

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПЛАН ОСНАЩЕНИЯ
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
АППАРАТУРОЙ
(ТИПОВОЙ ПЛАН)

МАРТ 2021

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПЕРЕДОВОЙ ПРАКТИКИ ПО
БЕЗОПАСНОСТИ ПЛОТИН



THE WORLD BANK
IBRD • IDA | WORLD BANK GROUP



GWSP
GLOBAL WATER
SECURITY & SANITATION
PARTNERSHIP

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

О Глобальной Практике по Водным Ресурсам

Начавшая свою деятельность в 2014 году, Глобальная Практика по Водным Ресурсам группы Всемирного Банка в рамках единой платформы объединяет механизмы финансирования, управление знаниями и механизмы реализации. Объединяя глобальные знания Банка с инвестициями в страны, эта модель создает больше экономического потенциала для преобразовательных решений, с целью оказания помощи странам в устойчивом росте.

Посетите нашу веб-страницу по адресу www.worldbank.org/water или следите за нашими новостями в социальной сети Twitter по адресу [@WorldBankWater](https://twitter.com/WorldBankWater).

О Глобальном Партнерстве в области Водной Безопасности и Санитарии (GWSP)

Данная публикация стала возможной благодаря поддержке Глобального партнерства в области водной безопасности и санитарии (GWSP). GWSP – это многосторонний донорский трастовый фонд, администрируемый Глобальной практикой Всемирного банка по водным ресурсам и финансируемый Министерством иностранных дел и торговли Австралии, Федеральным министерством финансов Австрии, Фондом Билла и Мелинды Гейтс, Министерством иностранных дел Дании, Министерством иностранных дел Нидерландов, Министерством экономических отношений и цифровой трансформации Испании (MINECO), Шведским агентством международного сотрудничества и развития, Государственным секретариатом Правительства Швейцарии по экономическим вопросам, Швейцарским агентством по развитию и сотрудничеству, и Агентством США по Международному Развитию.

Посетите нашу веб-страницу по адресу www.worldbank.org/gwsp или следите за нашими новостями в социальной сети Twitter по адресу [@TheGwsp](https://twitter.com/TheGwsp).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПЛАН ОСНАЩЕНИЯ КОНТРОЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРОЙ (ТИПОВОЙ ПЛАН)

МАРТ 2021

© 2023 Международный Банк Реконструкции и Развития / Всемирный Банк
1818 H Street NW, Washington, DC 20433
Телефон: 202-473-1000; веб-сайт: www.worldbank.org

Данный документ был первоначально опубликован Всемирным банком на английском языке в 2021 году. В случае расхождений преимущественную силу должен иметь исходный язык.

Данная публикация является результатом работы сотрудников Всемирного банка при участии сторонних организаций. Содержащиеся в настоящем документе выводы, толкования и заключения принадлежат его авторам и не обязательно отражают мнения Всемирного банка, его Совета Исполнительных Директоров или правительств, которые они представляют.

Всемирный банк не гарантирует точность данных, содержащихся в настоящей публикации. Национальные границы, цвета, обозначения и прочая информация, помещенная на картах в настоящей публикации, не являются выражением мнения Всемирного банка относительно юридического статуса какой-либо территории и не означают подтверждения или признания какой-либо территории таких границ.

Права и Разрешения

Материалы, содержащиеся в данной публикации, охраняются авторским правом. Поскольку Всемирный банк приветствует распространение своих публикаций, данная работа может быть воспроизведена полностью или частично в некоммерческих целях при условии указания полной ссылки на эту работу.

Данное Приложение 2: План Оснащения Контрольно-измерительной Аппаратурой (Типовой План) является дополнительным документом к Рекомендации по применению передовой практики по Безопасности Плотины. Ссылка на данный документ должна оформляться следующим образом: World Bank. 2021. “Good Practice Note on Dam Safety – Appendix 2: Instrumentation Plan (Sample Framework).” World Bank, Washington, DC.

Любые вопросы относительно прав и лицензий, включая производственные права, следует направлять по адресу: Издательский Отдел Всемирного Банка, The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA; факс: 202-522-2625; электронная почта: pubrights@worldbank.org.

Дизайн обложки: Билл Праглуски, Critical Stages, LLC.

Приложение 2

План оснащения контрольно-измерительной аппаратурой (Типовой План)

Введение

В данном типовом плане приведены основные элементы Плана Оснащения Контрольно-Измерительной Аппаратурой (ПОКИА), в частности: система и программа мониторинга контрольно-измерительной аппаратурой; сбор, анализ и отчет данных, полученных от измерительных устройств. В приложении А приведено примерное содержание ПОКИА.

ПОКИА является одним из четырех планов обеспечения безопасности, применимым к категории крупных плотин¹ в соответствии с Социально-Экологическими Принципами Всемирного Банка, Социально-Экологическим Стандартом – 4 и Приложением 1 к Рекомендации по применению передовой практики по Безопасности Плотины. В список планов входят: (а) План осуществления надзора за строительством и обеспечения качества работ (ПНСиОК), (б) План оснащения контрольно-измерительной аппаратурой (ПОКИА), (с) План эксплуатации и технического обслуживания (ПЭиТО) и (d) План аварийной готовности (ПАГ). В цикле реализации проектов Всемирного Банка ПОКИА требуется перед проведением тендера как часть документации по детальному проектированию и тендерной документации. Часть информации касательно порядка и периодичности сбора данных для мониторинга, их обработки, анализа, отчетности и работ по техническому обслуживанию, могут быть включены или дополнены в ПЭиТО.

Ключевые характеристики плотины

В плане должны быть представлены основные характеристики плотины, в частности:

- Назначение, тип, высота, длина плотины по гребню, объем водохранилища и т.д.;
- Тип, пропускная способность и условия эксплуатации водосбросных сооружений и т.д.;
- Основные характеристики сопутствующих объектов (например, электрогенераторной станции, водозабора и т.д.);
- Информация о площади водохранилища и водосбора;
- Основные потенциальные источники опасности;
- Расположение плотины и подъездных путей.

¹ В соответствии с СЭС4 - Приложение 1, пункт 2, категория охватывает “крупные плотины” и “малые плотины”, которые могут создавать риски для безопасности или, в течение срока эксплуатации потенциально могут стать “крупными плотинами”

Назначение контрольно-измерительной аппаратуры

Основная цель контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) - измерение, сбор и анализ данных об основных физических параметрах плотины и связанных с ней сооружений для того, чтобы: (а) оценить их работу и функционирование, (б) обнаружить потенциальные дефекты и неисправности на ранней стадии, и (с) подтвердить функционирование сооружений в соответствии с проектом.

В ПОКИА должно быть четко прописан необходимый объем контрольно-измерительной аппаратуры для мониторинга и оценки безопасной работы плотины и сопутствующих сооружений в период строительства и наполнения водохранилища, а также в течение всего срока эксплуатации. Для максимально раннего выявления аномалий и изменений в работе плотины, которые могут свидетельствовать об ухудшении состояния или неисправности сооружения и объектов плотины, данные мониторинга должны анализироваться и интерпретироваться для своевременного реагирования. Хотя КИА не могут заменить регулярные визуальные осмотры, они предоставят критически важные данные для проверки работы плотины и ее состояния. Контрольно-измерительные приборы также могут быть использованы для проверки проектных предположений и для определения потенциальных режимов аварий. Следовательно, при проектировании контрольно-измерительной системы (КИС) для каждой плотины важно учитывать потенциальные опасности и режимы аварий.

Объем и требования к измерительным приборам

Объем и требования к КИС должны соответствовать типу и размеру плотины, методу строительства, условиям и характеристикам места строительства. Следует тщательно определить тип, количество и характеристики необходимых приборов мониторинга с учетом особых условий плотины, процессов, связанных с функционированием плотины, требуемых параметров для мониторинга, типа и размера плотины, состояния основания, технологии строительства, возможностей приборов и диапазона измерений, требуемой степени точности и уровня надежности, порядка монтажа и так далее.

Для выбора и определения требований к КИА следует применять подход, основанный на учете потенциальных рисков. Это достигается путем определения ситуаций, при которых может произойти авария или нарушение режима работы. Следовательно, КИС должна быть спроектирована таким образом, чтобы отслеживать эксплуатационные характеристики плотины и основные показатели аномальных режимов, ведущих к потенциальной аварии.

КИС должна быть простой, надежной, точной и автономной, устойчивой к условиям строительства и эксплуатации, и защищенной от неправильного обращения. Датчики должны быть простыми в установке, калибровке, обслуживании и эксплуатации. Система КИА должна включать достаточное количество приборов для измерения параметров, критически важных для безопасности плотины, и предусматривать определенное резервирование на случай отказа приборов или для сверки показаний. Также можно рассмотреть возможность внедрения автоматизированной системы мониторинга для более частого измерения основных параметров безопасности плотины, таких, как уровень воды в водохранилище, пьезометрические уровни, фильтрационные потоки и уровень мутности, для повышения качества и надежности системы мониторинга.

Управление жизненным циклом КИС

Степень интенсивности мониторинга состояния плотины при различных нагрузках должна быть наиболее высокой на начальных этапах жизни проекта (первое наполнение водохранилища и первые годы после ввода в эксплуатацию). В этот период подтверждается правильность большинства принятых решений во время проектирования и строительства.

В период эксплуатации плотины может потребоваться установка дополнительных приборов для оценки и подтверждения безопасности плотины. Дополнительные приборы могут быть установлены в результате выявления инженерами по безопасности плотины изменений условий, анализа состояния или рекомендаций, полученных в результате инспекций по безопасности плотин.

Измерительные приборы могут иметь разные сроки службы. Малоинерционные приборы, к примеру, имеют более короткий срок службы. В целях обеспечения безопасности и надежности плотин при эксплуатации необходимо всегда иметь соответствующий мониторинг и КИС. КИС, рассчитанная на длительный период, должна быть внедрена не позднее завершения испытаний во время первого заполнения резервуара. Для этого в КИС должен соблюдаться баланс между малоинерционными приборами с коротким сроком службы и более долговечными приборами.

Исходя из проектных ожиданий, план управления жизненным циклом должен содержать программу мероприятий по пересмотру и восстановлению КИС в заранее определенных интервалах в течение всего срока реализации проекта. Таким образом, ПОКИА должен периодически пересматриваться и обновляться в соответствии с приобретенным опытом.

Программа Мониторинга КИА

Стандартные показатели состояния и типы приборов

В таблицах А.1 и А.2 приведены ключевые параметры, характеризующие состояние бетонных и каменно-набросных плотин, часто включаемые в программу мониторинга. В таблицах также приведены основные типы и расположение КИА для мониторинга ключевых показателей состояния.

ТАБЛИЦА А.1. Основные параметры, характеризующие состояние, и КИА для бетонных плотин

Параметры, характеризующие состояние	Тип КИА	Стандартное размещение наблюдательных точек
Фильтрационное противодавление	<ul style="list-style-type: none">Манометр противодавленияВибрационный проволочный пьезометр	<ul style="list-style-type: none">Зона контакта плотины с основаниемОснование плотиныУстой плотины
Фильтрационный поток	<ul style="list-style-type: none">Водомерные лотки	<ul style="list-style-type: none">Подшва низового откоса плотиныПодшва устояСмотровые и дренажные галереи
Деформации	<ul style="list-style-type: none">ДеформометрыЩелемеры и трещиномеры	<ul style="list-style-type: none">Гребень плотиныУстой плотиныСекции плотины

ТАБЛИЦА А.2. Основные параметры, характеризующие состояние, и КИА для земляных и каменно-набросных плотин

Параметры, характеризующие состояние	Тип КИА	Стандартное размещение наблюдательных точек
Поровое давление	<ul style="list-style-type: none"> Шахтные пьезометры Гидравлический пьезометр со спаренными трубками Вибрационный проволочный пьезометр 	<ul style="list-style-type: none"> Тело плотины Основание плотины Устой плотины
Фильтрационный поток	<ul style="list-style-type: none"> Водомерные лотки Нефелометр 	<ul style="list-style-type: none"> Подошва низового откоса плотины Подошва устоя
Деформации	<ul style="list-style-type: none"> Деформометры Геодезический контроль осадок и перемещений 	<ul style="list-style-type: none"> Гребень плотины Устой плотины

Следует отметить, что перечень приборов мониторинга, приведенный в этих таблицах, не является исчерпывающим, и может потребоваться проведение наблюдений других ключевых показателей состояния. Выбор показателей для мониторинга следует осуществлять индивидуально для каждой конкретной плотины. В частности, плотины в сейсмически активных районах должны быть оборудованы акселерографами на уровне гребня и фундамента для записи состояния плотины при землетрясениях.

Периодичность мониторинга

Типичные интервалы мониторинга и наблюдений приборами приведены в таблице А.3. Периодичность наблюдений для каждой плотины должна определяться после консультации с квалифицированными специалистами по безопасности плотин, а также с учетом типа плотины или основания, конкретных требований к мониторингу ключевых показателей плотины, потенциальных рисков и т.д.

Установка и Техническое Обслуживание

Установка, Калибровка и Испытание

Установка, калибровка и проверка работоспособности измерительных приборов должна осуществляться в соответствии с руководством по эксплуатации прибора для получения надежных и точных данных. Монтаж и наладка приборов для натурных наблюдений должны осуществляться специалистами согласно проектной документации по размещению КИА. Исполнительно-техническая документация по установке и калибровке, должна храниться в надежном месте, и при возможности должна быть интегрирована в саму систему мониторинга.

Техническое обслуживание

ПОКИА должен включать в себя программу технического обслуживания. В программе должен быть описан комплекс мероприятий по техническому надзору и обслуживанию КИС и КИА, и периодичность этих мероприятий для поддержания приборов в работоспособном состоянии. Иногда необходимость в обслуживании может быть выявлена в процессе анализа данных. Для того, чтобы специалисты, оценивающие данные, могли предупредить специалистов по КИА о необходимости проведения технического обслуживания, необходимо создать механизм обратной связи. Регулярное выполнение программы профилактического обслуживания может предотвратить масштабные ремонтные работы и обеспечить надежность измерений. Записи выполнения работ по техническому

ТАБЛИЦА А.3. Типичные интервалы мониторинга и наблюдений КИА

Состав и виды натуральных наблюдений	Уровень риска		
	Низкий	Средний	Высокий
Рутинные обследования	Ежемесячно	Еженедельно	Ежедневно
Уровень воды водохранилища	Во время рутинных обследований	Непрерывное	Непрерывное/ Телеметрическое наблюдение
Фильтрация	Во время рутинных обследований	Ежемесячно - Ежедневно	Ежедневно
Кривая депрессии/противодавление			
Деформометрические наблюдения	Каждые 10 лет	Каждые 5 лет	Ежегодно
Измерение количества осадков	Как правило, не требуется	Ежедневно	Ежедневно - ежечасно
Сейсмометрические наблюдения	Как правило, не требуется	По мере необходимости	По мере необходимости
Мутность фильтрата	По мере необходимости	Раз 6 месяцев или год	Ежемесячно

Примечание: Периодичность мониторинга и наблюдений определяется в соответствии с классификацией рисков, указанных в 7-главе Рекомендации по Применению Передовой Практики по Управлению безопасностью плотин с учетом рисков.

обслуживанию должны быть задокументированы, чтобы обеспечить необходимую информацию для обновления плана технического обслуживания, периодичности технического обслуживания и обеспечения требуемых ресурсов.

Сбор, Анализ и Отчет Данных

Сбор, Обработка и Хранение Данных

Процедура сбора, контроля качества и хранения данных должна быть указана при проектировании и установке приборов с особым учетом метода сбора данных (ручная или автоматизированная система сбора данных), требуемой частоты мониторинга и объема хранения данных, доступных человеческих и финансовых ресурсов для сбора и анализа данных.

При необходимости использования большего количества приборов или если своевременная передача показаний считается критически важной для безопасности плотины, может быть целесообразно установить специальную автоматизированную систему опроса контрольно-измерительной аппаратуры (АСО КИА). Она должна быть разработана индивидуально с учетом количества и типа приборов, подлежащих мониторингу.

Данные приборов, а также записи визуальных наблюдений должны быть введены в защищенную от несанкционированных манипуляций АСО КИА. Рекомендуется использование специальных программ для регистрации, обработки данных КИА и других записей наблюдений, представления и интерпретации всех данных в нужном формате. Для плотин низкого риска можно использовать обычные электронные таблицы, но для плотин среднего и высокого риска стоит рассмотреть использование АСО КИА. В любом случае, данные должны быть легко доступны, легкие в использовании, храниться в надежном месте и периодически обновляться.

Анализ и интерпретация данных

Анализ и интерпретация данных являются основой для: (а) понимания функционирования и производительности плотины, (b) выявления потенциального развития дефектов и нарушений, и (с) проверки состояния и определения необходимости технического обслуживания КИС.

Для интерпретации данных записей приборов и трендов требуются квалифицированные инженеры. Обучение необходимо для наращивания потенциала специалистов, эксплуатирующих плотину. Недостаточный уровень знаний по сбору и оценке данных является основным источником рисков при первом заполнении водохранилища и при длительной эксплуатации.

Исходные данные, поступающие от приборов, обычно не представлены в единицах или в форматах, подходящих для анализа и оценки. Данные должны быть преобразованы с использованием соответствующих инженерных формул в инженерные единицы, подходящие для анализа и оценки. Исходные данные должны проходить проверку для выявления и удаления аномальных значений, которые могут возникнуть из-за проблем с приборами.

Оценка производительности и состояния проводится путем анализа отклонений данных и трендов от ожидаемой общей производительности при преобладающих условиях уровня воды в водохранилище и погодных условиях (температура и количество осадков) с использованием инженерных моделей плотины, разработанных в ходе проектирования. Презентация данных для облегчения оценки обычно включает графики временной зависимости, диаграммы рассеяния между двумя параметрами или между приборами с известной взаимосвязанностью и так далее. Презентация данных для облегчения оценки обычно включает графики временной зависимости, диаграммы рассеяния между двумя параметрами или между приборами с известной взаимосвязанностью и так далее. Графики данных позволяют специалистам (а) сравнивать фактическое и прогнозируемое функционирование сооружений, (b) выявлять ошибки в полученных данных, (с) оценивать тренды и периодические воздействия параметров мониторинга, (d) сравнивать различные показатели производительности по нескольким приборам и (е) прогнозировать состояния сооружений.

Важно развивать организационный потенциал компании оператора плотины для развития технического персонала, умеющего анализировать данные приборов, путем организации соответствующих программ обучения. В качестве альтернативы необходимо рассмотреть возможность привлечения сторонних организаций для оказания таких технических услуг и предусмотреть это в бюджете. Это должно быть привязано к ПЭИТО.

Отчет Данных

Специалисты по безопасности плотины должны регулярно отчитываться перед руководством по безопасности плотины, освещая результаты анализа и оценки данных мониторинга с точки зрения состояния безопасности плотины и ее функционирования, а также выдавать рекомендации по ремонту и восстановлению.

Система также должна включать возможность создания уставок сигнализации и предупреждения по наблюдаемым параметрам, при превышении которых немедленно начинается детальная проверка, информируется руководство и специалисты по безопасности плотины для обеспечения дальнейшей целостности плотины.

Приложение А: Стандартное содержание ПОКИА

1. Введение
2. Основные характеристики плотины
 - 2.1. Основные характеристики плотины и прилегающих сооружений
 - 2.2. Общие условия и потенциальные опасности
3. Программа и система мониторинга КИА
 - 3.1. Назначения КИА
 - 3.2. Объем и требования к измерительным приборам
 - 3.3. Управление жизненным циклом КИС
 - 3.4. Программа Мониторинга КИА (Основные параметры, характеризующие состояние, типы КИА, интервалы мониторинга)
 - 3.5. Установка и техническое обслуживание
4. Управление данными
 - 4.1. Сбор, Обработка и Хранение Данных
 - 4.2. Анализ и интерпретация данных
 - 4.3. Отчет Данных

Приложения

Карты, чертежи, графики, контрольные листы и т.д. должны быть приложены в качестве приложений, включая следующие (примеры):

- Перечень всех приборов мониторинга (типы, количество, местоположение, основные характеристики и т.д.)
- Планы расположения приборов и исполнительно-технические чертежи
- Таблица интервалов мониторинга и наблюдений КИА
- Паспорта и руководства пользователей производителей приборов мониторинга

