке колебалась в пределах 9-23<sup>0</sup>С;
- максимальный разогрев бетона от экзотермии 3-41<sup>0</sup>С;
- продолжительность перерывов между бетонированием смежных по высоте блоков 2-369 суток;
- снятие цементной пленки с поверхности свежееуложенного бетона и уход за ним осуществлялись с использованием струи воды. Начало работ через 6 часов после завершения уплотнения бетонной смеси.

$$V_p = k_1 V_0 + [1.15 - 0.6 * \lg(t_M * \sqrt{\lg \tau_p})] * \lg \tau_p, \text{ при } \tau_p = 180 \text{сут}$$

$$V_p = k_1 V_0 - 1.353 \lg t_M + 0.562 \text{ км/с.}$$

$$K_1 = 1.32 + 0.25 \lg t_M - 0.15 V_0,$$

$$V_0 = V_\tau - [1.15 - 0.6 * \lg(t_M * \sqrt{\lg \tau})] * \lg \tau,$$

$$t_M = 1.17 t_n + \left(4 - \frac{4}{h}\right) + 0.23(t_0 - t_n) + [1.34 + 0.11(t_{6c} - t_n)]^2,$$

$$V_\tau = k_2 V_i, \quad k_2 = 0.7 + \frac{1.55}{V_i} + \frac{(\lg t_M - \lg t_n)(1 - 0.61 \lg \tau)}{V_i},$$

где  $V_p$  - расчетная скорость ультразвука (км/с), позволяющая производить оценку прочности бетона по зависимости скорость-прочность;  $V_0$  - скорость ультразвука в конце первых суток твердения бетона;  $V_i$  - скорость, измеренная методом встречных годографов в возрасте  $\tau$ ;  $V_\tau$  - скорость, измеренная методом сквозного прозвучивания в возрасте  $\tau$ ;  $t_M$  - расчетная (максимальная) средняя объемная температура твердения бетона строительного блока, в градусах;  $t_n$  температура бетона в поверхностном слое строительного блока, в градусах. Она зависит от среднесуточной температуры наружного воздуха ( $t_b$ ).

- для сухой поверхности  $t_n = 3.0 + 1.1 t_b$ ,

- при увлажненной поверхности  $t_n = 6.3 + 0.7 t$ ,

- при наличии на поверхности слоя воды  $t_n = 8.0 + t_b$

$t_0$  - средняя объемная температура нижележащего блока, в градусах.

$t_{6c}$  - температура бетонной смеси, в градусах.

$k_1$  - коэффициент, учитывающий нестандартные условия твердения бетона.

$k_2$  - коэффициент перехода от скорости ультразвука в поверхностном слое к средней по высоте блока.

При поверхностных методах прозвучивания для оценки прочности бетона используется средняя скорость ультразвука по высоте блока, что приводит к искажению показателей его однородности. Кроме того, с увеличением возраста показатели однородности изменяются. Для учета этих изменений вводятся поправочные коэффициенты.

$$K_c = \left( 7.29 + \frac{0.157}{C_2} - 1.834V_\tau \right) * \frac{\tau}{0.96\tau + 1.57},$$

$$K_p = \left( 7.68 + \frac{0.131}{C_2} - 1.943V_\tau \right) * \frac{\tau}{0.96\tau + 1.78},$$

где  $K_1$  и  $K_2$  - поправочные коэффициенты для показателей однородности бетона на сжатие и растяжение.  $C_1$  и  $C_2$  - показатели однородности бетона, полученные по результатам испытаний методом встречных годографов.

Примечание: поправочные коэффициенты к однородности бетона ( $K_1$  и  $K_2$ ) получены по результатам испытания образцов бетона, изготовленных из кернов, выбуренных из ГТС или опытных блоков.

Модуль деформации бетона принимается по зависимости  $E=f(R_c)$ , приведенной в [53].

## ЗАДАЧИ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

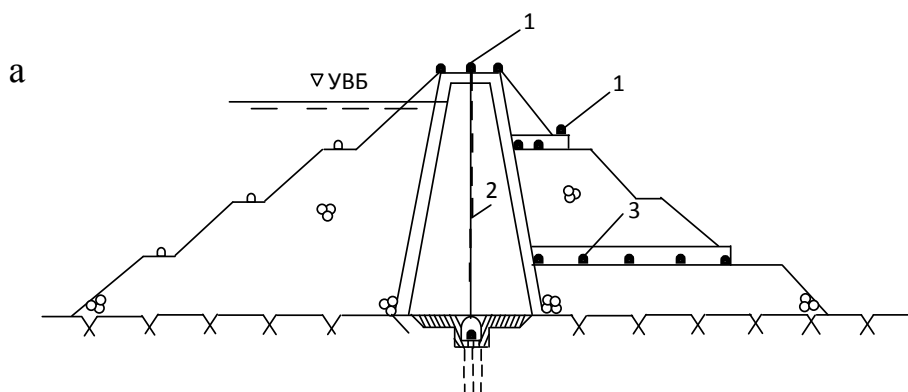
### 1. Натурные наблюдения за состоянием гидротехнических сооружений и их основаниями [58,59, 60].

На всех без исключения потенциально опасных ГТС должны выполняться ниже приведенные работы.

1.1. Наблюдения за вертикальными осадками и горизонтальными перемещениями.

Возведение ГТС связано с ростом дополнительных нагрузок на основание от собственного веса ГТС и давления воды, что приводит к возникновению деформации. Результаты наблюдения на плотинах подразделяются на текущие и полные осмотры. Текущие осмотры выполняются службой эксплуатации гидроузла, полные осмотры проводятся на комиссионной основе. При организации визуальных наблюдений следует обращать особое внимание на выявление трещин, осадок и просадок грунта на гребне, в зонах бортовых примыканий, признаки появления трещин, закола, являющихся предшественниками возможного оползня откосов плотины, рост фильтрационных расходов в дренажах, появление признаков выноса материала заполнителя трещин в дренажную систему бортовых примыканий, появление очагов высачивания в зоне контакта плотины с бортами каньона (при возведении плотин на скальных основаниях горной местности) или с берегами речной долины (при возведении плотин на не скальном основании). Если крепление откосов плотины со стороны верхнего бьефа выполнено с помощью бетонных (железобетонных) плит, то особое внимание уделяется состоянию бетона плит крепления, а также дефектам температурно-осадочных швов между плитами, выноса грунта из-под плит, их просадкам и вспучиванию.

Наблюдения за осадкой и смещениями гребня плотины начинаются в период строительства и продолжаются в период эксплуатации. Принципиальная схема размещения геодезических марок на грунтовых плотинах приведена на Рисунке 13.1.





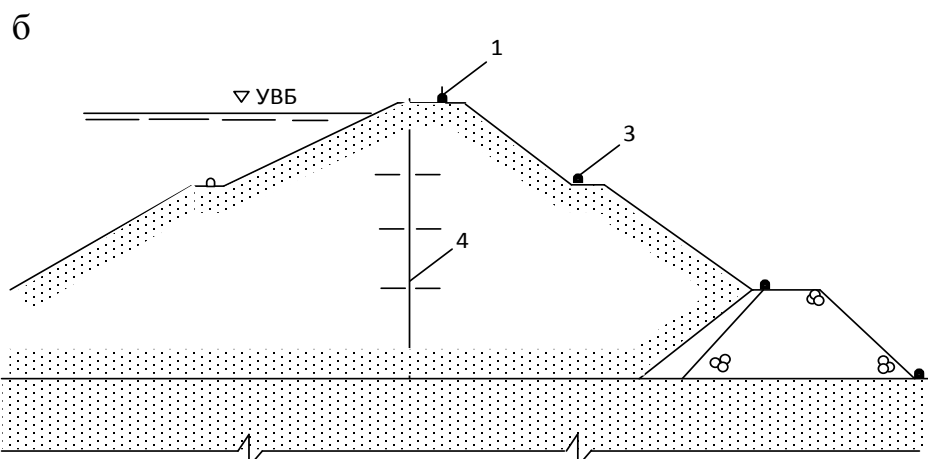


Рис. 13.1 Принципиальные схемы размещения геодезических марок на грунтовых плотинах:

а - каменная набросная плотина с ядром; б - однородная плотина; 1 - планово-высотная марка; 2 - система деформометров (типа ПЛПС-320); 3 - поверхностная марка; 4 - глубинная многоярусная марка

Грунты земляных плотин и дамб под действием нагрузок в процессе их возведения и эксплуатации также уплотняются, что приводит к снижению их высоты (осадка) и создает угрозу перелива воды через гребень. В этой связи, целью натурных наблюдений за грунтовыми сооружениями и их основаниями является установление их фактического состояния и определение его соответствия проектным прогнозам и критериям надежности и безопасной работы системы «плотина-основание».

Осадка плотины складывается из осадки подошвы плотины, которая определяется уплотнением грунтов основания под действием веса возводимой плотины и осадки тела самой плотины, происходящей под действием собственного веса грунта. Осадки основания определяются деформационными характеристиками грунтов, залегающих под подошвой плотины. При строительстве плотин на скальных грунтах эти осадки незначительны и могут не приниматься в расчет при вычислении осадок плотин. Осадка тела плотины под действием собственного веса определяется плотностью укладываемых грунтов. Кроме осадок могут фиксироваться и плановые смещения точек плотины, как в направлении потока, так и вдоль оси плотины. Кроме веса плотины, на осадку и плановые смещения, оказывает влияние и гидростатическая нагрузка со стороны водохранилища. Наблюдения за осадкой и плановыми смещениями точек плотины проводятся на плотинах I и II класса, на плотинах III и IV классов – только за осадкой. При строительстве плотин на сильно сжимаемых основаниях производятся наблюдения за послойной осадкой оснований.

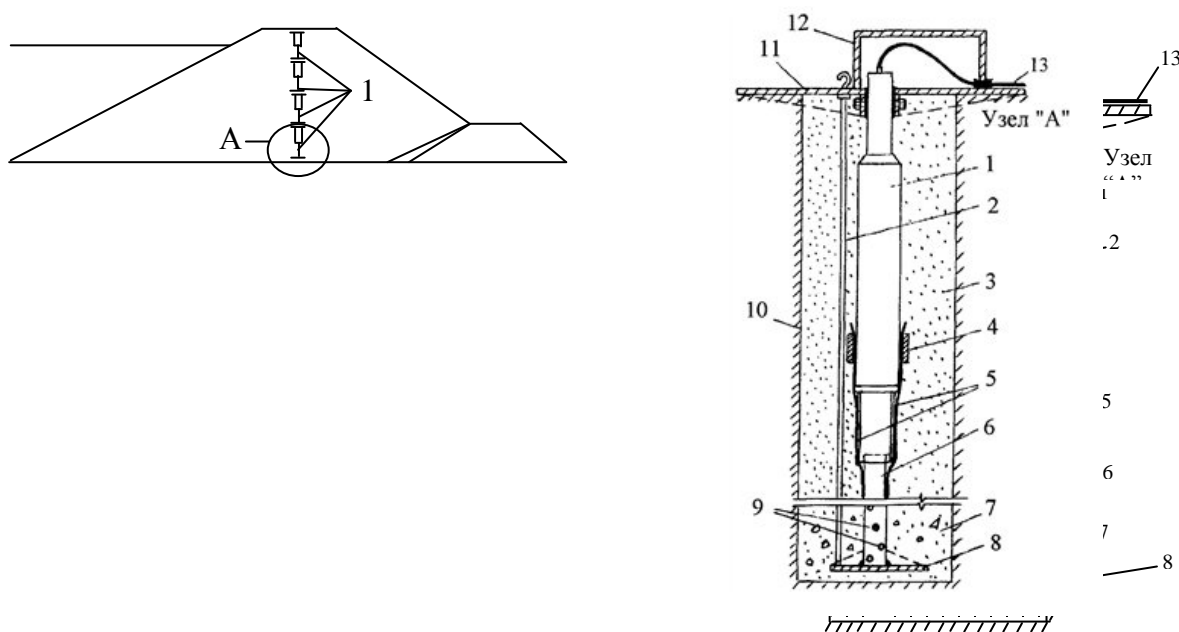


Рис. 13.2 Устройство для измерений послойных осадок грунтовой плотины:

1 - преобразователь линейных перемещений типа ПЛПС-320 (160); 2 - шаблон установочный; 3 - мелкозернистый грунт; 4 - муфта; 5 – обертка из стеклоткани и полимерной пленки по смазке; 6 - удлинительная труба; 7 -якорь; 8 - пластина анкерная нижняя; 9 - перфорация; 10 - скважина Ø не менее 200 мм; 11 - пластина анкерная верхняя; 12 - крышка защитная; 13 - электрокабель

Очень важно вести наблюдения за осадками тел грунтовых ГТС в строительный период, чтобы откорректировать строительную высоту ГТС, назначенную в проекте. Под действием давления наносов и гидростатического давления воды, кроме вертикальных деформаций, ГТС получают горизонтальные смещения. На Рисунке 13.3 приведена схема размещения временных высотных марок для контроля просадки.

У грунтовых сооружений основания, как правило, неподвижны, а наибольшие смещения имеет гребень. Бетонные сооружения работают на сдвиг, поэтому у них наблюдаются перемещения не только гребня, но и подошвы, а также наклоны и повороты отдельных секций, раскрытие швов и трещин.

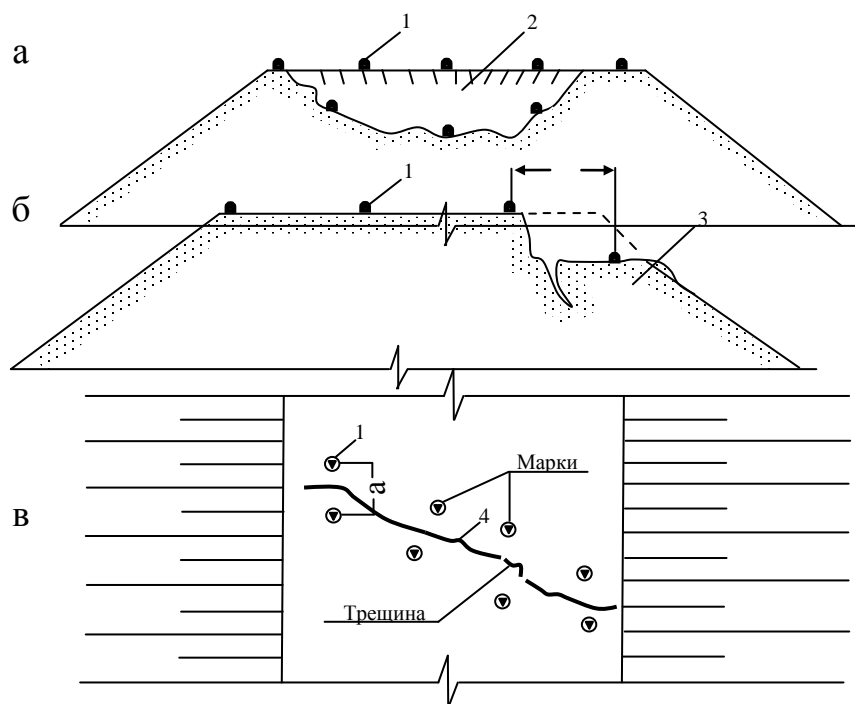


Рис. 13.3. Схема размещения временных высотных марок для контроля просадки (а), оползня (б) и трещины (в):  
 1 - поверхностная марка; 2 - воронка проседания; 3 - массив оползня; 4 - трещина

Наибольшие деформации ГТС возникают при максимальных уровнях воды в верхнем бьефе. Деформации бывают двух видов: остаточные (осадка) и упругие, которые при снижении уровня воды (нагрузки) приобретают отрицательные направления и восстанавливаются.

Программы натурных наблюдений должны учитывать эти особенности работы ГТС. Для оценки возможности перелива воды через гребень и получения необходимых данных для статистических расчетов, наблюдения следует проводить при подъеме и последующим снижении уровня воды (один-два раза в месяц) при горизонтах близких к максимальным. Для того, чтобы можно было разделить деформации на упругие и остаточные, одно наблюдение необходимо выполнить в конце вегетационного периода, когда уровни воды верхнего бьефа минимальные.

Для наблюдения за осадкой точек на гребне и бермах плотины, а также на береговых примыканиях устанавливаются поверхностные марки. Для определения осадок точек внутри тела плотины, на ее подошве или в грунтовом массиве основания устанавливаются глубинные марки. Горизонтальные перемещения точек плотины могут определяться по системе прямых или обратных отвесов (см. рис. 13.4, 13.5). Для установки отвесов в теле плотины устанавливаются наблюдательные специальные шахты, которые состоят из отдельных звеньев, способных перемещаться в горизонтальной плоскости друг относительно друга. В прямых отвесах точка крепления струны находится на гребне плотины или в общем случае имеет место верхнее крепление, а перемещения звеньев шахты фиксируются относительно точки подвеса с

помощью координатомера. Оси координатомера (см. Рис. 13.6) совпадают с направлениями оси плотины и перпендикулярны к ней. Перемещение точки подвеса определяются обычными геодезическими методами. При использовании обратных отвесов якорь укрепляется в глубине основания или ниже крепления. Верхнее крепление обратного отвеса осуществляется с помощью поплавка на поверхности емкости с жидкостью.

Точка расположения якоря считается, неподвижной и показания координатомера фиксируют абсолютные горизонтальные перемещения стенок смотровой шахты, принимаемые за перемещения точек внутри тела плотины (смещения поплавка). Измеренные горизонтальные перемещения гребня плотины геодезическими методами увязываются с показаниями отвесов. Для высоких и сверхвысоких плотин используют систему отвесов, имеющих точки закрепления на разных отметках. В этом случае перемещение точек плотины определяется суммированием показаний по соответствующим отвесам.

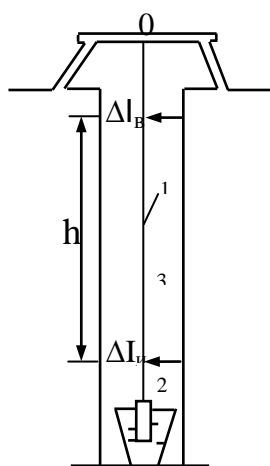


Рис. 13.4. Прямой

отвес

1 – проволока, 2 – груз, 3 – шахта, 4 – основание

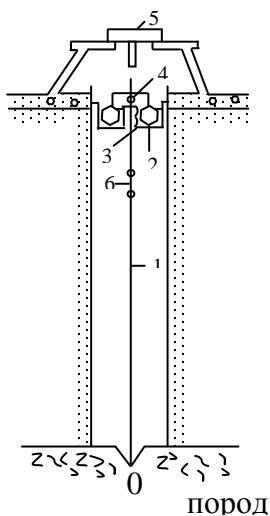


Рис. 13.5. Обратный отвес

0- якорь отвеса, 1- поплавок, 3 – ванна, 4- штифт, 5- устройство для натяжения отвеса, 6-мягкая вставка

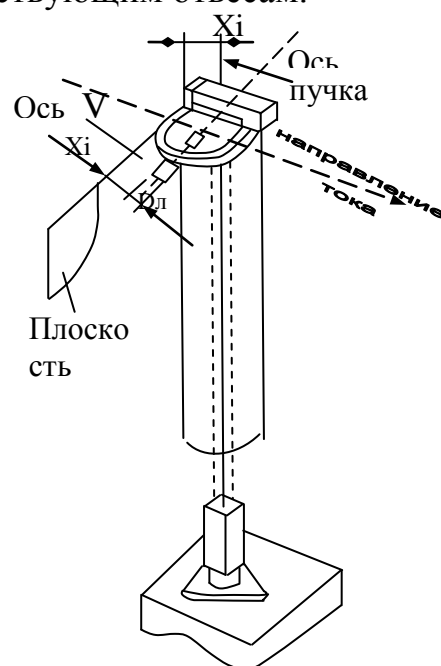


Рис. 13.6.  
Определение координат центра

Отвесы чаще применяются в бетонных плотинах, так как ими удобно фиксировать сравнительно малые перемещения.

1.2. Наблюдения за поверхностью грунтовых вод, напорами и расходами фильтрации.

В грунтовых сооружениях фильтрация имеет свободное течение. Депрессионная поверхность потока имеет сложную форму, которая постоянно меняется из-за колебания уровня верхнего бьефа. В основании бетонных сооружений фильтрация протекает в напорном режиме, поэтому сооружение, кроме фильтрационного, испытывает еще взвешивающее давление воды.

Режим фильтрации оказывает определяющее влияние на устойчивость ГТС и фильтрационную прочность грунтов его тела и основания. Наблюдения за режимом должны вестись постоянно без перерывов, независимо от

положения уровня воды в верхнем бьефе и давать информацию не только о величине напоров фильтрационного потока в точке наблюдения, но и об отметках поверхности кривой депрессии как в теле грунтовых ГТС, так и на участках бортовых примыканий. Данные об отметках поверхности кривой депрессии и величинах напора в отдельных точках фильтрационного потока позволяют проверить составление фильтрационных моделей «сооружение-основание», построенных для расчетных сечений плотины.

Другим важным вопросом наблюдений за фильтрацией является определение расходов грунтового потока. В зоне действия подпорного сооружения выклинивающаяся на поверхность грунтовая вода является лишь частью общего расхода фильтрации. В зависимости от водопроницающей толщи основания, большая часть расходов грунтовых вод может протекать, не выклиниваясь на поверхность. Поэтому общий расход фильтрации можно определить только путем расчетов с данными наблюдений за расходами дренажной системы, расходами отдельных родников в акватории ГТС и наблюдениями за уровнем грунтовых вод в долине реки ниже гидроузла.

Проект размещения КИА каждого конкретного ГТС должен учитывать эти особенности. Как правило, в проекте размещение КИА в плотине предусматривается по ряду створов, которые приурочены либо к характерным сечениям, либо к сечениям, обладающим специальными особенностями по топографии местности, геологическому строению основания, компоновке сооружений в створе гидроузла и т.п. В последнем случае особое внимание уделяется сопряжению грунтовых плотин с бетонными сооружениями (водосливными плотинами, зданиями гидроэлектростанций, камерами шлюзов и т. п.).

Фильтрационный поток в теле плотины и основании характеризуется двумя основными параметрами, определяемыми при натурных наблюдениях – пьезометрическим напором и фильтрационным расходом. Пьезометрический напор в грунте измеряют с помощью пьезометров (открытых точечных пьезометров при измерениях в проницаемых грунтах, закрытых – напорных точечных пьезометров в слабопроницаемых грунтах) и пьезодинамометров. Пьезодинамометры используют для измерения пьезометрического напора в глинистых грунтах. Для установления положения кривой депрессии в теле плотины используются шахтные пьезометры, представляющие собой буровой колодец с перфорированной обсадной трубой. Вода в колодце находится на уровне стояния воды в теле плотины. Положение поверхности кривой депрессии определяется путем измерения расстояния между уровнем воды и краем колодца.

Фильтрационные расходы устанавливаются путем сбора и измерения количества профильтровавшейся воды. Если в плотине имеется трубчатый или ленточный дренаж, то организуется отвод и сбор воды из дренажа. Расход воды определяются известными способами с помощью мерных водосливов.

Анализ данных о пьезометрических напорах в плотине и фильтрационных расходах дает возможность достаточно быстро установить признаки перемен в нормальном режиме работы сооружения.

Частота снятия показаний КИА на плотине регламентируется в инструкции по эксплуатации гидроузла и во многом зависит от уровня автоматизации натурных наблюдений.

1.3. Наблюдения за прорывом давления в основании и противофильтрационных элементах грунтовых плотин [31,61].

Поровое давление возникает в глинистых грунтах основания и тела земляных плотин в процессе их уплотнения под действием собственного веса (вышележащей части ГТС) и давления воды со стороны верхнего бьефа. Поровое давление оказывает влияние на устойчивость ГТС и осадку грунтовых плотин, являясь дополнительной сдвигающей силой. Она возникает в глинистых грунтах основания мягкопластичной, текучепластичной и текучей консистенции и в противофильтрационных элементах плотин высотой более 40 м, возведенных из мелкопористых грунтов со степенью влажности  $G \geq 0,85$  и коэффициентом фильтрации  $K_f \leq (5-10) \times 10^6$  см/с. Поровое давление не учитывается, если коэффициент консолидации  $\delta \geq 1 \times 10^{-7}$  см<sup>2</sup>/год. Обычно консолидация грунта завершается в первые 10 лет эксплуатации сооружения, и поровое давление исчезает, но на отдельных особо крупных плотинах может сохраняться по несколько десятков лет. Для того, чтобы можно было иметь надежные данные о наличии или отсутствии порового давления в основании и теле ГТС, необходимо во всех потенциально опасных сооружениях I, II, III классов иметь не менее одного створа, оборудованного соответствующими преобразователями.

1.4. Наблюдения за максимальными расходами воды водоисточника и объемами стока гидрографов паводков.

Основной задачей службы эксплуатации ГТС является забор и распределение между потребителями имеющихся в наличии водных ресурсов. Максимальные срочные расходы определяются в практике. Для их пропуска предусматриваются специальные сооружения в составе гидроузлов. Далее в период эксплуатации величины максимальных расчетных расходов, как правило, больше не корректируются. Опыт эксплуатации ГТС [62,63] показывает, что такая практика часто бывает ошибочной и угрожает безопасности сооружений.

Для организации наблюдений за максимальными расходами, требуется установка нескольких приборов, способных постоянно фиксировать уровни (отметки) воды в верхнем бьефе ГТС и в нижнем на водозаборных и водосбросных отводящих каналах. Зная определенные промежутки времени, расходы воды, забираемые потребителями и идущими на сброс, а также суммарный объем воды, который находится в эти промежутки времени в верхнем бьефе сооружения, можно решая обратную задачу вычислить объем стока паводка и его максимальный срочный расход.

Накопление данных о максимальных срочных расходах позволит в итоге более надежно и постоянно решать задачу по уточнению максимальных расчетных расходов и принимать необходимые меры по повышению безопасности ГТС.

1.5. Наблюдения за параметрами ветровых волн перед плотинами и волн неустановившегося движения воды в каналах.

Организация таких наблюдений необходима для оценки вероятности перелива воды через гребень водопроводных сооружений. Методика расчета ветровых волн изложенная в [42] весьма сложная и использует многочисленные поправочные коэффициенты. Она универсальная, так как позволяет определять параметры ветровых волн во всех как естественных, так и искусственных водных акваториях. Проверка достоверности результатов таких расчетов, как правило, не выполняется. Аномалии климата последних лет требуют, в целях повышения безопасности ГТС, организацию таких наблюдений.

Необходимо на водоемах, где наблюдаются ветровые волны, около ГТС установить рейки для определения высоты волн и высоты наката их на откос плотины, а также флюгер для определения направления и скорости ветра. При уровнях воды в верхнем бьефе близких к НПУ и выше, в ветреную погоду необходимо в течение получаса фиксировать параметры волн и скорости ветра. Статистическая обработка данных наблюдений совместно с данными о деформациях ГТС позволит решать задачи определения вероятности перелива воды через гребень ГТС.

Аналогичным образом необходимо организовывать наблюдения за волнами неустановившегося движения воды в каналах, режим эксплуатации которых допускает резкие изменения (как увеличение, так и снижение) расходов и напоров воды. Только вместо наблюдений за параметрами ветра, на каналах необходимо фиксировать высоту волн и скорость закрытия затворов, перегораживающих сооружений, включение и отключение агрегатов НС или ГЭС.

#### 1.6. Наблюдения за скоростью подъема и снижения уровня верхнего бьефа ГТС.

При подъемах уровня воды верхнего бьефа, подъем уровня грунтовых вод в теле и бортовых примыкания грунтовых плотин происходит с меньшей скоростью, что приводит к повышению градиентов напора и снижению фильтрационной прочности грунтовых ГТС. Необходимо знать свои предельно-допустимые значения скорости подъема УВБ. Снижение уровней воды также может приводить к негативным последствиям. Бетонные крепления верховых откосов грунтовых ГТС при резких снижениях уровня воды под действием гидростатического давления деформируются, разрушается конструкция стыков плит. Иногда происходит смещение плит и полное разрушение крепления. Деформация крепления сопровождается смещениями грунта по откосу и потерей устойчивости откосов на локальных участках.

Наблюдения за скоростью подъема и снижения уровня верхнего бьефа призваны определить допустимые значения таких скоростей, исключить явления суффозии грунтов и деформации бетонных креплений откосов.

#### 1.7. Наблюдения за заилением чаш водохранилищ, аванкамер НС и деформациями русел рек и каналов.

Водный поток естественных водотоков содержит взвешенные и влекомые наносы. Когда такой поток попадает в водохранилище или аванкамеру НС, где скорости движения воды близки к нулю, наносы выпадают в осадок, сокращая их объем. Заиление водохранилищ снижает их водоотдачу. При пропуске паводков, из-за уменьшения объема трансформации, повышаются величины

расходов и горизонтов воды. Все это, в конечном счете, приведет к повышению вероятности перелива воды через гребень ГТС.

Заиление аванкамер НС снижает технические характеристики агрегатов. Деформации русел рек и каналов сопровождается повышением их гидравлических сопротивлений и приводят к снижению пропускной способности.

**Необходимо периодически выполнять повторные топографические съемки водохранилищ, аванкамер НС и ГЭС, русел каналов для корректировки величин их контролируемых показателей и разработки мероприятий по восстановлению работоспособности этих сооружений.**

1.8. Определение фактической пропускной способности водопропускных сооружений.

В период временной эксплуатации ГТС должны проводиться экспериментальные работы по определению гидравлических сопротивлений водоводов, фактической пропускной способности каждого в отдельности отверстия и водопропускных сооружений в целом. Это позволит своевременно выявить дефекты проекта или строительных работ, разработать и осуществить необходимые мероприятия по повышению безопасности ГТС. Методика выполнения таких работ подробно изложена в научных трудах В.А.Скрыльникова [64].

1.9. Наблюдения за состоянием механического и другого оборудования, трубопроводов, средств АСУ, оценка надежности электроснабжения ГТС.

Поломки механического оборудования водопропускных сооружений, агрегатов НС и ГЭС приводят к снижению пропускной способности сооружений. Нарушение работы автоматизированных систем управления и прекращение подачи электроэнергии способны заблокировать работу водопропускных сооружений в целом. Особенно это опасно, когда отказы в работе оборудования происходят во время пропуска наступления таких событий, служба эксплуатации ГТС обязана вести постоянный учет всех нарушений в работе оборудования, средств управления и фиксировать случаи отключения подачи электроэнергии, а также отражать в отчетах даты выполнения внеплановых ремонтов и их продолжительность. Для обеспечения работы оборудования электроэнергией необходимо иметь резервное электроснабжение, которое постоянно бы находилась в рабочем состоянии, а в период половодья было способно включаться в работу в течение 15 минут.

## **2. Методика и техника натурных наблюдений.**

2.1. Регулярные натурные наблюдения за показателями, характеризующими эксплуатационную надежность и безопасность сооружения и основания, должны начинаться непосредственно после установки соответствующих средств измерений и продолжаться в течение нормируемого для каждого сооружения или отдельного его элемента срока с учетом их состояния, тенденций в процессах стабилизации режимов работы и старения, долговечности измерительной аппаратуры и возможностей ее замены по истечении рабочего ресурса и других обстоятельств.



2.2. Для каждого конкретного объекта сроки отсчетов по датчикам и другим измерительным устройствам для всех характерных этапов работы сооружения устанавливаются программой наблюдений или местными инструкциями.

2.3. Устанавливают частоту систематических отсчетов, выполняемых через определенные интервалы времени, и сроки специальных отсчетов, приуроченных к особым моментам режима эксплуатации сооружения (первоначальное наполнение водохранилища, превышение НПУ, резкое увеличение фильтрационного расхода, сильное землетрясение и т.п.).

2.4. Перед первоначальным наполнением водохранилища систематические отсчеты по всем видам закладных измерительных устройств производятся через 7 - 10 дней. Специальные отсчеты выполняют перед началом наполнения, в процессе наполнения (например, через каждые 0,5 - 3,0 м подъема уровня или при достижении им, например, 1/4, 1/2, 3/4 и полной величины напора), при проявлениях аномальных илистораживающих явлений (появление мутности в фильтрующей воде, трещин и т.п.).

2.5. В общем случае периодичность специальных измерений следует назначать в пределах от одного до пяти дней. В исключительных случаях, когда наблюдается интенсивное развитие того или иного неблагоприятного процесса, отсчеты по приборам **должны производиться по несколько раз в сутки, включая и ночное время** (например, идет интенсивный вынос грунта фильтрационным потоком и т.п.).

2.6. Периодичность систематических отсчетов по приборам в начальный период эксплуатации сооружения, вплоть до проявления признаков установившегося режима его работы, назначается в интервале 5 - 15 дней. В дальнейшем, при отсутствии аномальных явлений частота отсчетов по некоторым датчикам и приборам при соответствующем обосновании может быть сокращена до 10 - 30 дней.

2.7. Наблюдения за напряженно-деформированным состоянием плотины и ее основанием по полной программе и с использованием всех установленных средств измерений должны проводиться в течение периода, охватывающего полное наполнение водохранилища и такое количество циклов его сезонной сработки и наполнения в проектных пределах нормальной эксплуатации, которое соответствует стабилизации напряженно-деформированного состояния и переходу деформаций сооружения в упругую стадию.

2.8. Периодичность систематических наблюдений (отсчетов по приборам) за температурным режимом сооружения, его отдельными элементами и основаниями в строительный период назначается с интервалом 7 - 10 дней, в период первоначального наполнения водохранилища - 1 - 5 дней, в начальный период эксплуатации - 10 - 15 дней, а в последующем, при установившемся режиме работы сооружения - 15 - 30 дней. При пропуске паводков через встроенные в плотину бетонные водопропускные сооружения температурный режим контактных зон контролируется специальными отсчетами с периодичностью 1 - 5 дней.

2.9. Осадки и горизонтальные смещения гребня и берм плотин контролируются: в строительный период - в зависимости от условий,

обусловленных технологией возведения, но с периодичностью не реже 4 циклов в год и дополнительно - по одному циклу перед и сразу после переустановке временных марок; один контрольный цикл наблюдений проводится перед наполнением водохранилища, по 2 цикла в месяц (а в отдельных случаях до 4 циклов в месяц) - в процессе наполнения водохранилища; по 2 цикла в год - в период эксплуатации в режиме сезонной сработки и подъема уровня (первый цикл проводится при самом низком сработанном уровне, второй - спустя 1 - 2 месяца после его подъема до НПУ). При проявлении процессов интенсификации осадки или горизонтальных смещений, периодичность наблюдений может быть доведена до 1 цикла в сутки и сохраняется в этих пределах вплоть до принятия мер по их стабилизации.

2.10. Наблюдения по фильтрационной КИА (пьезометры, водосливы и др.) в период наполнения водохранилища проводятся через каждые 1 - 5 дней.

При нормальной работе сооружения и основания в период их начальной эксплуатации до выхода на установившийся режим, периодичность отсчетов составляет 5 - 15 дней. В последующие годы нормальной эксплуатации она должна быть не реже 10 - 15 дней. При резких сработках или подъемах уровня верхнего бьефа или проявлении аномалий оперативность наблюдений должна быть повышена до 1-5 дней, причем в течение всего периода времени, необходимого для проявления реакции средств измерений на указанные изменения УВБ (этот период обуславливается «инерционностью» пьезометров и водосливов).

2.11. Вопрос о прекращении или снижении периодичности отдельных видов инструментальных наблюдений решается индивидуально для каждого сооружения. В случае, если состояние сооружения изучено достаточно подробно и имеет установившийся характер, поведение его в целом соответствует проектным предположениям и отсутствуют какие-либо аномальные явления, регулярные наблюдения по некоторой части КИА могут быть прекращены, а контрольные отсчеты по ней можно брать 2 - 4 раза в год (например, напряжения в теле грунтовой плотины или ее противофильтрационном элементе и др.).

Регулярные наблюдения с частотой 1 - 2 раза в месяц должны постоянно продолжаться по тем измерительным устройствам, которые дают наиболее важную информацию для оценки состояния и эксплуатационной надежности и безопасности сооружения и основания. Применительно к грунтовым плотинам, расположенным в криолитзоне, к таким наблюдениям следует отнести: наблюдения за температурным режимом плотины, ее элементов, основания, воды в водохранилище и наружного воздуха; наблюдения за фильтрационным режимом плотины, основания и береговых примыканий; наблюдения за осадками и смещениями.

2.12. Визуальные осмотры сооружения проводятся, как правило, еженедельно.

2.13. Первичная обработка данных натурных наблюдений состоит в вычислении по показаниям измерительных устройств значений измеряемых величин контролируемых параметров сооружения (температуры, осадки,

смещения, расхода, градиентов и т.д.), их систематизации и представлении в удобном для оперативного использования, анализа и хранения виде.

2.14. Первичная обработка результатов наблюдений должна оперативно производиться непосредственно на объекте персоналом подразделения наблюдений, в том числе с применением АИДС.

Результаты обработки представляются в виде таблиц, графиков, эпюр, изолиний и в других формах, регламентируемых местной инструкцией.

Наиболее приемлемой и обязательной формой представления результатов наблюдений следует считать графики зависимостей основных контролируемых рабочих параметров сооружения (осадок, смещений, напряжений, расходов, пьезометрических напоров и др.) от действующих нагрузок и воздействий (гидростатического напора, собственного веса, температуры и др.), а также от временного фактора.

2.15. Способы и объемы анализа результатов наблюдений определяются характером и сложностью решаемых задач.

### **3. Наблюдения за бетонными и железобетонными гидротехническими сооружениями**

1. На бетонных и железобетонных сооружениях проводятся следующие виды наблюдений:

- за осадками;
- за смещениями;
- за температурным режимом высоких бетонных плотин;
- за фильтрацией в основании и теле сооружений;
- за монолитностью бетонных сооружений;
- за состоянием бетона;
- за динамикой сооружений.

2. Наблюдения за осадками бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений следует проводить до их стабилизации - не реже одного раза в год, а после стабилизации частота наблюдений устанавливается с учетом опыта эксплуатации и исходя из анализа полученных данных.

Осадка бетонных сооружений считается стабилизированной при постоянном значении ее в пределах точности измерений.

Следует иметь в виду, что в ряде случаев возможна активизация осадок. Поэтому периодичность наблюдений должна быть установлена с учетом возможности фиксирования начала очередного активного этапа.

Нивелировка проводится в одно и то же время года, при относительно стабильной температуре воздуха и устойчивом уровне воды в бьефах.

3. Горизонтальные перемещения гребней высоконапорных бетонных плотин являются одной из важнейших характеристик их состояния. Контроль осуществляется путем сравнения измеренных горизонтальных перемещений с проектными или прогнозируемыми.

На основе результатов натурных наблюдений в начальный период эксплуатации выполняется прогноз экстремальных перемещений.

4. Контроль за горизонтальными смещениями напорных бетонных гидротехнических сооружений высотой более 50 м является обязательным.

5. Наблюдения за температурным режимом высоких массивных плотин является обязательным.

В тонких элементах бетонных сооружений (толщиной 3 - 4 м) измерения температуры проводятся по мере необходимости.

6. При измерении горизонтальных смещений гидротехнических сооружений створным методом могут применяться оптические, струнные и струнно-оптические средства измерения. Средства измерения должны выбираться, исходя из конкретных условий, с учетом производственной и технической целесообразности и обеспечения точности измерений, заданной проектом.

Створы для измерения горизонтальных смещений следует размещать, главным образом, в нижних галереях, расположенных ближе к основанию, - для контроля за смещениями основания сооружения, а также на гребне плотины - для измерения смещений гребня плотины, возникающих вследствие температурных колебаний, гидростатического давления, неравномерных осадок и наклонов, а также других причин.

При создании створа на гребне плотины опорные пункты устанавливаются на бетонных устоях. По эксплуатационным условиям и характеру местности опорные пункты могут быть вынесены за пределы сооружения на берега водотока.

7. На высоконапорных гидротехнических сооружениях, где невозможно установить в натуре неподвижные опорные пункты створа для наблюдений за горизонтальными смещениями, должен применяться комбинированный способ, представляющий собой сочетание створного способа наблюдений с геометрической триангуляцией.

8. Геодезические наблюдения выполняются специализированной организацией или собственными силами электростанции или энергосистемы при обязательном наличии лицензии на выполнение геодезических работ на гидротехнических сооружениях.

9. Наблюдения за относительными смещениями одного элемента гидротехнического сооружения относительно другого, наклонами, изгибами и углами поворота отдельных элементов сооружения выполняются при помощи щелемеров, клиномеров, прямых и обратных отвесов, гидростатических нивелиров и других средств измерений.

10. Для наблюдений за раскрытием деформационных и строительных швов, а в отдельных случаях - за раскрытием трещин в массивном бетоне, следует использовать щелемеры, а также струнные преобразователи линейных перемещений и деформаций.

В большинстве случаев изменение раскрытия швов зависит от изменения температуры массива. Поэтому в массивах, где измеряется раскрытие швов, измеряется также температура на поверхности (воздух, вода) и в центре массива (по закладной аппаратуре).

11. Наблюдения за деформацией пород основания следует выполнять с помощью деформометров и преобразователей линейных деформаций, установленных в скважинах под подошвой гидротехнического сооружения.

12. Наблюдения за наклонами и изгибами бетонных плотин должны проводиться при помощи отвесов, количество и расположение которых зависит от длины плотины, а также от ее конструкции и инженерно-геологических условий.

Наблюдения за наклонами и изгибами плотины следует дублировать гидростатическим нивелированием при помощи прецизионной гидростатической системы.

13. Для контроля напряженно-деформированного состояния и анализа процессов трещинообразования в массивном бетоне, а также при оценке общего состояния гидротехнических сооружений должны проводиться измерения напряжений в бетоне и усилий в арматуре с помощью закладных преобразователей линейных деформаций и преобразователей силы.

В состав наблюдений за бетонными плотинами на нескальных основаниях могут включаться измерения напряжений на контакте с основанием.

14. Наблюдения за вибрацией гидротехнических сооружений от воздействия потока воды, проходящего через них, следует проводить с целью определения нагрузок и прогнозирования прочности и долговечности сооружений.

Одновременно с измерениями вибрации необходимо вести наблюдения за пульсацией гидродинамического давления потока воды в глубинных водосбросных отверстиях, туннелях, на водобое, гасителях и расщепителях.

15. Особое внимание должно быть уделено состоянию бетона напорных и водосливных граней сооружений и в зоне колебаний уровня воды. Если при осмотре обнаруживается разуплотненный бетон, раковины, трещины, то на этих участках следует определить прочность бетона.

В зонах, подверженных выщелачиванию, следует производить химический анализ профильтровавшейся воды и воды из верхнего бьефа, определять интенсивность и глубину выщелачивания, а также плотность пораженного бетона.

16. Состояние бетона в местах отрыва от него потока воды (пазах в водосбросных пролетах, шероховатых поверхностях на водосливах, гасителях энергии на водосбросных сооружениях), подверженных кавитационным повреждениям, должно проверяться после пропуска половодья (паводка).

17. При обнаружении трещин или повреждений бетона гидротехнических сооружений необходимо:

зарисовать положение трещин и повреждений, выявить их характер и направление (продольные, наклонные), указать ширину, длину, а по возможности, и глубину, пронумеровать их, внести в соответствующий журнал с указанием даты обследования;

при интенсивном развитии трещин и повреждений оценить степень опасности нарушения прочности и устойчивости сооружения, привлечь при необходимости компетентную организацию.

18. При организации наблюдений за фильтрацией необходимо исходить из следующих положений:

оголовки напорных и безнапорных пьезометров должны быть пронумерованы и выведены в места, доступные для снятия их показаний; в районах с длительными отрицательными температурами наружного воздуха не допускается вывод оголовков на наружную поверхность или в неотапливаемые помещения, в которых температура воздуха может быть ниже 0 °С;

оголовки напорных пьезометров должны быть оборудованы манометрами с соответствующими параметрами или дистанционными струнными преобразователями давления; каждый пьезометр должен иметь свой пьезометрический насадок (струнный или манометрический);

оголовок каждого напорного пьезометра должен быть оборудован кранами, позволяющими отключить пьезометрический насадок для возможности сброса воздуха и измерения дебита пьезометра; не следует соединять оголовки (устья) нескольких напорных пьезометров системой перепускных труб;

оголовки безнапорных пьезометров должны быть приспособлены для установки переносных лотовых приборов.

19. Расход воды, фильтрующейся через бетонные гидротехнические сооружения, следует измерять дифференцированно по участкам сооружения; он может быть измерен в галереях путем установки в сборных кюветах мерных водосливов. Профильтровавшаяся вода во всех случаях должна отводиться непрерывно.

В зданиях ГЭС фильтрационный расход воды следует исчислять по числу включений дренажного насоса, автоматически включающегося в работу при достижении заданного уровня в сборных дренажных колодцах(приямках), где накапливается вода. По числу опорожнений колодца за определенный промежуток времени устанавливается фильтрационный расход, являющийся также показателем состояния бетона и уплотнения швов.

20. Для определения расхода профильтровавшейся через основание гидротехнических сооружений воды, собираемой глубинным дренажем, необходимо регулярно производить его измерения в сборном коллекторе дренажной галереи.

21. В шпонках деформационных швов гидротехнических сооружений под наблюдением должно быть следующее:

уровень герметизирующей мастики;

деформации наружных элементов шпонок (брусья обшивки уплотнения, болтовые крепления и др.);

фильтрация воды из шпонок;

отсутствие посторонних предметов и мусора.

22. Для определения степени агрессивности воды по отношению к бетону ежегодно берутся пробы воды для химического анализа из обоих бьефов как с поверхности воды, так и с определенной глубины вблизи бетонных конструкций, а также из пьезометров в бетонных сооружениях и из больших трещин (при наличии фильтрации).

23. Контролируется возникновение в железобетонных конструкциях трещин от воздействия электрокоррозии, фиксируется их количество и характер.

24. В необходимых случаях контролируется загазованность галерей и шахт гидротехнических сооружений. Для контроля должны применяться газоанализаторы во взрывозащищенном исполнении.

#### **4. Наблюдения за гидротехническими сооружениями из грунтовых материалов**

1. На гидротехнических сооружениях из фунтовых материалов выполняются следующие виды наблюдений:

за осадками;  
за смещениями;  
за фильтрационным режимом сооружений;  
за напряженным состоянием грунтов (для высоких плотин I и II классов);  
визуальные наблюдения за состоянием откосов и их креплений, путями отвода профильтровавшейся воды; отсутствием осадок просадок, трещин; наличием и характером растительности.

2. Периодичность наблюдений за осадками и плановыми смещениями плотин устанавливается проектной организацией при составлении программы натурных наблюдений отдельно для каждой плотины с учетом ее конкретных особенностей.

Для высоких плотин I и II классов рекомендуется устанавливать следующую периодичность наблюдений:

за осадкой основания плотины - от одного раза в месяц до одного раза в квартал в период строительства плотины и наполнения водохранилища, затем - один раз в год до практического затухания осадки;

за осадкой гребня и берм плотины - один раз в квартал в течение первых двух лет наблюдений, затем - один раз в год до затухания осадки. В эти же сроки проводятся наблюдения за плановыми смещениями марок на гребне и бермах, а также за высотным положением и плановым смещением точек внутри тела плотины;

после затухания осадки (до 2 - 5 мм в год у грунтовых плотин и до 10 - 20 мм в год у каменно-набросных плотин) геодезические наблюдения всех видов должны проводиться с частотой, устанавливаемой генеральным проектировщиком;

в случае выявления в процессе эксплуатации плотины каких-либо неблагоприятных явлений (повышение уровня грунтовых вод, фильтрационные расходы, возникновение оползней, просадок и т.п.) наблюдения, по согласованию с генеральным проектировщиком, должны проводиться чаще, в зависимости от опасности обнаруженного явления.

3. Для оценки составляющих общей осадки гребня плотины, которая складывается из деформации сжатия ее тела и осадки основания, в случаях, предусмотренных проектом (высокие плотины, сжимаемые грунты), производятся наблюдения за послойной осадкой в толще грунтов основания и теле плотины.

4. Если при осмотре плотины отмечены местные деформации тела плотины, на этом участке (оползающем или проседающем) должны быть

установлены временные марки для наблюдения за происходящей деформацией. Нивелировка марок производится более часто и продолжается до начала ремонтных работ на этом участке.

5. При наличии в основании плотины слабых грунтов следует проводить наблюдения за выпором грунта при помощи сети поверхностных марок, устанавливаемых в нижнем бьефе плотины.

6. На плотинах из фунтовых материалов состав натурных наблюдений за фильтрационным режимом должен включать контроль за следующими характеристиками:

- положение кривой депрессии в теле сооружения;
- градиенты напора на противофильтрационных элементах и в зонах разгрузки фильтрационного потока;

- местоположение выхода фильтрационного потока в дренажные устройства;

- величины фильтрационного расхода в дренажных выпусках и коллекторах, а также в местах сосредоточенного выхода фильтрационного потока;

- поровое давление в водоупорных элементах, основаниях и в теле плотин, выполненных из суглинистых (глинистых) и моренных материалов.

7. Периодичность фильтрационных наблюдений устанавливается программой натурных наблюдений в зависимости от конструкции и материала плотины, свойств основания, ответственности плотины. Следует устанавливать следующую периодичность наблюдений:

- за положением кривой депрессии - один раз в 5 - 20 дней;

- за поровым давлением в начальный период (строительство плотины, заполнение водохранилища) - один раз в 10 - 20 дней; по мере стабилизации давления частота измерений уменьшается и после стабилизации (консолидации грунта) наблюдения за поровым давлением могут быть прекращены.

8. Измерение фильтрационного расхода воды необходимо проводить одновременно с наблюдениями за положением кривой депрессии. Измеренное значение расхода фильтрации следует сравнивать с максимально допустимыми значениями расхода, указанными в местной инструкции, и с данными предыдущих наблюдений.

9. При измерении фильтрационного расхода воды необходимо периодически (не реже одного раза в квартал) отбирать пробы для определения количества взвешенных частиц (мутности) и химического состава воды. При обнаружении суффозии материала тела плотины или ее основания следует организовать регулярные наблюдения, по результатам которых рекомендовать инженерные мероприятия по устранению суффозии.

10. Особое внимание должно уделяться местам сосредоточенного выхода фильтрационной воды на откос плотины. Обнаруженные выходы воды каптируются. Следует организовывать наблюдения за расходом воды с отбором проб для контроля за мутностью и химическим составом, а также за температурой фильтрующей воды. Измерения сначала необходимо проводить ежедневно, а затем частота измерений назначается, исходя из развития или стабилизации процессов фильтрации.



11. Для определения параметров фильтрационного потока, характеризующих состояние различных участков плотины или изменение их состояния во времени, следует пользоваться методом индикаторов или систематически измерять температуру воды в пьезометрах (с интервалом через 10 - 20 дней) и в водохранилище перед плотиной.

12. На высоких плотинах I и II классов проводятся наблюдения за напряженным состоянием грунта в теле и на контакте плотины с основанием с целью оценки ее прочности и устойчивости и контроля за процессом консолидации грунта, что, в свою очередь, обеспечивает контроль за напряжениями в скелете грунта и поровым давлением воды.

Наблюдения за напряженным состоянием грунта следует осуществлять при помощи закладных преобразователей давления грунта и воды, устанавливаемых:

- в теле плотины, возведенной из глинистых грунтов;
- в глинистом экране или ядре плотины;
- на контакте ядра (экрана) и диафрагм с упорными призмами плотины;
- на контакте с бетонными сооружениями, прилегающими к телу плотины.

13. В плотинах с грунтовыми ядрами (экранами) измеряются относительные деформации ядра (экрана) при помощи преобразователей линейных деформаций.

14. Наблюдения за напряженным состоянием грунта в плотине следует производить:

- во время заполнения водохранилища - один раз в 7 - 10 дней;
- в течение первого года эксплуатации - ежемесячно;
- в дальнейшем - 3 - 4 раза в год до полной стабилизации этих параметров.

15. Помимо наблюдений, проводимых при помощи КИА, на всех грунтовых плотинах должны вестись регулярные визуальные наблюдения с целью выявления дефектов или повреждений, возникших во время эксплуатации. При визуальных наблюдениях контролируются следующие параметры:

- состояние откосов и гребня плотины - просадки, подвижки, трещины, оползни, повреждение креплений;
- состояние ливнеотводной сети на гребне, бермах и откосах плотины;
- выявление выходов фильтрационных вод на низовом откосе плотины и в нижнем бьефе из основания плотины, в примыкании к бетонным сооружениям и в береговых примыканиях;
- появление наледей у подошвы низового откоса плотины и на дренажных линиях;
- размывы откосов и берегов;
- состояние контрольно-измерительной аппаратуры;
- зарастание канав, отводящих дренажные воды.

16. Визуальные наблюдения должны вестись в соответствии с "Методическими указаниями по организации визуальных контрольных наблюдений за состоянием гидротехнических сооружений электростанций".

17. Периодичность визуальных наблюдений устанавливается в зависимости от класса и состояния плотины, но не реже одного раза в неделю.

**ФОРМА АКТА  
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ  
И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

---

(наименование вышестоящего министерства)

---

(наименование вышестоящей организации)

---

(наименование организации осуществляющей эксплуатацию ГТС)

**Справка  
о техническом состоянии и безопасной работы**

---

(наименование ГТС с указанием кода)

Руководитель

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Главный инженер

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Ответственный  
исполнитель

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

место  
печати.

---

(место и дата составления справки)

## 1. Общие сведения и краткая характеристика ГТС.

Раздел заполняется по форме кадастров (или Регистра) ГТС, утвержденный органом надзора с указанием под знаком дробью основных фактических размеров ГТС.

Для энергетических объектов по форме соответствующего руководящего документа с указанием также под знаком дробью основных фактических размеров.

**Примечание:** При повторном и последующих обследованиях в справке проектные параметры приводить не обязательно, приводятся только фактические параметры и причины, приведшие к изменению этих параметров.

## 2. Наличие, состояние и качество ведения технической документации.

2.1. Дается перечень имеющихся технических документов в соответствии с программой обследования.

2.2. Дается анализ их состояния и их пригодность к использованию.

2.3. Даются сведения о наличии наблюдений и мероприятий, выполненных по указанным в них рекомендациям.

2.4. Замечания о наличии, состоянии и качестве ведения технической документации.

## 3. Оснащенность ГТС средствами измерений, КИА.

3.1. Сведения по КИА.

Наименование сооружения и место установки аппаратуры	Наименование аппаратуры	Количество КИА			Примечание
		по проекту	фактически установлена	действующей	

3.2. Наличие средств и систем автоматизированного контроля по сбору и обработке результатов измерений \_\_\_\_\_

3.3. Замечание по оснащенности и работе средств измерений \_\_\_\_\_

## 4. Организация надзора за ГТС.

4.1. Производственная структура или список закрепленных специалистов, осуществляющих контроль за ГТС и их мехоборудованием \_\_\_\_\_

4.2. Состав и периодичность проводимых натурных наблюдений за ГТС, наличие календарного графика наблюдения за ГТС, и его выполнение \_\_\_\_\_

4.3. Обработка и анализ результатов наблюдений за ГТС и измерений на них, перечень необходимых графиков и таблиц, являющихся основанием для выводов и рекомендаций по улучшению состояния и безопасной работы ГТС, их гидромехоборудования \_\_\_\_\_

---

4.4. Перечень выводов и рекомендаций по улучшению безопасной работы и состояния ГТС, и их выполнение \_\_\_\_\_

---

4.5. Недостатки по проведению натурных наблюдений и обработке их результатов

---

## **5. Недостатки технического состояния и безопасной работы ГТС.**

5.1. Сведения о конструктивных недостатках \_\_\_\_\_

---

5.2. Замечания по качеству выполненных строительно-монтажных работ \_\_\_\_\_

---

5.3. Наличие ограничения по пропуску расчетных максимальных расходов (по накоплению в водохранилище) \_\_\_\_\_

---

5.4. Сведения о приведении фактических значений основных показателей технического состояния и работы ГТС над их заданными предельно допустимыми или расчетными значениями \_\_\_\_\_

---

5.5 Сведения о нарушениях на ГТС и их гидромехоборудовании:

Наименование сооружения	Краткое описание нарушения	Дата обнаружения	Мероприятия по устранению нарушений

5.6. Замечания по работе нижнего бьефа (гасители энергии) \_\_\_\_\_

---

## **6. Ремонт и реконструкции ГТС.**

6.1. Сведения о ремонтах и реконструкции на ГТС и их элементах за последний пятилетний период

Наименование сооружения и состав работ	Сроки производство работ		Основные объемы работ	Проектировщик, сметная стоимость, тыс. сум	Фактические затраты, тыс. сум	Примечание
	начало	окончание				

6.2. Сведения о физико-механических свойствах использованных материалов, марки, сорт, наличие сертификатов качества на них и т. д. \_\_\_\_\_

---

6.3. Недостатки по ремонту и техническому обслуживанию ГТС \_\_\_\_\_

---

## **7. Аварии и аварийные ситуации на ГТС.**

7.1. Сведения об авариях и аварийных ситуациях на ГТС и их элементах за последний пятилетний период:

Дата аварий (возникновения аварийной ситуации)	Краткое описание	Мероприятия по устранению последствий или предотвращению аварий

7.2. Сведения о невыполненных мероприятиях по комплексу намеченных работ

---

---

7.3. Сведения о наличии и порядок использования, списания и восстановления аварийных запасов материалов, инструментов, оборудование на ГТС \_\_\_\_\_

---

7.4. Сведения о наличии локальных систем оповещения при аварийных ситуациях

---

---

## **8. Работа с органами надзора и вышестоящими организациями.**

8.1. Сведения о наличие ранее выданных органом надзора предписаний и их выполнение:

Наименование органа надзора, должности и ФИО проверяющего	Дата проверки	Номер предписания и перечень отме- ченных в нем недостатков и нарушений	Принятые меры по устранению недостатков	Сведения об их выпол- нении

8.2. Сведения о выполнение актов комиссии вышестоящих организаций, их целевых приказов, указаний \_\_\_\_\_

---

8.3. Замечания и предложения по работе с органами надзора, вышестоящими организациями \_\_\_\_\_

---

## **9. Дополнительные сведения.**

9.1. Сведения о состоянии инспекторских дорог и сооружений на них \_\_\_\_\_

---

9.2. Сведения об использовании водоохранных зон и полос отчуждения, о составах с/х культур на них \_\_\_\_\_

---

9.3. Сведения об имеющихся диспетчерских графиках и их выполнении \_\_\_\_\_

---

9.4. Замечания по работе диспетчерской службы \_\_\_\_\_

---

## **10. Оценка технического состояния и безопасной работы ГТС.**

10.1. Оценка технического состояния и безопасной работы ГТС, каждого элемента по отдельности и в целом по объекту в день обследования и ближайшем будущем (на год вперед, на 5 лет вперед) \_\_\_\_\_

---

10.2. Предложения по улучшению технического состояния и безопасной работы ГТС и их гидромехоборудования \_\_\_\_\_

---

**Примечание:** при заполнении п. 10. 2. для полноценного обоснования к справке могут быть приложены чертежи: продольные, поперечные профили, разрезы ГТС и его элементов и т. д.

«Утверждаю»

\_\_\_\_\_  
(должность) ф.и. о  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

**Акт  
обследования надежности технического  
состояния и безопасной работы \_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_  
(полное название ГТС и организация)

\_\_\_\_\_  
место составления акта

\_\_\_\_\_  
дата составления

Акт обследования составлен в соответствие с планом работы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(название министерства и ведомства)

обследовав \_\_\_\_\_  
(название объекта)

при участии:

1. \_\_\_\_\_, должности, место работы;  
(Ф.И.О)
2. \_\_\_\_\_, должности, место работы;  
(Ф.И.О)
3. \_\_\_\_\_, должности, место работы;  
(Ф.И.О)

дата предыдущего обследования \_\_\_\_\_

При обследовании установлено:

## **1. Общее сведения (краткая характеристика) ГТС.**

(Приводятся основные проектные и фактические параметры ГТС, состав сооружений, и их характеристики).

В случае отклонения данных справки от фактических параметров приводятся причины отклонения этих данных. В случае наличия изменений к первоначальному проекту за прошедший период между обследованиями, даются сведения по ним.

При повторном и последующих обследованиях проектные параметры ГТС приводить не обязательно, даются только фактические параметры и изменения.

## **2. Наличие, состояние и качества ведения технической документации.**

(Дается перечень не достающей технической документации, анализ по ее использованию и заполнению, правильности сделанных выводов и рекомендаций, меры по устранению имеющихся недостатков)

## **3. Оснащенность ГТС средствами измерений, КИА.**

3.1. Оценка достаточности КИА по отдельным сооружениям \_\_\_\_\_

---

3.2. Оценка работы средств и систем автоматизированного контроля по сбору и обработке результатов измерений (в случае отсутствия автоматизации контроля и управления дать заключение о необходимости ее ввода) \_\_\_\_\_

---

## **4. Организация надзора за ГТС.**

4.1. Заключение по производственной структуре или закрепленными специалистами, осуществляющими контроль за ГТС и их гидромехоборудованием \_\_\_\_\_

---

4.2. Оценка выполнения руководящих материалов и инструкций, а также календарного графика наблюдений за ГТС, в части объема и сроков проведения мероприятий по контролю за ГТС и их гидромехоборудованием \_\_\_\_\_

---

4.3. Оценки обработки и анализа результатов наблюдений за ГТС и измерений на них, графиков и таблиц \_\_\_\_\_

---

## **5. Оценка технического состояния ГТС.**

5.1. Оценка прочности и устойчивости ГТС и их отдельных элементов \_\_\_\_\_

---

5.2. Оценка пропускной способности водопропускных сооружений в створе гидроузла и при совместной работе \_\_\_\_\_

---



5.3. Оценка достаточности превышения гребня сооружения над НПУ и ФПУ

---

5.4. Оценка состояния конструктивных элементов ГТС \_\_\_\_\_

---

5.5. Оценка состояния зон сопряжения ГТС \_\_\_\_\_

---

5.6. Оценка работоспособности и прочности гидромеханического оборудования и специальных стальных конструкций ГТС \_\_\_\_\_

---

5.7. Оценка работы средств противоаварийной защиты и автоматики управления, установленных на ГТС \_\_\_\_\_

---

5.8. Оценка работы нижнего бьефа (гасителей энергии) \_\_\_\_\_

---

5.9. Оценка состояния берегов водохранилищ и русел каналов и коллекторов

---

---

5.10. Оценка состояния дорог и сооружения на них \_\_\_\_\_

---

## **6. Ремонт и реконструкция ГТС.**

6.1. Оценка достаточности планируемого объема и своевременности работ по ремонту и реконструкции ГТС и их отдельных элементов \_\_\_\_\_

---

6.2. Заключение по организации ремонта и технического обслуживания ГТС

---

---

6.3. Оценка качества ремонтов и материалов используемых в них \_\_\_\_\_

---

## **7. Аварии и аварийные ситуации на ГТС.**

7.1. Анализ аварий и аварийных ситуаций, и их оценка \_\_\_\_\_

---

7.2. Анализ наличия и порядок использования, списания и восстановления аварийных запасов материалов, инструментов и оборудование на ГТС \_\_\_\_\_

---

7.3. Анализ и оценка работы локальных систем оповещения при авариях и аварийных ситуациях \_\_\_\_\_

---

**8. Анализ и оценка состояния водоохраных зон и полос отчуждения, их использование** \_\_\_\_\_

---

**9. Выполнение мероприятий по обеспечению надежности и безопасности ГТС.**

(приводится перечень ранее выданных предписаний органов надзора, актов обследования диагностического центра, приказы и инструкции вышестоящих организаций и т. д.)

9.1. Перечень невыполненных и выполненных с опозданием мероприятий:

Мероприятие и наименование документа	Дата выполнения по документу (предписанию)	Фактическая дата выполнения	Причина невыполнения

**10. Выводы и рекомендации по улучшению технического состояния и безопасной работы.**

10.1. Оценка технического состояния и безопасной работы ГТС и их механического оборудования, каждого элемента по отдельности и в целом \_\_\_\_\_

---

10.2. Рекомендуемые мероприятия по проведению ремонтных, реконструктивных и других видов работ, направленных на обеспечение надежности и безопасности ГТС с указанием сроков их исполнения:

Подписи председателя и членов комиссии:

## **ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ИНСПЕКЦИОННОЙ ПРОВЕРКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ**

### **ВОДОХРАНИЛИЩ И ГИДРОУЗЛОВ**

#### **Раздел I. Наличие и применение нормативной и технической документации.**

##### **1.1. Наличие на объектах законодательных и подзаконных актов:**

- законы, регулирующие безопасность ГТС;
- подзаконные акты в области безопасности ГТС;
- нормативно-технические акты в области безопасности ГТС.

##### **1.2. Наличие и качество ведения технической документации:**

- акты государственных и рабочих комиссий по приемке объекта и сооружений на нём;
- журнал авторского надзора (в период строительства);
- паспорт ГТС;
- акт отвода земельных участков;
- проектная и исполнительная документация;
- проектная документация на конструктивные изменения ГТС;
- правила эксплуатации ГТС:
  - инструкция по эксплуатации гидромеханического оборудования;
  - инструкция по эксплуатации КИА;
  - инструкция по эксплуатации электротехнического оборудования;
- технические отчеты периода эксплуатации;
- акты специализированных и плановых комиссий по обследованию объектов и их элементов, результаты специальных исследований;
- результаты визуальных, инструментальных и натурных наблюдений технического состояния сооружений объекта и результаты исследования;
- утвержденные критерии безопасности ГТС;
- декларации безопасности ГТС;
- материалы кадастра ГТС;
- план действий эксплуатационного персонала в аварийных ситуациях.

#### **Раздел II. Показатели технического состояния и безопасной работы водохранилища и гидроузла.**

##### **2.1. Проверка технического состояния:**

- использование прилегающей территории объекта, русел рек, водоохранных зон и зоны отчуждения;
- состояние чаши водохранилища (заиление и переработка берегов);
- материалы испытаний (тарировка) фактической пропускной способности водопропускных сооружений (водовыпуска и водосброса);
- освидетельствование гидropостов и пунктов водоучета в верхнем и

- нижнем бьефах гидроузла;
- состояние гребня и берм, верхового и низового откосов плотин и дамб:
    - наличие осадок и трещин, выпора и оплывин грунта;
    - состояние крепления откосов, наличие участков выпора облицовки и разрушения бетона и вымыва грунта из под облицовки, в следствии воздействия ветровых волн, состояние ливнесбросной сети на низовом откосе;
  - состояние бетонных конструкций водопропускных сооружений, наличие смещений, осадок, раскрытие швов, вынос грунта фильтрационным потоком через дефекты бетона, швы и трещины, выщелачивания бетона и коррозии арматуры;
  - места выхода фильтрации на низовой откос плотин, дамб и бортовых примыканий;
  - состояние флютбета, понура, водобоя, водослива, рисбермы, наличие повреждений, размывов, полнота гашения потока в нижнем бьефе сооружения;
  - работоспособность дренажных устройств, как в целом, так и на отдельных участках;
  - наличие средств водоучета, наблюдений за расходом фильтрационных вод, мутностью, температурой и химическим составом вод;
  - работоспособность гидромеханического оборудования:
    - состояние подъемников и привода затворов;
    - фильтрация через уплотнения;
    - коррозия и антикоррозионные мероприятия;
    - вибрация затворов, наличие кавитационных разрушений, деформация обшивки и перекоса затворов;
    - изношенность оборудования, разрушения опорно-ходовых частей;
  - работоспособность водоприемников и систем управления (КИП и автоматики);
  - состояние электротехнического оборудования, кабелей освещения.

## **2.2. Проверка состояния фактических параметров утвержденным критериям безопасности ГТС.**

### **2.3. Проверка оснащенности ГТС средствами измерений:**

- соответствие оснащенности ГТС КИА требованиям проекта, сохранность и исправность;
- выполнение графика проверок КИА и её метрологического контроля;
- наличие и надежность работы систем автоматизированного контроля по сбору и обработке результатов измерений;
- фактическое положение кривых депрессии в теле плотины, установленное по результатам замеров в пьезометрах и их соответствие расчетным.

### **2.4. Проверка оснащенности ГТС средствами связи:**

- наличие, качество и виды средств связи.

**2.5. Проверка организации охраны объекта (вид охраны, количество постов).**

**2.6. Проверка выполнения плановых мероприятий и ранее выданных предписаний по ремонту и реконструкции, а также по обеспечению надёжности технического состояния и безопасности работы ГТС:**

- наличие утверждённых вышестоящей организацией планов мероприятий по ремонту и реконструкции ГТС, достаточность в них объёмов работ для обеспечения надёжности и безопасной работы ГТС;
- выполнение ранее выданных предписаний, рекомендаций актов обследований, требований утверждённой декларации и критериев безопасности, а также других предложений.

**2.7. Проверка наличия и порядок использования аварийных запасов материалов, инструментов и оборудования.**

**2.8. Проверка наличия локальных систем оповещения при аварийных ситуациях.**

**2.9. Наличие и состояние инспекторских дорог.**

- состояние дорог, мостов и подъездов в районе расположения и на территории ГТС.

**2.10. Обеспеченность кадрами:**

- укомплектованность специалистами по штатному расписанию;
- наличие распределения функциональных обязанностей специалистов;
- профессиональная подготовка персонала (обучение и повышение квалификации, аттестация).

**По результатам проверки выявляются факторы, влияющие на безопасность сооружения и выдается предписание по устранению этих факторов.**

**Примечание:** Перечни показателей вопросника не являются неизменными и могут уточняться и дополняться для каждого конкретного сооружения с учётом конструкции и особенностей условий эксплуатации.

**А К Т**  
**инспекционной проверки технического состояния**

(полное наименование водохранилища с указанием кода)

\_\_\_\_\_  
(наименования города, пункта)

\_\_\_\_\_  
(год, дата составления акта)

Краткая характеристика водохранилища (гидроузла) \_\_\_\_\_  
(приводятся основные проектные

\_\_\_\_\_  
параметры водохранилища, конструкция плотины, зона обслуживания, тип, и т.д.)

При проведении инспекционной проверки показатели режима работы водохранилища (гидроузла) соответствовали:

- отметка горизонта воды - \_\_\_\_\_ м.
- объем воды в водохранилище - \_\_\_\_\_ млн. м<sup>3</sup>
- приток воды в водохранилище (гидроузел) - \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/с
- Выпуск воды из водохранилища (гидроузла) - \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/с
- водовыпуск - \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/с;
- водосброс - \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/с.

В результате проверки сооружений, изучения журналов эксплуатации и других технических документов инспекционной проверкой выявлено:

**1. Плотина (дамба).**

1.1. Гребень \_\_\_\_\_  
(отметка, ширина, проезжая часть, покрытие, парапет, состояние гребня трещины, просадки, разрушения, возможность перелива воды)

1.2. Верховой откос \_\_\_\_\_  
(конструкция, состояние откоса облицовки, наличие пустот, просадок разрушений, состояние разгрузочных отверстий и т. п.)

1.3. Низовой откос \_\_\_\_\_  
(конструкция, состояние откоса, наличие промоин от ливневых и поверхностных вод, разрушений, выклинивание вод, нор землероев и т. п.)

1.4. Дренаж \_\_\_\_\_  
(конструкция, состояние дренажа, работоспособность, наличие измерительных устройств, наблюдений за расходами, наличие просадки и смещения откоса в зоне дренажа, заиливание рабочего сечения дренажа и т. п.)

1.5. КИА – пьезометры \_\_\_\_\_  
(наличие, типы, количество (проект/факт/, в работе) достаточность КИА, ведение наблюдений, обработка и анализ результатов наблюдений и т. п.)

- марки, реперы \_\_\_\_\_

(наличие, типы количество (проект/факт/ в работе) достаточность КИА, ведение наблюдений, обработка и анализ результатов наблюдений и т. п.)

- щелемеры \_\_\_\_\_

(наличие, типы, количество (проект/факт/ в работе) достаточность КИА, ведение наблюдений, обработка и анализ результатов наблюдений и т. п.)

## **2. Водовыпуск** \_\_\_\_\_

(туннельный, трубчатый, соответствие пропускной способности расчетной, состояние бетонных галерейных конструкций, наличие наносов, разрушений, каверн, истирания, разрывов, трещин и т.п.)

2.1. Башня, камера затворов \_\_\_\_\_

(наличие трещин, разрывов, разрушений, фильтрации, протечек, влажности в помещении и т. п.)

2.2. Гаситель \_\_\_\_\_

(общее состояние гасителя, наличие разрушений и дефектов, влияющих на безопасность)

2.3. Отводящее русло \_\_\_\_\_

(общее состояние, соответствие пропускной способности расчетной, повреждения элементов сбросного тракта, креплений, размыва русла и берегов реки)

2.4. Гидромеханическое оборудование

А. Рабочие затворы \_\_\_\_\_

(общее техническое состояние МО и металлоконструкций,

\_\_\_\_\_ облицовки уплотнений, наличие фильтрации, деформации обшивки, перекос затворов, разрушения опорно-ходовых частей коррозией, состояние антикоррозионного покрытия, проведение профилактических работ (кем и когда), схема маневрирования затворами)

Б. Аварийно – ремонтные затворы и подъемники \_\_\_\_\_

(техническое состояние затворов

\_\_\_\_\_ и подъемников, облицовки, уплотнений, наличие фильтрации, разрушений, коррозии, состояние антикоррозионного покрытия, схема маневрирования затворами, проведение профилактических работ (ревизии), когда и кем)

В. Крановое оборудование \_\_\_\_\_

(техническое состояние подъемных механизмов, грузоподъемность, освидетельствовано когда и кем и т. п.)

2.5. Электрооборудование \_\_\_\_\_

(наличие и состояние электрооборудования, освидетельствовано кем и когда)

## **3. Водосброс.**

3.1. Входной оголовок \_\_\_\_\_

(тип, соответствие пропускной способности расчетной, наличие

наносов перед оголовком, разрушений, каверн, разрывов, и т. п.)  
3.2. Труба, быстроток \_\_\_\_\_  
(соответствие пропускной способности расчетной, наличие разрушений, каверн, разрывов, и т. п.)

3.3. Гаситель \_\_\_\_\_  
(общее состояния гасителя, наличие разрушений и т. п.)

3.4. Отводящее русло \_\_\_\_\_  
(соответствие пропускной способности расчетной, наличие разрушений, завалов, мусора, иловых отложений, состояние креплений, наличие размывов русла и берегов реки.

3.5. Гидромеханическое оборудование:

А. Рабочие затворы и подъемники \_\_\_\_\_  
(общее техническое состояние МО и

металлоконструкций, облицовки, уплотнений, наличие фильтрации, когда и кем проводились работы (ревизия), схема маневрирования затворами, наличие разрушений, коррозии, состояние антикоррозионного покрытия и т. п.)

Б. Аварийно – ремонтные затворы и подъемники \_\_\_\_\_  
(техническое состояние затворов и

подъемников, облицовки, уплотнений, наличие фильтрации, когда и кем проводились профилактические работы (ревизия), схема маневрирования затворами, наличие разрушений, коррозии, состояние антикоррозионного покрытия, и т. п.)

В. Крановое оборудование \_\_\_\_\_  
(техническое состояние подъемных механизмов, их грузоподъемность, когда и кем выполнено освидетельствование и т. п.)

3.6. Электрооборудование \_\_\_\_\_  
(наличие, состояние электрооборудования, когда и кем выполнено освидетельствование и т. п.)

#### 4. Чаша водохранилища.

4.1. Переработка берегов \_\_\_\_\_  
(состояние берегов (наличие переработки берегов, оползней и т. п.)

4.2. Заиление \_\_\_\_\_  
(наличие заиления, когда и кем определялось заиление чаши водохранилища, его величина и т. п.)

4.3. Водоохранная зона \_\_\_\_\_  
(наличие и состояние водоохранной зоны в натуре, когда и

кем определялось, регистрационный номер Государственного акта, соблюдение правил использования водоохранной зоны и т.п.)



- 5. Испытания (тарировка) фактической пропускной способности водопропускных сооружений** \_\_\_\_\_  
(когда и кем проведена проверка пропускной способности водовыпускных сооружений, результаты проверки и т. п.)
- 6. Электроснабжение** \_\_\_\_\_  
(наличие основного, резервного и автономного питания, их состояние и параметры)
- 7. Связь** \_\_\_\_\_  
(наличие, вид и параметры связи, ее состояние)
- 8. Система оповещения** \_\_\_\_\_  
(наличие надежной системы оповещения об аварийных и чрезвычайных ситуациях)
- 9. Аварийный запас материалов** \_\_\_\_\_  
(наличие инструментов и оборудования; достаточность их объемов и сроков хранения, годность, доступность погрузки и транспортировки при авариях)
- 10. План действий в аварийной ситуации** \_\_\_\_\_  
(наличие плана действий в аварийной ситуации, ликвидации последствий аварий и защиты людей)
- 11. Рабочая и проектная документации** \_\_\_\_\_  
(наличие правил и инструкций по эксплуатации, графиков проведения плановых ремонтов и обслуживания оборудования, журналов наблюдений и анализа результатов по КИА, отчетов, протоколов НТС, актов предыдущих обследований, предписаний и т. п.)
- 12. Укомплектованность объекта Законодательными и нормативно-техническими документами, инструкциями** \_\_\_\_\_  
(указать отсутствующие документы)
- 13. Подъездная дорога** \_\_\_\_\_  
(состояние подъездных путей к ГТС и его элементам)
- 14. Эксплуатационный персонал** \_\_\_\_\_  
(количество ИТР, в том числе с высшим образованием)
- 15. Охрана** \_\_\_\_\_  
(ведомственная или вневедомственная, количество постов, уязвимость диверсиям и т. п.)
- 16. Основные дефекты, влияющие на безопасность водохранилища (гидроузла)** \_\_\_\_\_

**17. Выполнение ранее выданных предписаний, рекомендаций:**

Название документа № и дата	Факторы, определяющие риск опасности	Рекомендации	Отметка о выполнении

**18. Рекомендации по улучшению технического состояния и повышению надежности:**

Факторы, определяющие риск опасности	Рекомендации	Срок исполнения

**19. На основании настоящего акта выдано предписание № \_\_\_\_\_ по обеспечению безопасности работы ГТС.**

(приложить к акту)

**1. Инспектор органа надзора по \_\_\_\_\_ области**

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

**2. Начальник (Главный инженер) \_\_\_\_\_**  
(название эксплуатирующей организации)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

**3. \_\_\_\_\_**  
(должность, организация)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

**4. \_\_\_\_\_**  
(должность, организация)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

# **Примерный перечень вопросов инспекционной проверки технического состояния и безопасной работы НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

## **Раздел I. Наличие и применение нормативной и технической документации.**

### **1. Наличие на объектах законодательных и подзаконных актов:**

- законы, регулирующие безопасность ГТС;
- подзаконные акты в области безопасности ГТС;
- нормативно-технические акты в области безопасности ГТС.

### **2. Наличие и качество ведения технической документации:**

- акты государственных и рабочих комиссий по приемке объекта и сооружений на нём;
- журнал авторского надзора (в период строительства);
- паспорт НС;
- акт отвода земельных участков;
- проектная и исполнительная документация;
- проектная документация на конструктивные изменения НС;
- правила эксплуатации НС:
  - инструкция по эксплуатации гидромеханического оборудования;
  - инструкция по эксплуатации КИА;
  - инструкция по эксплуатации электротехнического оборудования;
- технические отчеты периода эксплуатации;
- акты специализированных и плановых комиссий по обследованию объектов и их элементов;
- результаты визуальных, инструментальных и натурных наблюдений технического состояния сооружений объекта и результаты исследования;
- утвержденные критерии безопасности НС;
- декларации безопасности НС;
- материалы кадастра НС;
- план действия эксплуатационного персонала в аварийных ситуациях.

## **Раздел II. Показатели технического состояния и безопасной работы насосной станции.**

### **2.1. Проверка технического состояния.**

#### **Водозабор:**

- тип, характеристика водозаборного сооружения и МО;
- состояние бетонной части, исправность и комплектность затворов, МО, его энергообеспеченность.

#### **Подводящий канал:**

- состояние откосов, облицовки, сооружений на канале, исправность, отсутствие деформаций и повреждений русла, нарушающих его работоспособность;
- проектная и фактическая пропускная способность, наличие и состояние

- катастрофического водосброса;
- заиливание канала и руслового отстойника (при его наличии).

#### **Аванкамера:**

- состояние бетонной облицовки, сопряжения с водоприёмником, заиливание.

#### **Водоприёмник:**

- состояние надводной бетонной части, результаты последних обследований подводной части;
- комплектность, исправность, герметичность ремонтных и аварийных затворов;
- исправность и герметичность вакуумной системы зарядки сифонов (при наличии сифонного водозабора);
- наличие и состояние грузоподъёмных механизмов, дата их освидетельствования;
- наличие гидрометрической рейки, уровень воды нижнего бьефа, соблюдение проектного напора над осью рабочего колеса.

#### **Соросудерживающее сооружение:**

- наличие и состояние соросудерживающих решеток. Периодичность очистки, перепад уровней, наличие, условия работы, техническое состояние решёткоочистной машины и грузоподъёмных механизмов, характер мусора.

#### **Здание НС:**

- дефекты здания, признаки неравномерной осадки, состояние кровли, фильтрация грунтовых вод в подземной части, остекление, вентиляция и отопление;
- внутреннее освещение, состояние грузоподъёмных механизмов, сроки освидетельствования.

#### **Территория НС:**

- наличие оползневых явлений откосов, осушенность и режим подземных вод;
- состояние подъездных дорог, доступность для крупногабаритного автотранспорта;
- ограждение и освещение территории, характеристика и состояние охраны.

#### **Напорные трубопроводы:**

- состояние бетонной облицовки ложа трубопроводов и прямка у здания НС, дренажных лотков вдоль трассы трубопроводов;
- состояние анкерных и катковых опор, их просадка (по данным натурных съёмок) и прилегание, исправность и герметичность компенсаторов, смотровых люков, герметичность и работоспособность вантузов;
- дефекты и износ (по данным последних замеров) оболочки напорных патрубков насосов, индивидуальных и объединённых напорных трубопроводов, состояние антикоррозийных покрытий.

#### **Водовыпуск НС и напорный бассейн:**

- состояние бетонных конструкций, отсутствие дефектов и повреждений, нарушающих их работоспособность;
- наличие, комплектность, герметичность и техническое состояние клапанов и устройств срыва вакуума (для сифонных водовыпусков);
- комплектность, исправность, герметичность затворов, состояние приводных механизмов и их энергообеспеченность (для прямоточных и комбинированных водовыпусков);
- наличие гидрометрической рейки для измерения уровня воды верхнего бьефа.

#### **Отводящий канал:**

- состояние облицовки, откосов, сооружений на канале, исправность, заиление, наличие деформаций и повреждений русла, нарушающих его работоспособность;
- наличие и состояние катастрофического водосброса;
- проектная и фактическая пропускная способность канала и катастрофического водосброса;
- наличие гидрометрического поста, отклонения уровней воды от проектных допустимых значений.

#### **Насосные агрегаты:**

- целостность и герметичность корпуса насоса, качество соединений с закладными деталями, качество антикоррозионного покрытия;
- герметичность концевой уплотнения насоса, подвод чистой воды на смазку подшипников и уплотнения;
- целостность и герметичность верхней и нижней масляных ванн электродвигателя, отсутствие выброса масла, наличие указателей уровня масла;
- состояние изоляции обмоток статора и ротора (по данным последних высоковольтных испытаний);
- состояние возбuditелей, комплектность, качество и износ щёток и токосъёмных колец;
- комплектность, исправность и герметичность охладителей, состояние камеры горячего воздуха, фактический тепловой режим электродвигателей;
- вибрационное состояние насосов и электродвигателей (визуально).

#### **Дисковые затворы и маслonaпорные установки:**

- подвижность диска, герметичность затворов и гидроцилиндров, комплектность и герметичность систем масло и воздухоснабжения, состояние колонок ручного пульта, скорость падения давления в аккумуляторе МНУ;
- наличие и состояние системы маслоснабжения, насосов и ёмкостей для раздельного хранения чистого и отработанного масла;
- автоматизация управления затворами.

#### **Система технического водоснабжения:**

- источник, способ освещения технической воды, комплектность и техническое состояние насосов техводоснабжения и технологических трубопроводов, отстойников и песколовок, достаточность напора чистой воды в концевых уплотнениях основных насосов.

#### **Система воздухообеспечения:**

- характеристика компрессорного оборудования, частота включений;
- наличие резервного компрессора, воздушных ресиверов.

#### **Дренажная система:**

- заиливание дренажного приемка и потерны, источники и расход дренажных вод, комплектность и исправность насосного оборудования и технологических трубопроводов;
- автоматизация работы дренажных насосов.

#### **Внешнее и внутреннее энергоснабжение:**

- источник и надёжность (частота отключений) энергоснабжения, характеристика ЛЭП и подстанции, многосекционность энергоснабжения, комплектность и техническое состояние распределительного устройства, коммутационной аппаратуры, масляных выключателей, трансформаторов собственных нужд, кабельных соединений, пусковых и защитных устройств, аккумуляторных батарей;
- наличие приборов учёта количества и качества получаемой электроэнергии;
- состояние и укомплектованность пульта управления НС.

#### **Система обслуживания сооружений и оборудования:**

- наличие, состояние и качество ведения технической документации по эксплуатации и ремонту НС, в том числе проектной и исполнительной документации, принципиальных электрических и гидравлических схем, должностных обязанностей персонала, оперативных журналов, суточных ведомостей, технических условий на ремонт насосно-энергетического оборудования, дефектных актов, ремонтных формуляров и актов испытания оборудования и механизмов, статистики отказов и остановок насосных агрегатов, отчётов по произведённым инструментальным исследованиям и натурным наблюдениям: осадка и перемещения сооружений и опор трубопроводов, износ их оболочки;
- периодичность планово-предупредительного ремонта насосно-силового оборудования, технология, применяемое оборудование и оснастка, наличие технического контроля;
- наличие, подготовленность и обеспеченность ремонтных служб и механических мастерских.

### **2.3. Режим работы НС:**

- анализ календарного фонда времени за прошедший период и наработки агрегатов (в работе; в ремонте; в резерве), вынужденных остановок, коэффициент использования оборудования, наличие резерва производительности.

## **2.4. Готовность НС к предупреждению, локализации и устранению аварийных ситуаций:**

- наличие и готовность автономной системы осушения НС при длительном отсутствии энергоснабжения, аварийных источников электропитания и освещения, автоматизация перехода на резервные источники электроэнергии;
- наличие и состояние противопожарной сигнализации, насосного оборудования, систем и средств пожаротушения, срок освидетельствования;
- наличие и состояние инспекторских дорог вдоль каналов и напорных трубопроводов, подъездных дорог, доступность для транспортных средств при внештатных ситуациях;
- наличие и исправность защитных дамб по трассе трубопроводов;
- наличие эффективной системы контроля технологических параметров работы НС, водоучёта, средств дистанционного контроля уровней и положения исполнительных механизмов, средств температурного контроля работы насосных агрегатов;
- комплектность, исправность, достаточность, достоверность, поверка КИП, сигнализации и автоматики;
- состояние системы связи и телемеханики: с кем имеется связь, кто производит оперативное управление режимами водоподачи, надёжность, дублирование, наличие радиосвязи;
- наличие ремонтного оборотного комплекта основных быстроизнашивающихся узлов насосных агрегатов, аварийного запаса материалов, инструментов и оборудования;
- наличие обновлённых Правил эксплуатации НС, содержащих специальные разделы «Обеспечение безопасности сооружений, электротехнического и гидромеханического оборудования НС», «Запрещённые режимы эксплуатации НС»;
- наличие плана действий в аварийной ситуации, ликвидации последствий аварий и защиты людей.

## **2.5. Проверка соответствия фактических параметров утверждённым критериям безопасности НС.**

## **2.6. Проверка организации охраны объекта (вид охраны, количество постов).**

## **2.7. Проверка выполнения плановых мероприятий и ранее выданных предписаний по ремонту и реконструкции, а также по обеспечению надёжности технического состояния и безопасности работы НС:**

- наличие утверждённых вышестоящей организацией планов мероприятий по ремонту и реконструкции НС, достаточность в них объёмов работ для обеспечения надёжности и безопасной работы НС;
- выполнение ранее выданных предписаний, рекомендаций актов обследований, требований утверждённой декларации безопасности и других предложений.

## **2.8. Проверка наличия локальных систем оповещения при аварийных ситуациях.**

### **2.9. Обеспеченность кадрами:**

- укомплектованность специалистами по штатному расписанию;
- наличие распределения функциональных обязанностей специалистов;
- профессиональная подготовка персонала (обучение и повышение квалификации, аттестация).

**По результатам проверки выявляются факторы, влияющие на безопасность НС, и выдаётся предписание по устранению этих факторов.**

**Примечание:** Перечни показателей вопросника не являются неизменными и могут уточняться и дополняться для каждой конкретной НС с учётом конструкции и особенности условий эксплуатации.



# А К Т

## инспекционной проверки технического состояния \_\_\_\_\_

(полное наименование НС)

\_\_\_\_\_  
(наименование города, пункта)

\_\_\_\_\_  
(год, дата составления акта)

Краткая характеристика НС \_\_\_\_\_  
(приводятся основные проектные параметры)

\_\_\_\_\_  
НС, подводящих и отводящих сооружений, напорных трубопроводов, установленного  
насосно-энергетического оборудования и т.д.)

При проведении инспекционной проверки показатели режима работы НС  
соответствовали:

- отметка уровня воды нижнего бьефа - \_\_\_\_\_ м.
- отметка уровня воды верхнего бьефа - \_\_\_\_\_ м.
- подача НС - \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/с
- состав работающих агрегатов - \_\_\_\_\_

В результате проверки сооружений и оборудования НС, изучения журналов  
эксплуатации и других технических документов инспекционной проверкой  
выявлено:

**1. Водозабор** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка технического состояния и работоспособности  
водозаборного сооружения)

**1. Подводящий канал** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка исправности и работоспособности канала  
и расположенных на нём сооружений)

**2. Аванкамера** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка исправности аванкамеры и расположенных  
в ней сооружений)

**3. Водоприёмник** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка технического состояния и  
работоспособности водоприёмника)

**5. Сороудерживающее сооружение** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка работоспособности  
сооружения и расположенных на нём механизмов)

**6. Здание НС** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка состояния здания, грузоподъёмных механизмов,  
систем отопления и вентиляции)

**7. Территория НС** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка состояния площадки НС и подъездных путей)

- 8. Водовыпуск и напорный бассейн** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка исправности водоотводящих сооружений и расположенных там механизмов)
- 9. Напорные трубопроводы** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка износа оболочки и исправности опор и сооружений по трассе трубопроводов)
- 10. Отводящий канал** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка работоспособности канала и расположенных на нём сооружений)
- 11. Насосные агрегаты** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка технического состояния и работоспособности насосов и электродвигателей)
- 12. Дисковые затворы и маслонапорные установки** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка  
\_\_\_\_\_ технического состояния и работоспособности систем управления затворами)
- 13. Система технического водоснабжения** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка технического  
\_\_\_\_\_ состояния и работоспособности системы и насосного оборудования)
- 14. Система воздухоснабжения** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка технич. состояния и работоспособности системы и компрессорного оборудования)
- 15. Дренажная система** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка технического состояния и работоспособности системы и насосного оборудования)
- 16. Внешнее и внутреннее энергоснабжение** \_\_\_\_\_  
(характеристика и оценка состояния и  
\_\_\_\_\_ работоспособности системы подвода и распределения электроэнергии)
- 17. Система обслуживания сооружений и оборудования** \_\_\_\_\_  
(оценка качества и  
\_\_\_\_\_ эффективности обслуживания и ремонта НС, подготовленности и обеспеченности персонала)
- 18. Режимы работы НС** \_\_\_\_\_  
(оценка потенциала и технической готовности НС, реальной степени резервирования)
- 19. Готовность НС к предупреждению, локализации и устранению аварийных ситуаций:** \_\_\_\_\_  
(оценка обеспеченности и готовности НС и персонала к обнаружению и принятию мер по ликвидации аварий)

**20. Система оповещения** \_\_\_\_\_  
(наличие надёжной системы оповещения об аварийных и чрезвычайных ситуациях)

**21. Аварийный запас материалов** \_\_\_\_\_  
(наличие инструментов и оборудования; достаточность их объёмов и сроков хранения, годность, доступность погрузки и транспортировки при авариях)

**22. Укомплектованность объекта законодательными и нормативно техническими документами, инструкциями** \_\_\_\_\_  
(указываются отсутствующие документы)

**23. Эксплуатационный персонал** \_\_\_\_\_  
(количество ИТР, в том числе с высшим образованием)

**24. Охрана** \_\_\_\_\_  
(ведомственная или вневедомственная, количество постов, уязвимость диверсиям и т.п.)

**25. Основные дефекты, влияющие на безопасность насосной станции** \_\_\_\_\_

**26. Выполнение ранее выданных предписаний, рекомендаций:**

Название документа, № и дата	Факторы, определяющие риск опасности	Рекомендации	Отметка о выполнении

**27. Рекомендации по улучшению технического состояния и повышению надёжности:**

Факторы, определяющие риск опасности	Рекомендации	Срок исполнения

**28. На основании настоящего акта выдано Предписание № \_\_\_\_\_ по обеспечению безопасности НС.**

(приложить к акту)

**1. Инспектор органа надзора по \_\_\_\_\_ области**

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)

**2. Начальник (Главный инженер) \_\_\_\_\_**  
(название эксплуатирующей организации)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)

**3. \_\_\_\_\_**  
(должность, организация)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)

**4. \_\_\_\_\_**  
(должность, организация)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)

# **Примерный перечень вопросов инспекционной проверки технического состояния и безопасной работы ГЭС.**

## **Раздел I. Наличие нормативной и технической документации.**

### **1.1. Наличие на объектах законодательных и подзаконных актов:**

- законы, регулирующие безопасность ГТС;
- подзаконные акты в области безопасности ГТС;
- нормативно-технические акты в области безопасности ГТС.

### **1.2. Наличие и качество ведения технической документации:**

- акты государственных и рабочих комиссий по приемке объекта и сооружений на нем;
- журнал авторского надзора (в период строительства);
- паспорта ГТС;
- акт отвода земельных участков;
- проектная и исполнительная документация;
- проектная документация на конструктивные изменения ГТС;
- правила эксплуатации ГТС:
  - инструкция по эксплуатации гидромеханического оборудования;
  - инструкция по эксплуатации КИА;
  - инструкция по эксплуатации электротехнического оборудования;
- технические отчеты периода эксплуатации;
- акты специализированных и плановых комиссий по обследованию объектов и их элементов, результаты специальных исследований;
- результаты визуальных, инструментальных и натурных наблюдений технического состояния сооружений объекта и результаты исследования;
- утвержденные критерии безопасности ГТС;
- декларация безопасности ГТС;
- материалы кадастра ГТС;
- план действий эксплуатационного персонала при аварийных ситуациях.

## **Раздел II. Показатели технического состояния и безопасной работы ГЭС.**

### **2.1. Проверка технического состояния:**

- использования прилегающей территории объекта, русел рек, водохранилищ и зоны отчуждения;
- состояние чаши водохранилища (заиление и переработка берегов);
- наличие инструментов и оборудования для выполнения замерных работ;
- материалы испытаний (тарировка) фактической пропускной способности водопропускных сооружений (водовыпуска и водосброса);
- освидетельствование гидропостов и пунктов водоучета в верхнем и нижнем бьефах ГЭС;
- состояние гребня и берм, верхового и низового откосов плотин и дамб:
  - наличие осадок и трещин, выпора и оплывин грунта;
  - состояние крепления откосов, наличие участков выпора облицовки и разрушения бетона и вымыва грунта из под облицовки, в следствии

воздействия ветровых волн, состояние ливнесбросной сети на низовом откосе;

- состояние бетонных конструкций водопропускных сооружений, наличие смещений, осадок, раскрытие швов; вынос грунта фильтрационным потоком через дефекты бетона, швы и трещины, выщелачивания бетона и коррозия арматуры;
- места выхода фильтрации на низовой откос плотин, дамб и бортовых примыканиях;
- состояние флютбета, понура, водобоя, водослива, рисбермы, наличие повреждений, размывов, полнота гашения потока в нижнем бьефе сооружения;
- работоспособность дренажных устройств, как в целом, так и на отдельных участках;
- наличие средств водоучета, наблюдений за расходом фильтрационных вод, мутностью, температурой и химическим составом вод;
- работоспособность гидромеханического оборудования:
  - состояние подъемников и привода затворов;
  - фильтрация через уплотнения;
  - коррозия и антикоррозийные мероприятия;
  - вибрация затворов, наличие кавитационных разрушений, деформация обшивки и перекоса затворов;
  - изношенность оборудования, разрушения опорно-ходовых частей;
- работоспособность водоприемников и систем управления (КИП и автоматики);
- состояние электротехнического оборудования, кабелей освещения.

## **2.2. Проверка соответствия фактических параметров утвержденным критериям безопасности ГТС.**

### **2.3. Проверка оснащенности ГТС средствами измерений:**

- соответствие оснащенности ГТС КИА требованиям проекта, сохранность и исправность;
- выполнение графика проверок контрольно-измерительной аппаратуры и её метрологического контроля;
- наличие и надежность работы систем автоматизированного контроля по сбору и обработке результатов измерений;
- фактическое положение кривых депрессии в теле плотины, установленное по результатам замеров в пьезометрах и их соответствие расчетным.

### **2.4. Проверка оснащенности ГТС средствами связи:**

- наличие, качество и виды средств связи.

### **2.5. Проверка организации охраны объекта (вид охраны, количество постов).**

### **2.6. Проверка выполнения плановых мероприятий и ранее выданных предписаний по ремонту и реконструкции, а также по обеспечению надежности технического состояния и безопасности работы ГТС:**

- наличие утвержденных вышестоящей организацией планов мероприятий по ремонту и реконструкции ГТС, достаточность в них объемов работ для обеспечения надежности и безопасной работы ГТС;
- выполнение ранее выданных предписаний, рекомендаций, актов обследований, требований утвержденной декларации безопасности и других предложений.

**2.7. Проверка наличия и порядок использования аварийных запасов материалов, инструментов и оборудования.**

**2.8. Проверка наличия локальных систем оповещения при аварийных ситуациях.**

**2.9. Наличие и состояние инспекторских дорог.**

- состояние дорог, мостов и подъездов в районе расположения и на территории ГТС.

**10. Обеспеченность кадрами:**

- укомплектованность специалистами по штатному расписанию;
- наличие распределения функциональных обязанностей специалистов;
- профессиональная подготовка персонала (обучение и повышение квалификации, аттестация);

**По результатам проверки выявляются факторы, влияющие на безопасность сооружения, и выдается предписание по устранению этих факторов.**

**Примечание:** Перечни показателей вопросника не являются неизменными и могут уточняться и дополняться для каждого конкретного сооружения с учетом конструкции и особенности условий эксплуатации.

## А К Т

**инспекционной проверки технического состояния ГЭС** \_\_\_\_\_  
(полное наименование ГЭС с указанием кода)

\_\_\_\_\_

(наименования города, пункта)

\_\_\_\_\_

(год, дата составления акта)

**Краткая характеристика ГЭС** \_\_\_\_\_  
(приводятся основные проектные параметры ГЭС, подводящих  
и отводящих сооружений напорных трубопроводов, энергетического оборудования и т.д.)

При проведении инспекционной проверки показатели режима работы ГЭС соответствовали:

- Пропуск воды через ГЭС - \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/с
- Холостой сброс - \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/с
- Выработка электрической энергии \_\_\_\_\_ кВт час

В результате проверки сооружений и оборудования ГЭС, изучения журналов эксплуатации и других технических документов инспекционной проверкой выявлено:

**1. Плотина (дамба)** \_\_\_\_\_  
(тип, техническое состояние конструктивных элементов)

**1.1. Гребень** \_\_\_\_\_  
(отметка, ширина, проезжая часть, покрытие, парапет, состояние гребня трещины, просадки, разрушения, возможность перелива воды)

**1.2. Верховой откос** \_\_\_\_\_  
(конструкция, состояние откоса облицовки, наличие пустот, просадок разрушений. состояние разгрузочных отверстий и т. п.)

**1.3. Низовой откос** \_\_\_\_\_  
(конструкция, состояние откоса, наличие промоин от ливневых и поверхностных вод, разрушений, выклинивание вод, нор землероев и т. п.)

**2. Водоприемник** \_\_\_\_\_  
(тип, техническое состояние бетонных конструкций)

**3. Деривационный канал** \_\_\_\_\_  
(тип, пропускная способность, тип облицовки, основные размеры, техническое состояние)

**4. Напорно-станционный узел (НСУ):** \_\_\_\_\_  
(состав узла и их краткая характеристика, основные размеры)



**4.1. Напорный бассейн:**

**4.2. Аванкамера:**

**4.3. Водоприемник:**

**4.4. Шугосброс:**

**4.5. Боковой водослив:**

**4.6. Напорная камера** \_\_\_\_\_  
(материал, состояние)

**4.7. Холостой водосброс:**

**4.8. Здание ГЭС** \_\_\_\_\_  
(русловое, отдельно стоящее, воспринимающий напор, не  
воспринимающий напор, состояние здания, наличие грузоподъемных механизмов,  
систем отопления и вентиляции)

**4.9. Турбинные водоводы** \_\_\_\_\_  
(материал, техническое состояние)

**5. Отводящий канал** \_\_\_\_\_  
(тип канала, пропускная способность, основные размеры,  
техническое состояние берегов, крепления и т. д.)

**6. Контрольно-измерительная аппаратура (КИА)** \_\_\_\_\_  
(геодезические знаки (марки, репера),

пьезометры, их количество и соответствие проекту, наличие мерных водосливов на  
дренажной сети, результаты натурных наблюдений в сравнении с предельно-допустимыми  
значениями по проекту)

**7. Водоохранная зона** \_\_\_\_\_  
(наличие и состояние водоохранной зоны в натуре, когда и кем

определялось, регистрационный номер Государственного акта, соблюдение правил  
использования водоохранной зоны и т. п.)

**8. Связь** \_\_\_\_\_  
(наличие, вид и параметры связи, ее состояние)

**9. Система оповещения** \_\_\_\_\_  
(наличие надежной системы оповещения об аварийных  
и ЧС)

**10. Аварийный запас материалов** \_\_\_\_\_  
(наличие инструментов и оборудования;

достаточность их объемов и сроков хранения, годность, доступность погрузки и  
транспортировки при авариях)

**11. План действий в аварийной ситуации** \_\_\_\_\_

(наличие плана действий в аварийной ситуации,  
ликвидации последствий аварий и защиты людей)

**12. Рабочая и проектная документация** \_\_\_\_\_  
(наличие правил и инструкций по эксплуатации,

\_\_\_\_\_ графиков проведения плановых ремонтов и обслуживания оборудования, журналов наблюдений и анализа результатов по КИА, отчетов, протоколов НТС, актов предыдущих обследований, предписаний и т. п.)

**13. Укомплектованность объекта законодательными и нормативно-техническими документами, инструкциями** \_\_\_\_\_  
(указать отсутствующие документы)

**14. Подъездная дорога** \_\_\_\_\_  
(состояние подъездных путей к ГЭС и его элементам)

**15. Эксплуатационный персонал** \_\_\_\_\_  
(количество ИТР, в том числе с высшим образованием)

**16. Охрана** \_\_\_\_\_  
(ведомственная или вневедомственная, количество постов, уязвимость диверсиям и т. п.)

**17. Основные дефекты, влияющие на безопасность ГЭС** \_\_\_\_\_

**18. Выполнение ранее выданных предписаний, рекомендаций:**

Название документа № и дата	Факторы, определяющие риск опасности	Рекомендации	Отметка о выполнении

**19. Рекомендации по улучшению технического состояния и повышению надежности:**

Факторы, определяющие риск опасности.	Рекомендации	Срок исполнения

**20. На основании настоящего акта выдано предписание № \_\_\_\_\_ по обеспечению безопасности работы ГЭС.**

(приложить к акту)

**1. Инспектор органа надзора по \_\_\_\_\_ области**

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)

**2. Начальник (Главный инженер) \_\_\_\_\_**  
(название эксплуатирующей организации)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)

**5. \_\_\_\_\_**  
(должность, организация)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)

**6. \_\_\_\_\_**  
(должность, организация)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)

**Примерный перечень вопросов  
инспекционной проверки технического состояния и безопасной работы  
МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ (КОЛЛЕКТОРОВ)**

**Раздел I. Наличие и применение нормативной и технической документации.**

**1.1. Наличие на объектах законодательных и подзаконных актов:**

- законы, регулирующие безопасность ГТС;
- подзаконные акты в области безопасности ГТС;
- нормативно-технические акты в области безопасности ГТС.

**1.2. Наличие и качество ведения технической документации:**

- акты государственных и рабочих комиссий по приемке объекта и сооружений на нем;
- журнал авторского надзора (в период строительства);
- паспорта канала (коллектора);
- акт отвода земельных участков;
- проектная и исполнительная документация;
- правила эксплуатации;
- акты специализированных и плановых комиссий по обследованию объектов и их элементов;
- результаты визуальных, инструментальных и натурных наблюдений технического состояния сооружений объекта и результаты исследования;
- декларации безопасности;
- материалы кадастра;
- план действия эксплуатационного персонала в аварийных ситуациях.

**Раздел - II. Показатели технического состояния и безопасной работы магистрального канала (коллектора):**

- общие данные КПД канала (коллектора) (проект/факт).

**2.1. Проверка технического состояния ГТС:**

- использование прилегающей территории зоны отчуждения и водоохранной зоны канала (коллектора);
- состояние русла канала (коллектора), (заиление, размыв, обрушение откосов, состояние бетонных покрытий и т.д.) с указанием пикетов;
- наличие средств водоучета, их состояние, освидетельствование пунктов водоучета;
- состояние водопропускных и водораспределительных сооружений канала (коллектора);
- состояние сооружений на пересечение (мосты, акведуки, дюкера, газопроводы, водоводы и т.д.).

**2.2. Проверка соответствия уровня безопасности, действующей декларации безопасности.**

**2.3. Проверка оснащенности КИА:**

- соответствие КИА (пьезометров и километровых столбиков, реперов) требованиям проекта, сохранность и исправность.

#### **2.4. Проверка оснащенности ГТС средствами связи:**

- наличие, и виды средств связи, качество.

#### **2.5. Проверка организации охраны объекта (число постов и вид охраны).**

#### **2.6. Проверка выполнения плановых мероприятий и ранее выданных предписаний по обеспечению надежности технического состояния и безопасности работы канала (коллектора):**

- наличие утвержденной вышестоящей организацией плана мероприятий по ремонту или реконструкции, достаточность в нем планируемых мероприятий для обеспечения надежности и безопасной работы, достаточность объема и своевременность их выполнения;
- организация своевременного проведения планово-предупредительных и капитальных ремонтов элементов объекта;
- проверка хода выполнения ранее выданных предписаний, актов обследований, требований утвержденной декларации безопасности и др. предложений, сведения по принятым мерам по их выполнению.

#### **2.7. Проверка наличия и использования аварийных запасов материалов, инструментов и оборудования.**

#### **2.8. Проверка наличия систем оповещения при аварийных ситуациях на ГТС и готовности локализации и ликвидации опасных повреждений.**

#### **2.9. Наличие и состояние инспекторских дорог:**

- состояние дорог, мостов и подъездов в районе расположения и на территории ГТС.

#### **2.10. Обеспеченность квалифицированными кадрами:**

- укомплектованность специалистами по штатному расписанию;
- наличие распределения функциональных обязанностей эксплуатационного персонала;
- профессиональная подготовка персонала (обучение, повышение квалификации, аттестация).

**По результатам проверки выявляются факторы, влияющие на безопасность сооружения и выдается предписание по устранению этих факторов.**

**Примечание:** Перечни показателей не являются неизменными и должны уточняться для каждого конкретного сооружения в зависимости от природных условий и условий эксплуатации.

## А К Т

**инспекционной проверки технического состояния** \_\_\_\_\_  
(полное наименование (канала, коллектора) с указанием кода)

\_\_\_\_\_  
(наименования города, пункта)

\_\_\_\_\_  
(год, дата составления акта)

**Общие сведения (краткая характеристика)** \_\_\_\_\_  
(местоположения, подвешенная площадь, основные проектные параметры канала (коллектора))

**В результате проверки технического состояния канала (коллектора) с сооружениями, изучения журналов эксплуатации и других технических документов выявлено следующее:**

**1. Канал (коллектор)** \_\_\_\_\_  
(общая характеристика, подвешенная площадь, КПД канала)

**2. Сооружения** \_\_\_\_\_  
(тип, количество, техническое состояние)

**3. Водоохранная зона** \_\_\_\_\_  
(наличие и состояние водоохранной зоны в натуре, когда и кем определялось, регистрационный номер государственного акта, соблюдение правил водоохранной зоны и т. п.)

**4. Испытания (тарировка) фактической пропускной способности водовыпускных сооружений** \_\_\_\_\_  
(тарировка водовыпускных сооружений, результаты проверки и т. п.)

**5. Электроснабжение** \_\_\_\_\_  
(наличие основного, резервного и автономного питания, их состояние и параметры)

**6. Связь** \_\_\_\_\_  
(наличие, вид и параметры связи, ее состояние)

**7. Система оповещения** \_\_\_\_\_  
(наличие надежной системы оповещения об аварийных и ЧС)

**8. Аварийный запас материалов** \_\_\_\_\_  
(наличие инструментов и оборудования, достаточность их объемов и сроков хранения, годность, доступность погрузки и транспортировки при авариях)

**9. План действий в аварийной ситуации** \_\_\_\_\_  
(наличие плана действий в аварийной ситуации, ликвидации последствий аварий и защиты людей)

**10. Рабочая и проектная документации** \_\_\_\_\_  
(наличие правил и инструкций по эксплуатации,

графиков проведения плановых ремонтов и обслуживания оборудования, журналов наблюдений и анализа результатов по КИА, отчетов, протоколов НТС, актов предыдущих обследований, предписаний и т. п.)

**11. Укомплектованность объекта законодательными и нормативно-техническими документами, инструкциями** \_\_\_\_\_  
(указать отсутствующие документы)

**12. Подъездная эксплуатационная дорога** \_\_\_\_\_  
(состояние подъездных путей к ГТС и его элементам)

**13. Эксплуатационный персонал** \_\_\_\_\_  
(количество ИТР, в том числе с высшим образованием)

**14. Охрана** \_\_\_\_\_  
(ведомственная или вневедомственная, количество постов, уязвимость диверсиям и т. п.)

**15. Основные дефекты, влияющие на безопасность канала, коллектора**

---

---

**16. Ранее выданные предписания:**

Название документа № и дата	Факторы, определяющие риск опасности	Рекомендации	Отметка о выполнении

**17. Рекомендации по улучшению технического состояния и повышению надежности:**

Факторы, влияющие на безопасность канала (коллектора)	Рекомендации	Срок исполнения

**18. На основании настоящего акта выдано предписание № \_\_\_\_\_ по обеспечению безопасности работы ГТС.**

(приложить к акту)

**1. Инспектор органа надзора по \_\_\_\_\_ области**

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)

**2. Начальник (Главный инженер) \_\_\_\_\_**  
(название эксплуатирующей организации)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)

**7. \_\_\_\_\_**  
(должность, организация)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)

**8. \_\_\_\_\_**  
(должность, организация)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)



(На бланке органа надзора)

Начальнику (директору)  
(название организации)

### Предписание

об обеспечении безопасности работы

\_\_\_\_\_  
(название ГТС, с указанием его индекса)

При инспекционной проверке надежности технического состояния и безопасной работы выше указанного объекта \_\_\_\_\_ с участием  
(дата)

1. \_\_\_\_\_  
(Ф. И. О.) (должности) (место работы)
2. \_\_\_\_\_  
(Ф. И. О.) (должности) (место работы)

обнаружены нижеследующие факторы, определяющие риск опасности ГТС которые просим устранить в установленные сроки:

Факторы, определяющие риск опасности	Организационно- технические мероприятия по их устранению	Срок исполнения	Ответственный за исполнение

**П Е Р Е Ч Е Н Ь**  
**выявленных факторов, определяющих риск опасности, на**  
**основании предписаний об обеспечении безопасности**  
**гидротехнических сооружений**  
 по состоянию на «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Наименование объектов и номера предписаний	Факторы, определя- ющие риск опасности	Организационно- технические мероприятия по их устранению	Срок испол- нения	Ответственный за исполнение	Источник финансирования
1	2	3	4	5	6

## **ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Преамбула

Глава I. Общая часть.

Глава II. Основные положения.

Глава III. Состав необходимой документации для эксплуатации гидротехнических сооружений.

Глава IV. Общие требования к безопасности гидротехнических сооружений.

Глава V. Требования к безопасности гидротехнических сооружений со специальным оборудованием.

Глава VI. Требования к энергоснабжению, связи, сигнализации и освещению.

Глава VII. Требования к организации контроля.

Глава VIII. Натурные наблюдения (мониторинг) за состоянием гидротехнических сооружений.

Глава IX. Производственно – бытовые помещения.

Глава X. Медицинская помощь.

Глава XI. Противопожарная защита зданий и сооружений

Глава XII. Организация охраны гидротехнических сооружений.

Глава XIII. Ответственность работников за нарушение правил.

Глава XIV. Заключительное положение.

Настоящие Правила безопасности ГТС (далее - Правила) разработаны в соответствии с требованиями законодательства в сфере безопасности ГТС и распространяются на ГТС, независимо от их организационно – правовой формы и формы собственности.

### **ГЛАВА I. Общая часть**

1. Настоящие Правила устанавливают требования, обязательные для исполнения при проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, ремонте, реконструкции, восстановлении, консервации, выводе из эксплуатации и ликвидации ГТС.

2. При проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации ГТС, наряду с настоящими Правилами должны соблюдаться действующие в соответствующих отраслях общие правила безопасности, строительные нормы и правила, санитарные правила, стандарты, правила и инструкции по безопасности труда, противопожарной безопасности, промышленной санитарии и природоохранные мероприятия, а также требования проектов, учитывающие особенности конкретных сооружений.

3. Для отдельных видов сооружений могут быть разработаны более подробные правила безопасности, не противоречащие настоящим Правилам.

## **ГЛАВА II. Основные положения.**

4. ГТС должны строиться и приниматься в эксплуатацию по проектам, разработанным и прошедшим экспертизу в установленном законодательством порядке.

5. Деятельность по проектированию, строительству и эксплуатации ГТС, как сооружений имеющих высокие уровни ответственности должны осуществляться в соответствии с действующим законодательством.

6. Заказчик строительства или эксплуатирующая ГТС организация составляет декларацию безопасности ГТС I, II, III класса капитальности, а также ниже III класса капитальности, представляющие повышенную опасность при ЧС, которая является основным документом, содержащим сведения о соответствии ГТС критериям безопасности. Декларацию безопасности ГТС представляют на утверждение органу надзору за техническим состоянием и безопасностью работы ГТС.

7. Составлению декларации безопасности строящихся и эксплуатируемых ГТС предшествует обследование ГТС, которое организуется заказчиком строительства или эксплуатирующей организацией, с обязательным участием представителя органа надзора.

8. Декларированию подлежат объекты I, II, III класса капитальности и ниже, представляющие повышенную опасность, исходя из возможности возникновения ЧС, с учетом в каждом конкретном случае особенностей эксплуатации, места их расположения и класса ГТС.

9. Разработка и государственная экспертиза декларации безопасности ГТС осуществляется в соответствии с действующим законодательством.

10. Экспертиза декларации безопасности проводится в соответствии с установленными требованиями.

11. В целях всестороннего изучения и оценки технического состояния, учета качественных, количественных характеристик, уровня безопасности и эксплуатации ГТС ведется кадастр ГТС. Кадастровые данные ГТС передаются для включения в Единую систему государственных кадастров.

12. Ведение кадастра ГТС I, II, III класса капитальности, находящихся в государственной собственности, а также входящих в республиканскую и региональную водохозяйственную и энергетические системы осуществляется органом надзора, а по другим ГТС ниже III класса капитальности эксплуатируемыми организациями.

13. Ведение кадастра ГТС и его содержание регулируется действующим законодательством.

14. Задание на проектирование, месторасположение, размещение ГТС, проекты их строительства и реконструкции объектов I, II, III, класса капитальности должны быть согласованы с органом надзора, а также другими уполномоченными органами в порядке, установленном законодательством.

15. Проекты строительства и реконструкции ГТС должны пройти государственную экологическую экспертизу в соответствии с действующим законодательством.

16. Предписания органа надзора по обеспечению безопасности ГТС обязательны для исполнения эксплуатирующими организациями.

17. Для проектируемых, строящихся и эксплуатируемых ГТС, создающих напорные фронты, должны быть определены последствия разрушений, а также границы зоны возможного затопления территории.

18. Техническое расследование причин аварий объектов проводится органом надзора, с участием местных органов власти, а также заказчика строительства и подрядной организации в период строительства или эксплуатирующей организации в период эксплуатации ГТС.

19. В зависимости от масштаба и ущерба аварии правительство может принять решение о создании государственной комиссии по техническому расследованию причин произошедшей аварии и назначать председателя указанной комиссии.

20. Техническому расследованию подлежат все случаи аварии, согласно Классификации аварий на ГТС.

21. Консервация (ликвидация) ГТС осуществляется в порядке установленном законодательством.

22. В пределах зоны расположения ГТС запрещается строительство объектов, не связанных с эксплуатацией. Если в этих зонах расположены такие объекты, необходимо выполнить мероприятия по их защите или выносу на безопасное место в сроки, согласованные с представителями, органа природы и местными органами власти.

23. На ГТС (водохранилища, гидроузлы, НС, каналы, коллектора и ГЭС) должны устанавливаться водоохранные зоны и зоны санитарной охраны.

24. Порядок установления водоохранных зон и зон санитарной охраны, а также режим хозяйственной деятельности в этих зонах определен действующим законодательством.

25. Использование территорий ГТС для осуществления хозяйственной или иной деятельности на участках русел рек должны быть согласованы с органом надзора.

26. На ГТС должен вестись мониторинг безопасности за состоянием сооружений, природными и техногенными воздействиями на него в соответствии с установленным порядком.

27. Запрещается ввод в эксплуатацию ГТС, строительство которых не завершено, в соответствии с проектом, а также не принятых комиссией, назначенной в установленном порядке.

28. Эксплуатация ГТС разрешается только при наличии предусмотренных проектом действующих устройств сигнализации, КИА, КИП, средств связи и освещения, прошедших комплексное опробование в эксплуатационном режиме, и на основании подписанного акта приемочной комиссии.

29. Эксплуатация сооружений входящих в состав комплекса ГТС должна осуществляться в соответствии с требованиями инструкций, утверждаемых руководством эксплуатирующей организации, а технологического оборудования – инструкциями завода изготовителя.

30. Инструкции по эксплуатации ГТС должны пересматриваться не реже 1 раза в 3 года. В случае изменения состояния или условий эксплуатации ГТС соответствующие дополнения должны быть внесены в инструкции и доведены до сведения работников, для которых обязательно знание этих инструкций, о чём должна быть сделана запись в журнале распоряжений.

31. Эксплуатация сооружений представляющих опасность для обслуживающего персонала должны производиться по инструкции, утверждаемой техническим руководством организации. Перечень сооружений, представляющих опасность, определяет руководитель организации.

32. Средства связи, технические и аварийные запасы материальных средств, для осуществления мероприятий по ликвидации аварий должны быть укомплектованы в необходимом количестве и номенклатуре и находиться на определенных в проекте местах.

33. Ко всем ГТС должен быть обеспечен надежный подъезд автотранспортных средств и механизмов в любое время года. Ширина и конструкция проезжей части дорог определяются проектом. Подъездные дороги должны содержаться в исправном состоянии. Схемы подъездных дорог, движения людей и транспорта должны быть определены заранее и доведены до сведения водителей всех автотранспортных средств, задействованных на работах на территории.

34. Въезд постороннего автотранспорта на территорию ГТС запрещается. Заезд транспорта и передвижение людей на территории ГТС допускается только по разрешению руководителя или уполномоченных на это лиц.

35. Должностные лица и специалисты, связанные с эксплуатацией ГТС, должны знать требования настоящих Правил в объеме своих должностных обязанностей.

36. Структура и штаты подразделений, занимающихся эксплуатацией ГТС, устанавливаются руководителем организации в соответствии с проектом, действующими ведомственными нормативными документами, согласовываются и утверждаются в установленном порядке.

37. Деятельность производственных подразделений, занимающихся эксплуатацией ГТС и других объектов, регламентируется положением,

утверждаемым руководителем организации и инструкцией по эксплуатации ГТС, утверждаемой техническим руководителем организации.

38. Заказчик строительства, строительная организация или эксплуатирующая организация обязаны организовать безопасную эксплуатацию ГТС и обеспечить соответствующую нормам и правилам квалификацию работников и специалистов.

Технический руководитель, отвечающий за безопасную эксплуатацию ГТС, назначается из числа специалистов, имеющих высшее образование в области гидротехники.

Специалисты подразделений, занимающихся эксплуатацией ГТС, должны иметь высшее или среднее техническое образование, опыт работы и пройти обучение на право эксплуатации или ведения работ на соответствующих участках и оборудовании.

39. Специалисты, занимающиеся эксплуатацией ГТС, проходят проверку знаний, правил, норм и инструкций не реже одного раза в три года комиссией с участием представителя органа надзора.

Рабочие, связанные с эксплуатацией и обслуживанием ГТС, не реже чем через каждые шесть месяцев должны проходить повторный инструктаж по безопасности труда и не реже одного раза в год - проверку знания инструкций по соответствующим профессиям. Результаты проверки должны оформляться протоколом с записью в журнале инструктажа и личную карточку рабочего под роспись.

40. Каждый работник, в случае обнаружения нарушений в техническом состоянии и работе сооружений, неисправностей оборудования и защитных устройств, показаний КИА, представляющих опасность для людей, оборудования или окружающей среды, должен немедленно об этом сообщить непосредственному начальнику или вышестоящему руководителю и принять меры по устранению нарушений в соответствии со своей должностной инструкцией.

41. Специалисты и рабочие, связанные с эксплуатацией гидромеханического, оборудования, грузоподъемных кранов и других подъемных сооружений, сосудов, работающих под давлением, с обслуживанием электроустановок и другими специализированными работами, должны пройти специальное обучение и допускаться к работе согласно требованиям соответствующих правил.

42. При производстве строительно-монтажных и эксплуатационных работ необходимо соблюдать требования действующих норм и правил.

43. В организации должен быть утвержденный техническим руководителем перечень всех сооружений и оборудования, ремонт которых необходимо осуществлять с выдачей наряда - допуска.

44. Капитальный, средний и текущий ремонты сооружений, сетей и оборудования производятся по ежегодно утверждаемым техническим руководителем графикам ППР.

45. Эксплуатация ГТС должна осуществляться всеми необходимыми строительными машинами, механизмами, транспортными средствами, приборами контроля и материалами.

Эксплуатация ГТС должна обеспечивать их безопасное состояние и надежную работу, а также бесперебойную и экономичную работу технологического оборудования.

46. Аварийно - восстановительные работы выполняются в кратчайшие сроки с момента возникновения аварии, а повреждения, которые создают угрозу для жизни людей и приводят к большому материальному ущербу, устраняются немедленно.

47. Эксплуатирующая организация ГТС обязана обеспечить разработку и утверждение ПДАС.

ПДАС согласовываются с территориальными инспекторами органа надзора, региональными органами МЧС и другими заинтересованными организациями.

48. ПДАС составляется и утверждается техническим руководителем эксплуатирующей организации. При изменениях на гидротехнических объектах, в ПДАС в трехдневный срок должны быть внесены необходимые коррективы, которые в обязательном порядке согласовываются с заинтересованными организациями и под роспись доводятся до сведения соответствующих должностных лиц.

49. Обучение специалистов порядку действий в возможных аварийных ситуациях и личного участия в процессах ликвидации аварий проводит технический руководитель организации, а рабочих - руководитель соответствующего подразделения. Обучение проводится ежегодно с соответствующей регистрацией и отметкой в личных карточках рабочих и специалистов под роспись. Знания проверяется ежегодно.

50. Запрещается допуск к работе работников, не прошедших аттестацию по ПДАС.

51. На сооружениях в доступном для обозрения персонала месте, должен быть вывешен план действия в аварийных ситуациях, в диспетчерском пункте - порядок оповещения об аварийных ситуациях.

52. Учебные тренировки эксплуатационного персонала по выполнению ПДАС проводятся руководителем, занимающимся эксплуатацией ГТС в сроки, установленные ежегодно утверждаемым графиком.

### **ГЛАВА III. Состав необходимой документации при эксплуатации.**

53. В каждом подразделении (отделении, участке) из числа специалистов должно быть назначено должностное лицо, ответственное за получение и хранение технической документации, выделено помещение (шкафы) для ее хранения и заведен журнал учета хранимой и выданной документации.



54. Место и порядок хранения проектной, исполнительной строительной документации и материалов контроля состояния сооружений прошлых лет определяются специальным приказом по предприятию. Документация должна быть зарегистрирована в специальном журнале учета, в котором указываются место постоянного хранения документов и их архивные номера.

55. При смене должностного лица, ответственного за получение и хранение технической документации, должна проводиться инвентаризация всей имеющейся документации. Прием и передача технической документации, необходимой для эксплуатации ГТС, производится комиссией и оформляется актом, который утверждается техническим руководителем организации.

56. Для обеспечения нормальной эксплуатации сооружений и оборудования необходима следующая основная документация:

56.1. Проектная и строительная документация:

- утвержденный проект или рабочий проект со всеми изменениями и дополнениями, материалы экспертизы проекта;
- рабочая документация на строительство или реконструкцию ГТС и других объектов;
- исполнительная строительная документация принятые в эксплуатацию объекты и сооружения;
- исполнительные акты приемки по закладке реперов, марок, щелемеров, пьезометров, водоучетных средств;
- отчеты об инженерных изысканиях, выполненных для составления проекта, рабочей документации и других целей;
- отчеты о научно - исследовательских работах;
- акты приемки сооружений в эксплуатацию государственной и рабочими приемочными комиссиями;
- паспорта и заводские инструкции по эксплуатации установленного оборудования;
- правила эксплуатации ГТС, разрабатываемые в составе проекта;
- результаты мониторинга безопасности ГТС в период строительства;
- положительное заключение государственной экологической экспертизы;
- документ, удостоверяющий право пользования земельным участком.

56.2. Документация, составляемая эксплуатирующей организацией:

- декларация безопасности объекта;
- кадастр ГТС, технические паспорта сооружений, со всеми внесенными изменениями и дополнениями, произошедшими с сооружениями, а также сведениями о капитальном ремонте и реконструкции сооружений;
- инструкция о порядке ведения мониторинга безопасности ГТС;
- инструкции по эксплуатации объектов ГТС;
- действующие должностные инструкции специалистов;
- инструкция по охране труда;

- инструкция по эксплуатации оборудования, зданий и сооружений;
- инструкции противопожарной безопасности и промышленной санитарии;
- материалы по обучению, инструктажу и проверке знаний эксплуатационного персонала;
- порядок оповещения в аварийных ситуациях;
- ПДАС;
- критерии безопасности (контролируемые показатели) ГТС;
- ситуационный план объектов ГТС;
- годовой график работы ГТС (режим работ для водохранилищ, планы водопользования и др.);
- исполнительные поперечники по створам КИА (КИП) с нанесением проектного и фактического положения депрессионной кривой;
- продольный профиль по трассе канала, коллектора, оси дамбы, плотины с указанием проектных и фактических отметок;
- последние съемки заиления и размыва русел, подводных отложений и переработки берегов;
- графики и журналы натурных наблюдений за сооружениями и их отдельными элементами;
- графики планово–предупредительных, ремонтно-восстановительных работ;
- акты на скрытые работы, выполненные эксплуатационным персоналом;
- годовые отчеты о состоянии сооружений ГТС;
- оперативный план пожаротушения.

#### 56.3. Документы для инспектирующих и контролирующих органов:

- лицензия на право строительства или эксплуатации ГТС (в случаях лицензирования деятельности);
- акты комиссионных обследований сооружений, акты и предписания инспектирующих и контролирующих органов, журнал авторского надзора;
- заключения по оценке технического состояния ГТС, выполненные специализированными организациями при централизованных обследованиях;
- акты о произошедших авариях и отказах в работе сооружений и оборудования, материалы расследования их причин;
- заключение государственной экспертизы декларации безопасности ГТС;
- приказы и распоряжения по организациям, касающиеся строительства и эксплуатации ГТС;
- проектная и исполнительная строительная документация, а также материалы инструментальных наблюдений за сооружениями авторского и геотехнического контроля должны храниться в архиве эксплуатирующей организации до окончательной консервации или ликвидации ГТС;
- решение руководителя области или постановление правительства об установлении водоохраной зоны и прибрежной полосы водного объекта.

#### **ГЛАВА IV. Общие требования к безопасности ГТС.**

57. Конструкция, размеры и местоположение ГТС должны соответствовать проекту. Все изменения проектных решений должны быть обоснованы и согласованы генпроектировщиком.

58. Эксплуатация ГТС должна производиться в строгом соответствии с правилами технической эксплуатации.

59. Для обеспечения безопасной эксплуатации сооружений требуется:

59.1 регулярно проводить мониторинг отметок уровня воды в верхнем и нижнем бьефе сооружения в соответствии с правилами эксплуатации сооружения;

59.2 поддерживать у сооружений заданную проектом отметку воды, не допускать заиления верхнего, размыв нижнего бьефов сооружения, заиление русел каналов, коллекторов, препятствующие нормальному пропуску воды;

59.3 своевременно производить очистку от мусора пролетов водопропускных сооружений, не допускать попадания в них посторонних плавучих предметов;

59.4 обеспечить регулярное ведение натурных наблюдений и своевременный анализ их результатов, при необходимости с привлечением специалистов проектных и научных организаций;

59.5 обеспечивать необходимую пропускную способность сооружения, пропуск предусмотренных проектом бытовых и паводковых расходов воды через сооружение и по длине водопроводящей сети.

60. Территории сооружений, трассы каналов, коллекторов должны быть доступны для обслуживания. Автодороги и подъезды к трассе необходимо поддерживать в годном для проезда проезжем состоянии в любое время года.

61. Отходы, образующиеся в процессе эксплуатации ГТС должны храниться временно в специальных местах, утилизироваться или вывозиться на полигоны отходов в установленном порядке.

62. Ежегодно необходимо составлять и утверждать:

62.1 план работы ГТС в увязке с планом водопользования и режимом работы водохранилищ с учетом его фактического технического состояния, которое согласовывается с БУИСом (УИС) и представителем органа надзора (перед началом вегетации);

62.2 график планово - предупредительных ремонтов сооружений и оборудования (к началу года);

62.3 график натурных наблюдений за состоянием ГТС.

63. На ГТС должен осуществляться систематический контроль за состоянием сооружения и соблюдаться заданные параметры, определенные проектом критериев безопасной эксплуатации сооружения, а также своевременно выполняться ремонтные работы и мероприятия по устранению возникших нарушений в режиме работы сооружений.

64. ГТС должны эксплуатироваться при наличии необходимого запаса материалов, инструментов, инвентаря, предусмотренных нормативными документами.

65. Возможность и условия проведения взрывных работ в районе расположения ГТС устанавливаются проектом, согласовываются с техническим руководителем организации. Взрывные работы должны производиться в соответствии с требованиями действующих норм.

Общая масса взрывчатых веществ и отдельных ступеней замедления должна определяться расчетом исходя из допустимых сейсмических нагрузок для данного ГТС.

66. Ограждающие дамбы, плотины, каналы, дренажи, туннели должны иметь знаки, отмечающие попикетно длину сооружений, а также места их пересечения со скрытыми под землей или под водой коммуникациями (кабели, водоводы и т.п.).

67. Запрещается сброс в водоисточники сточных и других вод, а также складирование в районе расположения сооружений, не предусмотренных проектом материалов.

68. У входов на территорию ГТС должны быть предупредительные знаки «Вход воспрещен».

69. На границе ГТС в местах подъездов и возможных подходов должны быть установлены плакаты: «Проход и въезд посторонним лицам запрещен!».

70. Запрещается нахождение на территории посторонних, купание в ближайшей акватории сооружения.

71. При эксплуатации плотин и дамб каналов не допускается срезка грунта, устройство карьеров и котлованов в нижнем бьефе и на низовом откосе дамбы. Разработка грунта на этих участках возможна только при необходимом обосновании.

72. В верхнем и нижнем бьефе сооружений в удобном для наблюдения месте должна быть установлена водомерная рейка из недеформируемого материала с сантиметровым делением либо другая водомерная арматура для наблюдения за уровнем воды. Нуль рейки должен быть привязан к опорному реперу. На водомерной рейке должна быть нанесена критическая отметка уровня воды. Рейку следует устанавливать независимо от наличия приборов дистанционного контроля уровня воды, для возможности периодической проверки правильности показаний приборов дистанционного контроля.

73. Водорегулирующие затворы и механизмы, электротехническое оборудование должны постоянно находиться в рабочем состоянии.

74. После монтажа и капитального ремонта до пуска в эксплуатацию гидромеханическое оборудование должно быть испытано на прочность и герметичность с составлением акта испытания. В случаях если в проекте порядок испытаний не установлен, проводить испытания необходимо в соответствии с требованиями действующих строительных норм и правил.

75. Гидромеханическое, электротехническое оборудование и электрические устройства ГТС должны отвечать требованиям действующих

правил и эксплуатироваться в соответствии с действующими регламентирующими документами, правилами техники безопасности.

76. Вентиляционные устройства туннелей, галерей водовыпусков плотин должны находиться в исправном состоянии.

77. Водопропускные пролеты (отверстия) должны иметь шандорные пазы или аварийно-ремонтные затворы, обеспечивающие ремонт гидромеханического оборудования в случае их поломки.

78. Установка шандоров в процессе эксплуатации сооружений производится с площадок или других устройств, обеспечивающих безопасное ведение работ.

79. Вход на служебный мост, оборудуется оградой с запирающимися воротами или калиткой. Возможность доступа на мост посторонних лиц должна быть исключена.

80. Для осуществления ремонтных работ должны быть созданы необходимые условия по доставке шандор и ремонтных материалов в любое время года. Места хранения средств и ремонтных материалов, ответственные лица за их содержание и эксплуатацию определяются инструкцией.

81. Непосредственно у сооружения должен храниться аварийный запас шандор в количестве, необходимом для перекрытия каждого водопропускного отверстия не менее чем на 0,5 м выше уровня воды в верхнем бьефе.

82. Установка на сооружениях бракованных шандор и любые отступления от проекта в изготовлении и способе их установки запрещаются.

83. Осмотр и ремонт ГТС необходимо осуществлять по наряду - допуску согласно требованиям правил по технике безопасности.

84. Работы по очистке водопропускных сооружений должны производиться в присутствии ответственного руководителя работ.

85. ГТС должны подвергаться 2 раза в год (весной и осенью) общему техническому осмотру, для выявления дефектов и повреждений. Кроме плановых осмотров должны проводиться внеочередные осмотры ГТС после чрезвычайных явлений или аварий. Выявленные повреждения должны быть устранены. По результатам осмотров оформляются специальные акты.

86. Не позднее, чем за месяц до начала паводкового сезона в организации создается противопаводковая комиссия и разрабатывается план мероприятий по безопасному приему и пропуску паводковых вод. План разрабатывается на основе данных прогноза паводка, предоставляемой службой по гидрометеорологии. План должен содержать прогнозируемые сроки прохождения паводка, предварительные расходы, характер и мероприятия по безопасному пропуску паводковых вод.

Противопаводковая комиссия составляет акт о готовности сооружений к приему и пропуску паводка, утверждаемый техническим руководителем организации.

87. Все специалисты и рабочие эксплуатационного персонала должны быть проинструктированы и обучены производству работ, которые могут

возникнуть при приеме и пропуске паводка, о чем делается запись в плане мероприятий.

88. На время пропуска паводка устанавливается круглосуточное наблюдение за уровнем воды и прохождением паводка через водопропускные сооружения, за состоянием сооружений и дамб. Создается дополнительно дежурство из числа инженерно – технических работников на этот период.

89. Промер глубин с лодки должен производиться с применением технических средств (эхолотом) звеном в составе не менее двух человек, одетых в спасательные жилеты. Допускается промер глубин вручную с использованием лота массой не более 10 кг.

При промерах глубин лотом вручную запрещается: становиться на борта или скамейку лодки и перегибаться через борт; наматывать на руку свободный конец лотлиня.

90. Плавучие средства, имеющиеся на ГТС, должны быть исправны и зарегистрированы в порядке установленном действующим законодательством, на них должна быть надпись с указанием грузоподъемности и иметься на борту спасательные средства (спасательные круги или шары, пеньковый канат) и черпаки для удаления воды.

91. К эксплуатации плавучих средств допускаются специально обученные люди. Работы на воде производятся по наряду - допуску.

## **ГЛАВА V. Требования к безопасности ГТС со специальным оборудованием.**

92. К ГТС со специальным оборудованием отнесены гидротехнические части ГЭС, НС, плавучие НС и земснаряды.

93. Каждый агрегат НС должен иметь манометр, вакуумметр (для незаливаемых насосов), термометры или термосигнализаторы для контроля температуры подшипников и обмоток статора электродвигателей там, где это предусмотрено конструкцией двигателя. Агрегаты (основные и вспомогательные), задвижки и затворы должны быть окрашены, пронумерованы, на оборудовании и трубопроводах стрелками указаны направление тока воды и направление вращения штурвалов, рукояток и других управляющих органов (задвижек, затворов и т.п.), расходомеры и приборы контроля уровней нижнего и верхнего бьефов.

94. Пуск и остановку насосных агрегатов следует производить в соответствии с указаниями проекта и инструкцией по их эксплуатации, с учётом технологий эксплуатации сопрягающих сооружений НС с переходными процессами.

95. Все движущиеся части машин и оборудования должны быть ограждены. Работа механизмов при снятом и неисправном ограждении и производство каких-либо операций на работающих механизмах запрещаются.

Во время работы агрегатов запрещается снимать защитные устройства, осуществлять ремонт и тормозить вручную движущиеся части.

96. Запрещается оставлять насосы, работающие не в автоматическом режиме, без надзора обслуживающего персонала, имеющего допуск к их обслуживанию.

97. Периодичность осмотра насосов, работающих в автоматическом режиме, устанавливается инструкцией по эксплуатации.

98. Обо всех отклонениях от заданного режима работы, неполадках и авариях на НС старший по смене должен ставить в известность начальника или диспетчера станции.

99. При эксплуатации насосных агрегатов необходимо соблюдать требования инструкции по эксплуатации.

100. При ремонте оборудования НС электрические схемы приводов должны быть разобраны и на пусковых устройствах вывешены плакаты «Не включать, работают люди».

101. Обслуживание НС производится специально подготовленными лицами, которые обязаны проверять работу оборудования станции, отмечая свои посещения и замечания в специальном журнале.

102. Спуск плавучей НС (земснаряда) на воду следует производить по проекту, утвержденному техническим руководителем организации.

103. В месте установки плавучая НС (земснаряд) должна надежно крепиться и иметь двустороннюю проводную или радиосвязь с подразделением, обеспечивающим ее эксплуатацию.

104. Сообщение между плавучей НС (земснарядом) и берегом, как правило, должно осуществляться по специальному служебному мостику. При отсутствии мостика необходимо иметь плавсредства.

105. Понтоны плавучей НС (земснаряда) должны иметь аварийную звуковую и световую сигнализацию на случай появления течи. В понтоне должен быть установлен креномер. Крен понтонов не должен превышать величину крена, указанную в паспортах насосных агрегатов (земснарядов). Повышенный крен и течи подлежат немедленному устранению.

106. Обслуживающий персонал должен быть обеспечен спасательными жилетами, а на борту НС (земснаряда) должно находиться не менее двух спасательных кругов.

107. Понтоны плавучих НС (земснарядов) должны не реже одного раза в три года осматриваться и в случае необходимости производиться их ремонт и окраска.

108. При НС должен иметься план - схема с указанием материалов, диаметров, длины, глубины заложения труб, мест (пикет) расположения сетевых сооружений, запорной, регулирующей и защитной арматуры, углов поворотов трассы, мест пересечений с другими подземными сетями и вся исполнительная строительная документация.

109. В процессе эксплуатации трубопроводов НС и ГЭС наземной прокладки должны вестись наблюдения за:

109.1 осадками и деформациями трубопроводов и состоянием опорных устройств;

109.2 состоянием оболочки (изоляции или антикоррозионной окраски);

109.3 герметичностью стыков, швов, фланцевых соединений;

109.4 состоянием и работой компенсаторов, трубопроводной арматуры, клапанов срыва вакуума и др.;

110. Для выявления повреждений подземных водоводов необходимо проводить систематические наблюдения за:

110.1 просадкой грунта по трассе трубопровода и поблизости от нее;

110.2 появлением воды в обычно сухих кюветах и канавах в непосредственной близости от трассы трубопровода;

110.3 разностью давления в смежных участках сети по установленным манометрам.

111. Наблюдения за состоянием трубопроводов сооружений и оборудования на них и их техническое обслуживание следует проводить в сроки, установленные в инструкции по эксплуатации.

112. Следить за состоянием компенсаторов и неподвижных опор по трассе пульповодов, при необходимости выполнять их ремонт.

113. Не реже одного раза в квартал проводить ревизию трубопроводной арматуры, противоударных средств и обратных клапанов. Результаты ревизии отражать в специальном журнале с росписью ответственных лиц.

114. Участки трубопроводов, толщина стенок которых достигла критической, подлежат замене. Критическая толщина стенок регламентируется в критериях безопасности сооружения.

115. Эксплуатация запорной арматуры и противоударных устройств должна осуществляться в соответствии с проектом и местной инструкцией по эксплуатации сооружений.

116. Запрещается производить работы (сварка, сверление и т.п.), связанные с ремонтом трубопроводов и арматуры, находящихся под давлением.

117. Контроль за коррозией металлических и железобетонных водоводов от блуждающих токов должен производиться в сроки и способами, указанными в проекте. При обнаружении электрокоррозии необходимо совместно с проектной и специализированной организацией, принять техническое решение по защите трубопроводов и выполнить защитные мероприятия в кратчайший срок.

118. Обо всех обнаруженных неисправностях и принятых мерах по их устранению должны делаться записи в журнале осмотров сооружений.

119. Лица, ответственные за эксплуатацию НС и других её сооружений, а также гидротехнической части ГЭС назначаются начальником станции.

120. После капитального ремонта оборудования и напорных водоводов НС и ГЭС до ввода в эксплуатацию они должны быть испытаны в соответствии с требованиями действующих строительных норм и правил.



## **ГЛАВА VI. Требования к энергоснабжению, связь, сигнализация, освещение сооружений.**

121. Крупные ГТС (плотины, водосбросы, водовыпуски) участвующие в регулировании паводковых и значительных объемов водных ресурсов, кроме стационарного должны иметь автономное (аварийное) энергоснабжения состоящее из дизельных электростанций.

122. ГТС должны быть оборудованы техническими средствами связи и сигнализации, обеспечивающими управление процессами водораспределения, контроль и безопасность их работы.

123. Состояние систем связи и сигнализации на сооружениях должно обеспечивать возможность экстренного оповещения об аварийных ситуациях на всех его объектах.

124. Все водорегулирующие сооружения ГТС, требующие круглосуточного обслуживания, должны иметь стационарное электроосвещение.

125. В осветительных сетях должна применяться электрическая система с изолированной нейтралью при линейном напряжении не более 220 В. В случае применения ламп ДКСТ допускается напряжение 380 В. Подземные выработки, тоннели, галереи и другие участки с повышенной влажностью должны иметь напряжение не более 36 вольт. Для стационарных осветительных установок разрешается применение трансформаторов 6/0,4 кВ с заземленной нейтралью.

Дежурный персонал, работающий в темное время суток, на случай отключения электроснабжения должен быть оснащен аккумуляторными светильниками.

126. Аварийное освещение туннелей и галерей, в которых проложены трубопроводы, водовыпускные лотки, должны постоянно находиться в рабочем состоянии.

127. Освещенность рабочих и административно - бытовых помещений должна отвечать требованиям действующих строительных норм и правил. Освещенность территорий, дорог, проездов и рабочих мест на открытых площадках в темное время суток должна отвечать требованиям действующих стандартов в части освещенности.

## **ГЛАВА VII. Требования к организации контроля.**

128. Для обеспечения безаварийной эксплуатации ГТС должны быть разработаны критерии безопасности. На каждом сооружении должен осуществляться контроль безопасности, основанный на сопоставлении диагностических показателей состояния ГТС с критериальными значениями, определяемых по результатам натурных наблюдений.

129. Натурные наблюдения на ГТС должны проводиться с начала строительства сооружений.

130. Натурные наблюдения за состоянием ГТС I, II и III класса должны включать инструментальный контроль, с использованием установленной на них КИА (КИП). Для дамб и плотин IV класса и их оснований при соответствующем обосновании в проекте допускается не проводить инструментальных наблюдений.

Для дамб и плотин IV класса высотой свыше 10 м контроль за фильтрационным режимом обязателен.

131. Класс сооружений и программа наблюдений (состав наблюдений, периодичность, методики наблюдений и обработки результатов контроля, точки наблюдений, состав КИА (КИП), предельно-допустимые значения контролируемых параметров) устанавливаются проектом или разрабатываются специализированной организацией, в зависимости от их конструктивных особенностей, геологических, гидрогеологических, климатических, сейсмических условий, а также условий возведения и требований эксплуатации.

132. На основе анализа результатов натурных наблюдений и происходящих в сооружении процессов, заданных в проекте, состав и периодичность инструментальных наблюдений, могут быть изменены проектной организацией или эксплуатирующей организацией по согласованию с проектной организацией.

133. При приемке объектов сооружения в эксплуатацию журналы и материалы наблюдений, выполняемых подрядной строительной организацией в процессе строительства, вместе с исполнительной документацией на установленную КИА (КИП) передаются по акту эксплуатационному персоналу.

134. Для проведения натурных наблюдений (мониторинга) на ГТС I, II и III класса должна быть организована группа натурных наблюдений (служба мониторинга), которая обязана немедленно ставить в известность своего непосредственного руководителя о выявленных недостатках и в случае принятия мер по их устранению информировать руководство организации.

Состав и численность группы зависят от состава, объема и периодичности наблюдений и устанавливаются в проекте или эксплуатационной организацией.

135. Допускается проведение инструментальных наблюдений специализированными службами организации (геодезической, гидрогеологической и др.), которые должны сравнивать измеренные величины с заданными в проекте параметрами и критериями безопасной эксплуатации сооружений и немедленно передавать данные в подразделение по эксплуатации ГТС. По результатам наблюдений издается распоряжение на устранение выявленных отступлений от проекта, подписанное техническим руководителем организации.

На сооружениях IV класса контроль за ГТС может возлагаться на специалистов прошедших специальную подготовку.

136. Кроме предусмотренных проектом наблюдений все сооружения должны не реже чем три раза в год подвергаться комиссионным осмотрам:

136.1 перед прохождением паводков в целях проверки готовности ГТС к безопасному пропуску паводковых вод;

136.2 перед вегетационным периодом в целях проверки состояния ГТС и его готовности;

136.3 осенью в целях проверки состояния и подготовки ГТС к нормальной эксплуатации в зимних условиях и очередной вегетационный период;

136.4. после каждого сейсмического толчка интенсивностью 5 баллов и выше с анализом его прочности и устойчивости.

137. Комиссия должна назначаться приказом по организации, а результаты осмотров - оформляться актом.

По акту комиссии издается приказ, в котором определяются сроки и ответственные за выполнение предложенных комиссией мероприятий.

138. Не реже одного раза в пять лет на ГТС должно проводиться централизованное обследование его технического состояния.

139. Состав, порядок и периодичность осмотров подводных частей ГТС определяются проектом и устанавливаются в инструкции по эксплуатации.

Периодичность осмотра подводных частей крупных ГТС не должна превышать 5 лет.

140. При реконструкции существующих сооружений, необходимо осуществлять авторский надзор, представители которого должны принимать участие в приемке указанных сооружений.

141. На основе данных натурных наблюдений, комиссионных обследований и осмотров сооружений, материалов проверок органами государственного надзора, авторского надзора и экспертных заключений служба эксплуатации должна ежегодно составлять годовой отчет о состоянии ГТС. Результаты отчета должны учитываться при составлении ремонтно – восстановительных и эксплуатационных мероприятий.

142. Экземпляр годового отчета не позднее первого квартала года, следующего за отчетным годом, направляется территориальным органам (или территориальному инспектору) надзора.

## **ГЛАВА VIII. Натурные наблюдения (мониторинг) за состоянием ГТС.**

143. На ГТС I, II, III класса должна быть разработана проектная документация мониторинга безопасности ГТС, в составе которой, предусматривается установка КИА для проведения натурных наблюдений за работой и состоянием сооружений и их оснований, как в процессе строительства, так и в период эксплуатации.

Натурные наблюдения могут быть контрольными и специальными.

144. Специальные натурные наблюдения на ГТС должны проводиться при соответствующем обосновании в целях получения данных для уточнения методов и результатов расчета, обоснования конструктивных решений и улучшения условий эксплуатации ГТС.

145. Натурные наблюдения за состоянием ГТС должны проводиться в соответствии с заданной в проекте программой и периодичностью. Натурными наблюдениями контролируют соответствие параметров и состояния сооружений их критериям безопасности.

146. Натурные наблюдения проводят визуальными и инструментальными методами. Натурные наблюдения должны включать:

146.1 контроль соответствия значений контролируемых параметров их ПДЗ;

146.2 контроль состояния всех систем сооружения;

146.3 контроль водного баланса, соблюдения заполнения и сработки водохранилища;

146.4 контроль вертикальных и горизонтальных смещений, бетонных конструкций, фундаментов оборудования и водоподпорных сооружений, деформаций грунтовых плотин и дамб;

146.5 контроль напряжения в арматуре, бетонных элементах и основаниях крупных плотин;

146.6 контроль фильтрационного режима (положение кривой депрессии, градиенты напора, фильтрационного давления в теле плотин и дамб, строительных швах, уплотняющих элементах бетонных плотин);

146.7 контроль качества дренажной воды (объем, мутность, химический состав, температура);

146.8 контроль за техническим состоянием гидроэнергетического оборудования ГЭС и НС.

147. При визуальных наблюдениях должно контролироваться соответствие объекта проектным параметрам и решениям, в том числе:

147.1 соответствие проекту работ по подготовке основания и чаши, возведение плотин, дамб и бетонных конструкций в строительный период;

147.2 состояние откосов, берм и гребня дамб (плотин) и их береговых примыканий: наличие просадок, трещин, подвижек, оползней, оплывин, суффозионных и других негативных явлений;

147.3 состояние дренажных устройств: наличие подпора, заиления, просадок, провалов грунта и выходов воды по трассе дренажа, заболачивания, разрушения лотков и колодцев дренажа, устьевых сооружений;

147.4 состояние водопропускных сооружений: наличие трещин и раковин в бетонных стенках сооружений, течей в стыках стенок сооружений, коррозии металлоконструкций, готовность сооружений к приему и пропуску паводковых вод;

147.5 состояние водовыпусков, трубопроводов и их опор, водозапорных противоударных арматур, насосных агрегатов и другого оборудования;

147.6 состояние доступных для осмотра частей КИА (КИП): наличие крышек, погнутости оголовков, их нумерации, заграждений и пр.;

147.7 состояние конструкций сооружений, откосов, берм и облицовок каналов, наличие под ними промоин, раскрытие швов, зарастание и заиление;

147.8 санитарное состояние территории;

147.9 соблюдение режима водоохранных зон и прибрежных полос согласно действующего законодательства, при выявлении нарушений принять необходимые меры по их устранению.

148. В журнал визуальных наблюдений заносятся сведения обо всех обнаруженных при осмотрах и обследованиях сооружений недостатках. К журналу прилагается план ГТС, на котором отмечаются все участки, где в процессе эксплуатации произошли серьезные нарушения в техническом состоянии сооружений с указанием характера нарушения и даты. Обнаруженные дефектные места обозначаются сигнальными знаками, по которым они могут быть легко найдены.

Должностное лицо, ответственное за техническое состояние ГТС, обязано еженедельно проверять журнал визуальных наблюдений и делать записи о принятых мерах по устранению выявленных недостатков и их исполнению.

149. Эксплуатационный персонал, на который возлагается постоянный осмотр сооружений, протяженность которых более 3 км, должен обеспечиваться транспортным средством.

150. В случаях, когда визуальными наблюдениями выявлены деформации (осадки, просадки, трещины, выпучивание отдельных участков тела или основания дамбы), не носящие опасного характера, на участках деформации устанавливаются инструментальные наблюдения, которые необходимо проводить до стабилизации или полного затухания обнаруженной деформации. При обнаружении опасных деформаций должны немедленно приниматься меры по их устранению.

151. Натурные наблюдения геодезическими методами должны включать:

151.1 геодезические измерения планового и высотного положений по установленным КИА (знакам);

151.2 периодические измерения осадок и смещений сооружений и их оснований, а также размеров отложенных наносов;

151.3 периодические батиметрические съемки чаши с целью определения аккумулярующей способности водохранилища.

152. В случаях, когда инструментальными наблюдениями выявлены возрастающие или не затухающие во времени деформации отдельные участки дамб (плотин), сооружений и их оснований, или других аномальных явлений влияющих на безопасность, должны быть срочно вызваны представители проектной или специализированной организации, для выяснения причин и разработки мероприятий, обеспечивающих безаварийную работу сооружений.

153. Геодезические измерения планового и высотного положений КИА (знаков) дамб и плотин, относительно опорной геодезической (маркшейдерской) сети, должны производиться не реже одного раза в три года, а в случаях выявления деформаций, превышающих допустимые нормы, частота наблюдений может быть увеличена. Когда аппаратура в процессе

эксплуатации сооружения была повреждена или нарушена, плановое и высотное наблюдения этой аппаратуры (знаков) должны производиться сразу после ее восстановления.

154. Проверка нуля водомерной рейки относительно опорного репера должна выполняться ежегодно.

155. Проверка опорных реперов от государственной геодезической сети должна проводиться в случаях превышения допустимых величин разностей между кустовыми реперами от начального цикла.

156. Изменение осадок и смещений сооружений и их оснований должны выполняться в соответствии с требованиями проекта.

157. Наблюдениями за фильтрационным режимом и поровым давлением на сооружениях, где это предусмотрено проектом, определяют:

157.1 положение уровня воды в теле и у основания водоподпорных сооружений и их береговых примыканиях;

157.2 пьезометрические напоры в основании сооружения, в сопряжениях с береговыми сооружениями;

157.3 величины фильтрационных расходов на дренажных линиях, концевых сооружениях дренажа и дренажных коллекторах;

157.4 химический состав и мутность фильтрационных вод;

157.5 местоположение выхода фильтрационных вод на откосы и в береговых примыканиях дамб, наличие суффозии;

157.6 уровни и химический состав грунтовых вод на прилегающей к водоподпорному сооружению территории;

157.7 величины порового давления в водоупорных элементах плотин, их глинистых основаниях и в теле дамбы.

158. Подлежат контролю уровни воды в скважинах наблюдательной сети для оценки возможного подтопления прилегающей территории.

159. Данные результатов натурных наблюдений заносятся в специальные журналы установленной формы.

160. Пьезометры должны быть защищены от засорения запирающимися крышками. Выступающие над поверхностью земли части пьезометров, поверхностных, глубинных марок и рабочих реперов должны быть защищены от повреждения. Конструкция защитных оголовков определяется проектом.

161. Пьезометры должны периодически проверяться на чувствительность, в случаях неудовлетворительных результатов подлежат замене.

162. Металлические части КИА должны быть надежно защищены от коррозии. Выступающие над поверхностью земли защитные оголовки и крышки колодцев покрываются несмываемой краской и на них должна быть нанесена нумерация КИА.

163. Ответственность за сохранность КИА, установленных на ГТС, возлагается на заказчика и строительную организацию – в период строительства объекта или на эксплуатирующую – до ликвидации сооружения.

## **ГЛАВА IX. Производственно – бытовые помещения.**

164. На ГТС, где предусмотрено постоянное дежурство обслуживающего персонала, для обогрева в зимний период и укрытия от осадков должны устраиваться специальные бытовые помещения.

Указанные помещения должны быть электрифицированы, оборудованы средствами оперативной связи и иметь столы, скамьи для сидения емкость с питьевой водой, вешалку для верхней одежды. Количество и местоположение служебных помещений определяются проектом.

165. Температура воздуха в помещении в холодный период должна быть не менее +20 °С. Освещение помещений должно соответствовать установленным требованиям.

## **ГЛАВА X. Медицинская помощь.**

166. В каждом бытовом помещении должны иметься аптечки первой медицинской помощи.

167. Пострадавшие или внезапно заболевшие на работе, после оказания первой медицинской помощи доставляются в ближайшее лечебное учреждение.

## **ГЛАВА XI. Противопожарная защита зданий и сооружений.**

168. Противопожарная защита зданий и сооружений на ГТС должны соответствовать требованиям действующих правил пожарной безопасности, строительных норм и правил, отраслевых стандартов.

169. В каждом бытовом помещении должна иметься инструкция о мерах пожарной безопасности, утвержденная техническим руководителем организации по согласованию с органами пожарного надзора, а также первичные средства пожаротушения.

## **ГЛАВА XII. Организация охраны ГТС.**

170. Эксплуатирующая организация должна разработать мероприятия по организации охраны ГТС.

171. Охрана особо важных категорированных объектов осуществляются специализированными охранными организациями, определяемыми Республиканской межведомственной комиссией.

### **ГЛАВА XIII. Ответственность работников за нарушение правил**

172. Должностные лица, виновные в нарушении настоящих Правил, привлекаются к дисциплинарной, административной или уголовной ответственности в порядке, установленном законодательством.

За нарушение требований настоящих Правил, другие работники предприятий привлекаются к ответственности в установленном порядке.

### **ГЛАВА XIV. Заключительное положение.**

176. Настоящие Правила безопасности ГТС согласованы со всеми заинтересованными министерствами и ведомствами.



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ  
ТЕРРИТОРИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, РУСЕЛ РЕК  
И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НИМ ТЕРРИТОРИЙ НИЖЕ И ВЫШЕ  
ПЛОТИНЫ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ИЛИ ИНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.**

**1. Область применения.**

1.1. Настоящий документ устанавливает порядок проведения проверок по состоянию использования территорий ГТС, русел рек и прилегающих к ним ниже и выше плотины для осуществления хозяйственной или иной деятельности и предназначены для использования в работе органов надзора за безопасностью ГТС, ведомств осуществляющих государственный контроль в области охраны природы, водных и земельных ресурсов (см. Приложение № 1 к методическим рекомендациям).

1.2. В соответствии с законодательством в перечень входят ГТС I, II, III класса (в т.ч. водохранилища, гидроузлы, ГЭС, НС, каналы, коллектора, берегозащитные сооружения).

1.3. Документ является обязательным для организаций, осуществляющих контроль за безопасностью ГТС, соблюдения требований природоохранного законодательства по использованию территорий ГТС, русел рек и прилегающих к ним территорий ниже и выше плотины.

Орган надзора за безопасностью ГТС осуществляет следующее:

- разрабатывает правила и критерии безопасности ГТС;
- проводит совместно с заинтересованными министерствами и ведомствами экспертизу надежности технического состояния и безопасности работы ГТС;
- участвует в размещении ГТС, согласовании заданий на проектирование ГТС, проектов их строительства и реконструкции, контроле за качеством строительства ГТС, приемке их в эксплуатацию, а также в согласовании правил эксплуатации ГТС;
- организует проверку состояния ГТС и соответствия их состояния декларациям безопасности ГТС;
- выдает предписания об обеспечении безопасности ГТС, а также вносит предложения о приостановлении и прекращении действия лицензий на осуществление деятельности по проектированию, строительству и эксплуатации ГТС, относящихся к объектам повышенного риска, в случаях грубого нарушения правил безопасности ГТС;
- дает согласие на использование территорий ГТС, русел рек и прилегающих к ним территорий ниже и выше плотины (за исключением

предоставления земельных участков в водоохраных зонах) для осуществления хозяйственной или иной деятельности;

- запрещает или ограничивает деятельность организаций, осуществляющих эксплуатацию водохозяйственных объектов либо ведущих хозяйственную или иную деятельность в руслах рек и на прилегающих к ним территориях ниже и выше плотины, если такая деятельность может оказывать неблагоприятное воздействие на безопасность ГТС. Запрещение и ограничение деятельности субъектов предпринимательства осуществляется в судебном порядке, за исключением случаев ограничения деятельности на срок не более десяти рабочих дней в связи с предотвращением возникновения ЧС, эпидемий и иной реальной угрозы жизни и здоровью населения;

- осуществляет контроль за организацией охраны ГТС;

- осуществляет иные полномочия в соответствии с законодательством.

Предписания специально уполномоченного органа об обеспечении безопасности ГТС обязательны для исполнения эксплуатирующими организациями.

Государственный контроль за использованием и охраной вод осуществляют местные органы власти и управления, органы по охране природы, Министерство здравоохранения, Министерство сельского и водного хозяйства в порядке, установленном законодательством.

1.4. Экологический контроль осуществляет:

- наблюдение за состоянием окружающей природной среды и ее изменениями под влиянием хозяйственной и иной деятельности;

- проверку выполнения программ и отдельных мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию природных ресурсов, оздоровлению окружающей природной среды, соблюдению требований природоохранного законодательства и нормативов качества окружающей природной среды.

## **ГЛАВА II. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИНСПЕКТОРСКОЙ ПРОВЕРКИ**

### **1. Организация контроля (проверки)**

1.1. Контроль использования территорий ГТС, русел рек и прилегающих к ним территорий ниже и выше плотины для осуществления хозяйственной или иной деятельности производится на проектируемых, строящихся, реконструируемых, действующих, консервируемых и ликвидируемых сооружениях независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности.

1.2. Планирование, организация и проведение проверок объектов, оформление их результатов производится органом надзора за безопасностью ГТС. Периодичность проверок устанавливается согласно действующему законодательству.

Итоги проверки оформляются актом.

1.3. Ведомственный контроль осуществляет ответственный специалист водохозяйственной организации либо объекта.

## **2. Подлежащие к рассмотрению критерии проведения проверок**

2.1. На стадии согласования заданий на проектирование и проектов на строительство, реконструкцию и расширение объектов, проектов ликвидации и консервации ГТС:

а) наличие в проекте специального раздела ЗВОС (заявление о воздействии на окружающую среду);

б) предусматривается ли в проекте наличие устройств для пропуска паводковых вод и рыбы, наличие мероприятий по предотвращению вредного воздействия вод, наводнений, затоплений и подтоплений, разрушения берегов, защитных дамб и других сооружений, заболачивания и засоления земель, эрозии почв, образования оврагов, оползней, селевых потоков и других вредных явлений, предусмотрены ли меры по предупреждению и ликвидации стихийных бедствий, вызванных вредным воздействием вод и ликвидации аварийных ситуаций при прохождении паводков и селей.

в) проверка соблюдения и выполнения условий заключения государственной экологической экспертизы, в части удаления и временного складирования гумусового слоя почвы, растительного покрова, обустройства рыбозащитных устройств и т.д.

2.2. Для действующих объектов:

а) общая характеристика - наименование, ведомственная принадлежность, адрес, ИНН, ФИО руководителя, телефон, дата ввода в эксплуатацию, тип и состав сооружения, проектная производительность, дата последней проверки;

б) визуальный осмотр земель, отведённых под строительство ГТС и сопоставление с земельным кадастром, в части соответствия юридических и фактических границ землепользования Государственным актам земельного отвода, а также условиями и рекомендациями;

в) определение наличия осуществления хозяйственной деятельности сторонними организациями на закреплённой за сооружением территории и в пределах водоохраной зоны или прибрежной полосы;

г) виды хозяйственной деятельности, осуществляемой сторонними юридическим и физическими лицами в пределах границ водохозяйственного объекта, выше и ниже сооружения (разработка карьера общераспространённых полезных ископаемых, капитальные и временные постройки, складские помещения и хранилища, сады, виноградники, огороды) и определение потенциального отрицательного воздействия на состояние ГТС;

д) наличие у сторонних юридических и физических лиц разрешительных документов на право пользования земельным участком (договор аренды, акт, решение местных органов власти);

е) принятые землепользователем (водохозяйственным объектом) меры по отношению к объектам самовольного, незаконного пользования земельным участком (наличие уведомлений, обращений в вышестоящие организации, местные органы власти, суд и т.п.);

ж) благоустроенность территории объекта (общее количество и площадь зелёных насаждений, в том числе многолетних по видам растений);

з) случаи вырубki деревьев и снятие травяного покрова в пределах установленных границ землепользования, в том числе, незаконная, из них сторонними субъектами;

и) принятые землепользователем меры по фактам ущерба нанесённого растительному миру (обращение к контролирующим органам);

к) наличие разрешительной и нормативной документации (разрешение на специальное водопользование - дата, номер, сроки действия, разрешённый объём водопотребления в тыс.м<sup>3</sup>/год, м<sup>3</sup>/сут лимиты забора воды - установленный объём в тыс. м<sup>3</sup> /месс., тыс.м<sup>3</sup> /год);

л) наличие, типы и техническое состояние средств учёта воды, ведение журнала учёта воды, средне месячные показатели забора воды;

м) наличие планов водопользования и его соответствие фактическим показателям - сравнительная таблица данных журнала учёта (ежемесячных показателей) фактического и лимитированного водозабора;

н) причины сверхлимитного забора воды и принятые меры по соблюдению установленных норм;

о) наличие на объекте (ГТС) ёмкостей горючесмазочных материалов, их место расположение и техническое состояние;

п) контроль соблюдения требований режима водоохраных зон (согласно Приложению № 2 к методическим рекомендациям) общее санитарно-экологическое состояние территории - складирование отходов, в том числе наличие несанкционированных сторонними субъектами свалок мусора в пределах водоохраной зоны водного объекта;

р) наличие плана природоохранных мероприятий и их выполнение;

с) проверка выполнения ранее выданных предписаний;

т) наличие ведомственного контроля за состоянием использования земель выше и ниже гидротехнического сооружения.

### **ГЛАВА III. МЕРЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА НАРУШЕНИЯ**

#### **1. Взаимодействие Органа надзора за безопасностью ГТС, при осуществлении контроля с другими контролирующими органами**

1.1. Органу надзора дела об административных правонарушениях не подведомственны. В установленном законодательством порядке к проверкам могут быть привлечены другие контролирующие органы.

1.2. При выявлении нарушений указанных в перечне раздела 2 Главы II, в отсутствие сторонних, контролирующих органов, инспектора органа

надзора составляют протокол по факту нарушения и для принятия решения передают материал соответствующим компетентным контролирующим органам.

Судьи по административным делам рассматривают дела об административных правонарушениях в следующих случаях: при самовольном пользовании природными ресурсами (вода, земля, недра, растительный и животный мир), повреждении водохозяйственных сооружений и устройств.

Государственному органу по охране природы, водных и земельных ресурсов подведомственны дела об административных нарушениях в следующих случаях: при бесхозяйственном использовании земель и их порче, отступлении от проектов землеустройства, нарушении требований по использованию недр; нарушении правил охраны водных ресурсов, нарушении правил водопользования, нарушении правил ведения государственного учета вод, незаконной вырубке деревьев, нарушении режима водоохраных зон, нарушении правил охоты, рыболовства или охраны рыбных запасов, нарушении природоохранных требований при транспортировке, размещении, утилизации, захоронении промышленных, бытовых и иных отходов, реализации проектов без положительного заключения государственной экологической экспертизы.

## **2. Ответственность за нарушения, допущенные субъектами хозяйственной и предпринимательской деятельности**

2.1. Лица, виновные в нарушении правил по использованию территорий ГТС, русел рек и прилегающих к ним территорий ниже и выше плотины при осуществлении хозяйственной деятельности, несут ответственность в установленном порядке.

Предприятия, учреждения, организации и граждане обязаны возместить вред, причиненный нарушением законодательства, в порядке, установленном законодательством. Возмещение ущерба не освобождает виновных от ответственности в соответствии с законодательством.

Переуступка права природопользования и другие сделки, в прямой или скрытой форме нарушающие право государственной собственности на природные ресурсы, недействительны.

**Водоохранной зоной водохранилищ** и других водоемов является территория, прилегающая к их акватории, на которой в целях поддержания надлежащего санитарного состояния, предотвращения загрязнения, засорения вод и заиления водохранилищ продуктами эрозии почв, а также создания и поддержания благоприятного водного режима устанавливается специальный режим и хозяйственная деятельность разрешается только после подписания с организацией, в чьем ведении находятся данные объекты, договорных обязательств о гарантированном обеспечении необходимых требований эксплуатации с привлечением средств на их содержание.

Ширина водоохранной зоны должна определяться исходя из назначения водохранилищ и других водоемов, характеристики и хозяйственного использования прилегающих к ним земель, рельефа местности и должна составлять:

- вокруг больших (емкостью от 1,1 до 10 (км<sup>3</sup>)) водохранилищ и других водоемов - 300-500 метров;
- вокруг средних (емкостью от 0,6 до 1 куб. километра) водохранилищ и других водоемов - 200-300 метров;
- вокруг малых (емкостью от 0,2 до 0,5 куб. километров) водохранилищ и других водоемов - 100-200 метров;
- вокруг очень малых (менее 0,1 куб. километров) водохранилищ и других водоемов - до 100 метров.

В пределах водоохранной зоны водохранилищ и других водоемов выделяется прибрежная полоса, где устанавливается более строгий режим хозяйственной деятельности.

В состав прибрежной полосы, как правило, включаются пляжи, береговые уступы, оползневые участки, осыпи в границах водоохранной зоны.

Минимальные размеры прибрежных полос устанавливаются в зависимости от видов прилегающих к водохранилищам и другим водоемам угодий (пашни, сенокосы и другие) и крутизны склонов с учетом емкостей водоемов. На пашне, многолетних насаждениях, лесных площадках и древесно-кустарниковых насаждениях прибрежные полосы устанавливаются при крутизне склонов до 3 градусов - 55 метров, от 3 до 8 градусов - 35 - 40 метров. При уклоне более 8 градусов ширина прибрежных полос определяется в каждом случае отдельно.

Во всех случаях прибрежная полоса устанавливается шириной не менее 20 метров от уреза воды при нормальном подпорном горизонте воды.

**Водоохране зоны устанавливаются вдоль всех рек, саев и ручьев,** имеющих постоянный или временный сток, независимо от того, в чьем ведении они находятся или по чьим землевладениям и землепользованиям они протекают.

Ширина водоохраной зоны рек, саев и ручьев принимается с учетом геоморфологических, гидрогеологических условий, характера использования прилегающих земель и среднего многолетнего расхода в следующих размерах:

- на больших реках (с расходом свыше 100 куб.м. воды в секунду) - 300 - 500 метров;
- на средних реках (от 5 до 100 куб.метров воды в секунду) - 100 - 300 метров;
- на малых реках (от 2 до 5 куб.м в секунду) – 50 – 100 метров;
- на очень малых реках (саях до 2 куб. метров воды в секунду) - до 50 метров.

Ширина водоохраной зоны по всей длине рек устанавливается разная в зависимости от расхода стока воды на каждом отрезке его длины. В пределах водоохраной зоны по берегам рек и саев выделяется прибрежная полоса, на которой строго ограничивается хозяйственная деятельность и запрещается возведение каких-либо промышленно-гражданских строений, объектов жилья, социально-бытового и культурного назначения.

Ширина прибрежной полосы рек и саев определяется от среднемноголетнего уреза воды и устанавливается на реках в зависимости от прилегающих к ним угодий и крутизны склонов берегов в следующих размерах:

- на пашне и многолетних насаждениях при крутизне склонов до 3 градусов - 35 - 55 метров и более 3 градусов - 55 - 100 метров;
- на сенокосах и пастбищах при крутизне склонов до 3 градусов - 25 - 35 метров и более 3 градусов - 35 - 50 метров;
- на лесных площадях и древесно-кустарниковых насаждениях при крутизне склонов до 3 градусов - 35 - 55 метров и более 3 градусов - 55 - 100 метров.

Максимальные значения относятся к наиболее эродлируемым почвогрунтам.

**Вдоль всех магистральных каналов, их ветвей и межхозяйственных, распределителей, магистральных и межхозяйственных коллекторов устанавливаются прибрежные полосы,** в которых вводится специальный режим хозяйственной деятельности и запрещается установка каких-либо водозабирающих машин, механизмов, временных, постоянных сооружений, строений без согласия хозяйства, в чьей принадлежности находятся эти объекты.

Прибрежные полосы и устраиваемые в них сооружения должны обеспечить защиту вод от загрязнения поверхностными стоками, эрозионных процессов берегов, водотоков и других действий, влияющих на состояние вод, при этом заборы воды всеми водопотребителями в любых объемах могут осуществляться только по договорам с организациями водного хозяйства. Внутренняя граница прибрежной полосы устанавливается от расчетного уреза воды каналов и коллекторов, а внешняя граница должна совпадать с границей отчуждения земель.

Ширина прибрежной полосы и полосы отчуждения каналов, коллекторов определяется действующими нормами отвода земель, установленными органами водного хозяйства, типовыми профилями водотоков и проектами их строительства.

В целях предотвращения влияния на состояние вод вдоль магистральных каналов пропускной способностью свыше 50 куб. метров воды в секунду, магистральных коллекторов с проектно-расчетным расходом свыше 10 куб. метров воды в секунду устанавливаются водоохранные зоны.

Ширина водоохранных зон магистральных каналов и коллекторов устанавливается с учетом геоморфологических, гидрогеологических условий, характера использования прилегающих земель и принимается от границы полосы отчуждения в следующих размерах:

- для магистральных каналов пропускной способностью от 50 до 100 куб. метров воды в секунду, коллекторов с проектно-расчетным расходом от 10 до 20 куб. метров воды в секунду - 100 метров;
- для магистральных каналов пропускной способностью от 100 до 150 куб. метров воды в секунду и коллекторов с проектно-расчетным расходом от 20 до 50 куб. метров воды в секунду - 200 метров;
- для магистральных каналов пропускной способностью свыше 150 куб. метров в секунду и коллекторов с проектно-расчетным расходом свыше 50 куб. метров воды в секунду - 300 метров.

Приложение № 2  
к методическим рекомендациям

**В водоохранных зонах водохранилищ и других водоемов, рек, саев, магистральных каналов, и коллекторов запрещается:**

- применение и захоронение, любых видов ядохимикатов для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорными травами;
- строительство складов для хранения ядохимикатов, пестицидов, гербицидов и минеральных удобрений, площадок для затравки аппаратуры ядохимикатами, устройство взлетно-посадочных полос для ведения авиационно-химических работ;
- устройство канализационных очистных сооружений и различного вида накопителей сточных вод;
- размещение животноводческих комплексов и ферм, птицефабрик, мест захоронения зверей, скота и птиц, свалок мусора и отходов производства, химических и радиоактивных веществ, а также использование на орошение подготовленного жидкого навоза;
- устройство стоянок, заправочных пунктов горюче-смазочных материалов, мест технического ухода, ремонта и мойки автотранспорта, тракторов, сельскохозяйственной и другой техники;



- внесение удобрений по снежному покрову, использование в качестве удобрений не обезвреженных навозо-содержащих сточных вод, а также сброс неочищенных промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод;

- ненормированный выпас скота, особенно на элементах овражно-балочной сети;

- вырубка древесно-кустарниковых насаждений, за исключением рубок ухода за лесом и санитарных рубок.

Строительные, дноуглубительные и взрывные работы, добыча полезных ископаемых и водных растений, прокладка кабелей, трубопроводов и других коммуникаций, буровые, сельскохозяйственные и другие работы на водоохраных зонах водохранилищ и других водоемов рек и саев, влияющих на состояние вод, должны производиться только по разрешению районных органов управления, согласованному с государственными органами охраны природы и санитарного надзора, а также органами водного хозяйства. Запрещается применение авиационных обработок сельскохозяйственных и лесных угодий ядохимикатами на расстоянии 2 километров от нормального подпорного уровня воды, водохранилищ и других водоемов.

**В пределах прибрежных полос дополнительно к ограничениям, установленным выше запрещается:**

- возделывание сельскохозяйственных культур (за исключением временных посевов в междурядьях молодых насаждений) без разрешения районных органов управления, согласованного с государственными органами охраны природы и органами водного хозяйства;

- применение органических и минеральных удобрений;

- выпас скота и организация летних лагерей содержания скота;

- любые виды строительства и расширение действующих объектов;

- устройство палаточных городков, стоянок автомобилей и лодочных причалов за пределами специально отведенных для этих целей мест;

- производить уничтожение тары из под удобрений;

- производить чистку, мытье тары, машин и оборудования, применяемого для транспортирования и внесения удобрений;

- мытье шерсти, мочка льна, кенафа, кож.

**ПОЛОЖЕНИЕ  
О ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ИНСПЕКТОРЕ ОРГАНА НАДЗОРА  
ЗА БЕЗОПАСНОСТЬЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

**Общие положения.**

1. Инспектор в своей деятельности руководствуется существующим законодательством страны, международными договорами, приказами органа надзора и настоящим положением.

2. Инспектор осуществляет свою деятельность на местах по надзору и контролю за техническим состоянием и безопасной работой ГТС согласно утвержденным органом надзора мероприятиям.

**Основные задачи.**

3. Основная задача Инспектора является осуществление на местах надзора и контроля за:

надежностью технического состояния и обеспечением безопасности работы крупных и особо важных водохозяйственных объектов;

техническим перевооружением и обновлением оборудования ГТС;

создания и использования аварийных материально-технических резервов по обеспечению безопасности работы ГТС;

соблюдения норм и правил безопасности ГТС при их проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию и эксплуатации, реконструкции, ремонте, консервации, а также выводе из эксплуатации и ликвидации;

организацией надежной охраны крупных и особо важных водохозяйственных объектов.

4. Инспектор содействует в организации работ по установлению водоохранных зон, прибрежных полос ГТС и осуществляет контроль за выполнением требований к этим зонам и полосам.

**Функции.**

5. Инспектор в соответствии с возложенными задачами на орган надзора выполняет следующие функции:

- организует проверку состояния крупных и особо важных водохозяйственных объектов и соответствие их состояния декларациям безопасности ГТС;

- обеспечивает совместно с соответствующими и заинтересованными организациями разработку предложений по предупреждению происшествий,

связанных с техническим состоянием и безопасной работой крупных и особо важных водохозяйственных объектов;

- участвует в работе областных комиссий, связанных с вопросами надежностью технического и безопасного состояния ГТС;

- участвует в ликвидации аварий и стихийных бедствий на крупных гидроузлах, плотинах, каналах и насосных станций;

- участвует в подготовке и рассмотрении проектов, связанных с деятельностью крупных и особо важных водохозяйственных объектов;

- участвует в выборе, размещении крупных и особо важных водохозяйственных объектов и в согласовании заданий на проектирование, экспертизе проектов их строительства и реконструкции, контроле за качеством строительства и приемке их в эксплуатацию, а также в согласовании правил эксплуатации ГТС;

- участвует в согласовании использования территорий ГТС, русел рек и прилегающих к ним территорий ниже и выше плотины (за исключением предоставления земельных участков в водоохранных зонах) для осуществления хозяйственной или иной деятельности;

- участвует в разработке проектов нормативных правовых актов в области безопасности ГТС;

- участвует в осуществление «Программного комплекса для ведения системы мониторинга оценки безопасности крупных и особо важных водохозяйственных объектов».

## **Права.**

### **6. Инспектор имеет право:**

- беспрепятственно посещать ГТС, знакомиться с материалами по вопросам безопасности и организации технического контроля;

- проверять в пределах своей компетенции в порядке, установленном законодательством, работу организаций, предприятий, учреждений по обеспечению технического и безопасного состояния ГТС;

- заслушивать информации и доклады руководителей предприятий и организаций по вопросам, связанным с обеспечением надежного технического состояния, эксплуатации и безопасности крупных и особо важных водохозяйственных объектов;

- требовать и получать от соответствующих организаций и предприятий нормативные акты, планы мероприятий, приказы, инструкции, документы, сведения и материалы, касающиеся вопросов технического состояния и безопасности крупных и особо важных водохозяйственных объектов;

- выдавать предписания на бланке, утвержденным органом надзора, по обеспечению надежности технического состояния и безопасной работы крупных и особо важных водохозяйственных объектов.

### **Организация деятельности инспектора.**

7. Инспектор вправе беспрепятственно посещать ГТС, ознакомливаться с материалами по вопросам технического состояния безопасности ГТС.

8. Инспектор назначается приказом Начальника органа надзора по согласованию.

9. Инспектор подотчетен органу надзора.

10. Инспектор несет персональную ответственность за выполнение возложенных на него задач и функций, определенных настоящим Положением.

11. Старший надзорщик ГТС.

Осуществляет работы по диагностированию отдельных элементов ГТС на техническую надежность. Участвует в выполнении комплекса геодезических работ, обеспечивает геодезический контроль за соблюдением геометрических параметров объектов. Определяет общее техническое состояние ГТС, по результатам которых вносит предложения Инспектору. Следит за качеством ремонтно – строительных работ на объектах.

Оказывает практическую помощь Инспектору в выполнении им функциональных обязанностей.

Перечни ГТС, на которые распространяется ответственность территориальных инспекторов, исходящие из настоящего Положения, прилагаются.

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО  
ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ  
СООРУЖЕНИЙ.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор: Р.Р.Ходжаев