

ОСОБЕННОСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ГИДРОУЗЛОВ

Н. Н. Линкевич, кандидат технических наук

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь*

Аннотация

Проведение обследований гидроузлов носит базовый, определяющий характер для оценки: технического состояния и безопасности гидротехнических сооружений (ГТС) и их комплексов, прогноза их изменения во времени; достаточности принятых (или принимаемых) собственником сооружения мер по предупреждению аварийных ситуаций; соблюдения эксплуатирующей организацией правил, инструкций и других нормативных документов по технической эксплуатации ГТС; возможности их дальнейшей безаварийной эксплуатации или необходимости восстановления и усиления. Такие мероприятия являются основой для разработки рекомендаций по повышению безопасности ГТС и неотъемлемой частью при проектировании их капитального ремонта или реконструкции. Представлены положения методики натурных обследований эксплуатируемых ГТС гидроузлов, повышающих эффективность и надежность их эксплуатации.

Ключевые слова: натурные исследования, техническая документация, предварительный технический осмотр, общее (визуальное) и детальное (инструментальное) обследование, категория технического состояния, класс дефектов, степень износа конструкций.

Abstract

N. N. Linkevich

FEATURES OF SURVEYING OF OPERATED HYDRAULIC STRUCTURES OF HYDRO-ENGINEERING FACILITIES

Conducting surveys of hydraulic structures is a basic determining nature for assessing: the technical condition and safety of hydraulic structures (HS) and their complexes, forecasting their changes over time; the adequacy of measures taken (or being taken) by the owner of the structure to prevent emergency situations; compliance by the operating organization of the rules, instructions and other regulatory documents on the technical operation of the HS; the possibility of their further trouble-free operation or the need for restoration and strengthening. Such measures are the basis for developing recommendations for improving the safety of HS and an inalienable part in the design of their major repairs or reconstruction. The article presents the provisions of the methodology for surveys of HS of hydro-engineering facilities in operation, which increase the efficiency and reliability of their operation.

Keywords: field studies, technical documentation, preliminary technical inspection, general (visual) and detailed (instrumental) examination, technical condition category, defect class, degree of wear of structures.

Введение

В настоящее время на территории Беларуси действует 159 водохранилищ (водоемов, имеющих полный объем более 1 млн м³) различного назначения (в целом на Земле таких более 100 тыс) – для целей энергетики, мелиорации, водоснабжения, рыбного хозяйства, рекреации [1, с. 8]. По состоянию на 1 сентября 2020 г. в нашей стране работает 53 гидроэлектростанции установленной мощностью 96 МВт¹. Уже действуют Богинская,

Полоцкая и Витебская ГЭС в Витебской обл.; Зельвенская и Гродненская – в Гродненской; Саковщинская, Жодинская и Вилейская – в Минской; Тетеринская – в Могилевской обл. и целый ряд других.

Гидротехнические сооружения, с помощью которых создают водохранилища и являющиеся особо значимыми, классифицируют по нескольким признакам: так, по условиям использования выделяют постоянные и вре-

¹ О Государственной программе «Энергосбережение» на 2021–2025 годы (в ред. постановления Совета Министров Респ. Беларусь от 09.02.2023 № 116): постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 24 февр. 2021 г. № 103. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100103> (дата обращения: 22.07.2025).

менные¹. Постоянные ГТС в зависимости от назначения подразделяют на основные и второстепенные; основные ГТС в зависимости от их высоты и типа грунтов оснований, социально-экономической ответственности и условий эксплуатации – на классы (I–IV). Для каждого класса сооружений устанавливаются дифференцированные требования.

Согласно СН 3.02.07-2020 постоянные основные ГТС I, II, III классов относят к объектам первого класса сложности, остальные – к объектам второго класса; ГТС мелиоративных систем, мелиоративные системы и сооружения, сооружения полносистемных прудовых рыбоводных хозяйств, рыбоводных промышленных комплексов – к объектам третьего класса сложности². Оценка состояния объектов потенциальной опасности требует наличия объективной информации об их техническом состоянии, которая может быть получена в ходе проведения натурных обследований, важный результат которых – выявление сооружений, нуждающихся в ремонте, модернизации, реконструкции или сносе.

Методика натурных обследований разработана на основании опыта проведения подобных работ [2–7], обзора и анализа источников, в том числе нормативных, упоминающихся в данной статье.

Обследование зданий, в том числе ГТС, производят для оценки соответствия показателей их эксплуатационных качеств проектной документации и требованиям технических нормативных правовых актов (далее – ТНПА) в следующих случаях: 1) для определения пригодности здания к дальнейшей эксплуатации; 2) паспортизации; 3) проектирования ремонта, реконструкции, модернизации, реставрации; 4) изменения нагрузок или воздействий; 5) изменения условий эксплуатации; 6) определения износа; 7) смены собственни-

ка, уточнения стоимости; 8) решения вопросов утилизации; 9) возобновления строительства законсервированных объектов; 10) по требованию собственника, органов власти, страховых компаний и т. д.³ Обследование и оценка технического состояния строительных конструкций должна производиться организацией или ее подразделением, имеющими право на проведение соответствующих работ в соответствии с требованиями⁴, с учетом рекомендаций производителей конкретных видов оборудования.

Программа обследования с конкретным перечнем и объемом обследуемых конструкций, необходимых для данного здания или сооружения работ приводится в техническом задании заказчика, согласованном при необходимости исполнителем и проектировщиком. В задании также указываются цель и задачи обследования, вид обследования, этапы работ (при необходимости), класс сложности объекта, источники финансирования, особые требования заказчика, сроки начала и окончания работ.

Обследование проводится комиссией, цель которой – а) определить объективные показатели состояния гидротехнических сооружений (параметры повреждений конструкций, физико-механические характеристики бетона различных зон сооружения и т. д.), необходимые для оценки их фактического ресурса работоспособности и безопасности; б) оценить соответствие показателей их эксплуатационных качеств предписаниям проектной документации и требованиям ТНПА.

Основными задачами обследования сооружений являются:

оценка общего состояния конструкций и их соответствия проектной документации, выявление дефектов, повреждений и неблагоприятных процессов;

¹ Гидротехнические сооружения общего назначения: СН 3.04.01-2020. Минск: Минстройархитектуры, 2021. 135 с.

² Объекты строительства. Классификация: СН 3.02.07-2020. Минск: Минстройархитектуры, 2021. 10 с.

³ Техническое состояние зданий и сооружений: СН 1.04.01-2020. Минск: Минстройархитектуры, 2021. 66 с.

⁴ Гидротехнические сооружения общего назначения: СН 3.04.01-2020; Техническое состояние зданий и сооружений: СН 1.04.01-2020; Общие положения по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений: СП 1.04.02-2022. Минск, 2022. 78 с.; Обследование и усиление стальных конструкций: СП 1.04.04-2023. Минск, 2023. 134 с.; Обследования и испытания мостов и труб: СП 3.03.06-2023. Минск, 2023. 33 с.; Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения: ГОСТ 21778-81. Москва, 1981. 12 с.; Основы проектирования конструкций. Оценка существующих конструкций: СТБ ISO 13822-2017. Минск, 2017. 48 с.; Основы проектирования строительных конструкций: СН 2.01.01-2022. Минск, 2022. 65 с.; Гидротехнические сооружения специального назначения: СН 3.04.02-2020. Минск, 2021. 57 с.

вскрытие возможных причин появления последних и разработка профилактических или восстановительных мероприятий по устранению дефектов для обеспечения надежной и безопасной работы сооружения, а также по предотвращению отказов и аварий, улучшению режимов эксплуатации и оценке уровня безопасности и риска аварий.

В ряде случаев необходимо оценить остаточный срок службы здания/сооружения; разработать или восстановительные мероприятия с оценкой целесообразности их выполнения, или только поддерживающие (временные) меры для обеспечения безопасной эксплуатации объекта на установленный заказчиком конкретный ограниченный период времени и т. д.¹.

Обследование производят с помощью средств измерений, прошедших метрологическую оценку в соответствии с законодательством об обеспечении единства измерений, и оборудования, прошедшего оценку характеристик (аттестацию или иным способом) на соответствие требованиям, установленным методами контроля из числа допущенных к применению на территории Беларуси². При проведении работ по обследованию зданий, сооружений соблюдают требования безопасности труда в соответствии с ТНПА.

Результаты обследования комиссия оформляет в виде *отчета, акта или заключения* (далее – отчет), который подписывают председатель и все члены комиссии. В тексте отчета приводятся: общие сведения по гидроузлу и при необходимости краткая характеристика

ГТС; их оснащенность средствами измерений; организация контроля за сооружениями и их механическим оборудованием; оценка их состояния как в целом, так и их отдельных элементов (с указанием наиболее крупных дефектов сооружений и недочетов, допущенных эксплуатационным персоналом гидроузла по обеспечению нормальной работы сооружений и размещенной в них контрольно-измерительной аппаратуры и т. д.); оценка ранее выполненных ремонтных и реконструкционных мероприятий в части повышения надежности и безопасности сооружений, достаточности объемов и своевременности работ; оценка ведения технической документации; оценка готовности объекта к локализации и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций на ГТС; сведения об уровне безопасности (соответствии сооружений нормативным критериям безопасности); выводы о техническом состоянии объекта, рекомендации о возможности и условиях его дальнейшей безопасной эксплуатации или необходимости восстановления, усиления или замены.

Состав отчета должен соответствовать техническому заданию и может быть уточнен с учетом вида, целей и задач обследования и специфики конкретного сооружения³.

По материалам обследования дается оценка ресурса работоспособности и безопасности обследованных конструкций и разрабатываются технические решения и рекомендации по методам восстановления, усиления (ремонта) или замены дефектных конструкций.

Основная часть

Согласно Общим положениям по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений (2022) проведение обследования конструкций включает в себя:

- 1) изучение предоставленной документации;
- 2) предварительный технический осмотр конструкций;
- 3) общее обследование (по внешним признакам);

- 4) детальное (инструментальное) обследование.

В соответствии с СН 1.04.01-2020 предварительный технический осмотр здания/сооружения происходит до составления технического задания на проведение обследования – для уточнения цели и задач работы, предварительного определения объемов и сроков их производства, объема имеющейся проект-

¹ Техническое состояние зданий и сооружений: СН 1.04.01-2020.

² Техническое состояние зданий и сооружений: СН 1.04.01-2020; Общие положения по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений: СП 1.04.02-2022.

³ Общие положения по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений: СП 1.04.02-2022.

ной, исполнительной и эксплуатационной документации, условий доступа к обследуемым элементам здания или сооружения.

Как указывается в вышеназванных Общих положениях по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений (2022) и СП 1.04.04-2023, натурные обследования могут проводиться силами и средствами организации-исполнителя с привлечением иных сторонних специалистов и при активном участии представителя заказчика (собственника) по предварительно разработанной методике.

Заказчик, как правило, оказывает организации, проводящей обследование, содействие по следующим вопросам:

- до начала обследования предоставляет всю необходимую проектную, исполнительную и эксплуатационную документацию по данному объекту, включающую актуальные сведения о размещении оборудования, более ранних обследованиях, ремонтах и реконструкциях;
- подготавливает плавсредства, измерительный инструмент и инвентарь, необходимые для проведения контрольных замеров и выборочных измерений;
- обеспечивает доступ к конструкциям / обследуемым элементам и измерительным устройствам;
- предоставляет лестницы, подмости, автовышки и другие средства для безопасного выполнения работ, включая при необходимости временную остановку технологического процесса на отдельных участках;
- выполняет вскрытие и заделку конструкций (в том числе кровли), отрывку и закапывание шурфов в необходимых местах;
- организовывает работы по отбору образцов материалов, испытанию конструкций¹.

На обследуемом гидроузле должны быть созданы условия для осуществления кратковременных пусков воды через водосливы и другие водосбросные сооружения при их частичных или полных открытиях².

Обследования проводятся индивидуально и группами, результаты сопоставляются, и все обнаруженные дефекты и повреждения по-

вторно проверяются. Записи и фотографирование проводятся непосредственно на месте.

В состав работ, выполняемых в рамках натурных обследований, входит:

- 1) изучение технической документации;
- 2) обследование общего состояния сооружений и их элементов;
- 3) установление повреждений и дефектов отдельных конструкций сооружений;
- 4) выявление причин, вызывающих дефекты и повреждения конструкций;
- 5) определение (при необходимости) прочностных свойств бетонных конструкций и физико-механических характеристик грунтов основания сооружения;
- 6) разработка рекомендаций и технических решений по устранению выявленных дефектов и повреждений;
- 7) установление возможности и условий дальнейшей эксплуатации обследованных конструкций и определение необходимых мероприятий по обеспечению их надежности и долговечности.

В результате проведенных работ должны быть получены:

- техническая документация;
- краткая характеристика конструкции сооружений и их соответствие проектной документации;
- характеристика общего состояния конструкции сооружений гидроузла и прилегающих территорий;
- материалы предшествующих обследований/исследований и принятые решения по ремонту или реконструкции и их выполнению;
- характеристика состояния освидетельствованных конструкций и их элементов;
- описание недостатков строительно-монтажных работ и эксплуатации;
- описание возникших в сооружениях дефектов и повреждений, причин их появления, а также их влияния на устойчивость элемента и конструкции в целом;
- определение степени надежности и возможности дальнейшей эксплуатации сооружений;

¹ Техническое состояние зданий и сооружений: СН 1.04.01-2020; Общие положения по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений: СП 1.04.02-2022.

² Рекомендации по обследованию гидротехнических сооружений с целью оценки их безопасности: П 92-2001. С.-Петербург, 2000. 48 с.

- предложения по устранению дефектов и повреждений (или замене), а также по срокам.

Изучение технической документации по ГТС.

К технической документации, подлежащей изучению, относится:

проектная (включающая все изменения, внесенные в проект, и данные об инженерно-геологических, гидрогеологических, гидрологических, топографических и климатических условиях строительства) и исполнительная;

документация по реконструкции, проведению ремонтов;

акты приемки скрытых работ;

материалы предшествующих обследований и исследований;

акты инспекторских проверок, комиссионных обследований состояния ГТС, расследований повреждений и аварий;

книги текущего состояния сооружений и видов ремонта;

данные о службе эксплуатации ГТС и уровне культуры его эксплуатации (укомплектованность штата и квалификация работников; укомплектованность необходимой техникой, механизмами, инструментами, расходными материалами и т. п.; необходимые методические материалы; состояние контрольно-измерительной аппаратуры; регулярность наблюдений и обследований состояния ГТС; уровень и регулярность технического обслуживания и ремонта оборудования (механизмов) и сооружений; соблюдение правил организации и содержания защитных и охранных зон).

Названные материалы изучаются, в первую очередь, в эксплуатирующей организации, а в случае отсутствия – в организациях, выполнявших эти работы. В случае отсутствия у эксплуатационников проектной документации необходимо восстановить ее у проектировщиков. Если в документах отсутствуют необходимые сведения или они не соответствуют действительности, то нужно внести коррективы в документы и поставить в известность заказчика. При изучении технических отчетов по обследованию или актов осмотров необходимо установить по документам, а затем и в натуре,

как выполнялись мероприятия по устранению дефектов и другие рекомендации.

При изучении документации следует обратить особое внимание на идентичность элементов сооружений и их взаимную увязку в разные годы, размеры и высотное расположение. Если такое несоответствие устанавливается, то требуется сопоставление с натурой, установление реального состояния, которое важно отразить в отчете. Анализируя, например, паспорт строительного объекта, данные о предыдущих обследованиях и т. д., фиксируют отклонения от проектных условий эксплуатации строительных конструкций, параметров окружающей среды, нагрузок, состояния грунта, а также использование конструкций не по назначению¹.

Приведем *порядок обследования ГТС* в целом.

1. При комплексном обследовании гидроузла создается комиссия (бригада, группа, отделение) из ведущих экспертов. Персональный состав специалистов формируют с учетом компоновки и конструктивных особенностей сооружения и его механического оборудования, инженерно-геологических, гидрологических, климатических и других условий его эксплуатации.

Для *комплексного обследования гидроузлов*, в составе которых имеются бетонные и грунтовые плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные сооружения и водоводы, механическое оборудование, в комиссию включают специалистов по грунтовым сооружениям; бетонным, железобетонным и сталежелезобетонным конструкциям/сооружениям; строительным материалам; бетону и технологии бетонных и цементационных работ; динамике сооружений; гидравлике сооружений и нижних бьефов; инженерной геологии, механике грунтов и основаниям ГТС; натурным исследованиям и диагностике сооружений; инструментальному определению механических характеристик бетона; гидро-механическому оборудованию. В комиссию включаются также представители проектной организации и эксплуатационного персонала гидроузла.

¹ Техническое состояние зданий и сооружений: СН 1.04.01-2020; Общие положения по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений: СП 1.04.02-2022.

Следует отметить, что обследования бетонных конструкций обычно ведутся визуальными и неразрушающими методами, причем визуальные обследования считаются основным способом контроля за состоянием сооружений, и данные этих наблюдений становятся базой для дальнейших инструментальных обследований.

Работа вышеуказанной комиссии осуществляется по календарному плану, согласованному с руководством данного гидроузла. Периодичность комплексного обследования – по мере необходимости, но не реже 1 раза в 5 лет¹. Обследованию подлежат практически все группы строительных конструкций и все типы материалов, включая грунтовые. Анализ рекомендуется проводить при положительных температурах наружного воздуха, то есть в весенне-летне-осенний период, при отсутствии снежного покрова на сооружениях. В зависимости от решаемых задач комиссия может работать не в полном составе и в разное время (например, специалисты по гидравлике и динамике – во время пропуска паводка).

2. Специалисты тщательно знакомятся с *технической документацией* по проектированию, строительству и эксплуатации сооружения, с условиями и режимом его работы. На этом этапе следует установить: проектную марку и класс бетона, передаточную прочность бетона (для предварительно-напряженных конструкций), диаметр, класс и количество рабочей и конструктивной арматуры, конструкцию арматурных изделий, геометрические размеры конструкций, порядок бетонирования и места приостановки при бетонировании для монолитных конструкций, а для сборных конструкций – условия их изготовле-

ния (в закрытом цехе или на полигоне), последовательность монтажа, время года изготовления и возведения, состав бетонной смеси, данные о качестве заполнителей и цемента, условия твердения бетона, фактические значения передаточной, отпускной и проектной прочности бетона, случаи замены проектных диаметров и классов арматуры и другие данные. При ознакомлении с условиями эксплуатации устанавливается наличие таких факторов, как переменное замораживание и оттаивание, воздействие высоких температур, присутствие агрессивных по отношению к бетону и арматуре компонентов среды, имевших место ремонтах и усилениях конструкций. Выявляется наличие не учтенных при расчете конструкций нагрузок и возможность их перегрузок, и на основании этого устанавливается необходимость определения фактически действующих нагрузок.

3. Выполняется *общее обследование путем подробного визуального осмотра* наружных поверхностей земляных и бетонных гидросооружений во всех доступных для наблюдения местах, а для труднодоступных можно использовать оптические приборы, видеокамеры. Осмотр подводной части сооружения осуществляется водолазами или с помощью специальных телевизионных установок; для высотных сооружений привлекаются альпинисты. При необходимости проводят выборочные испытания и измерения для получения дополнительных данных о состоянии конструкций и их соответствии проектной документации, в том числе для возможности ориентировочной оценки прочности бетона и особенностей его структуры; измеряют ширину раскрытия и глубину наиболее характерных

¹Техническое состояние зданий и сооружений: СН 1.04.01-2020; Обследование и усиление стальных конструкций: СП 1.04.04-2023; Обследования и испытания мостов и труб: СП 3.03.06-2023; Рекомендации по обследованию гидротехнических сооружений с целью оценки их безопасности: П 92-2001; Об утверждении Правил эксплуатации гидротехнических сооружений и устройств для энергетических (гидроэнергетических и теплоэнергетических) нужд: постановление М-ва энергетики Респ. Беларусь от 22 июня 2020 г. № 22. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22035696> (дата обращения: 14.05.2025); Инструкция по эксплуатации гидротехнических сооружений и водохранилищ гидроэлектростанций: СТП 09110.21.540-13. Минск, 2013. 54 с.; Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Правила эксплуатации. Нормы и требования: СТО РусГидро 02.01.80-2012. Москва, 2012. 187 с.; Гидроэлектростанции. Ч. 1–4. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по организации и проведению мониторинга: ГОСТ Р 55260.1.4-2012. Москва, 2015. 53 с.; Гидравлические и гидроаккумулирующие электростанции. Гидротехнические сооружения. Мониторинг и оценка технического состояния в процессе эксплуатации. Основные положения: ГОСТ Р 57793-2017. Москва, 2017. 42 с.; Гидравлические и гидроаккумулирующие электростанции. Гидротехнические сооружения. Мониторинг и оценка технического состояния в процессе эксплуатации. Основные положения: ГОСТ Р 57793-2017. Москва, 2017. 42 с.

трещин, выборочно определяют основные размеры в местах, где визуально выявлены очевидные несоответствия.

Для проведения общего обследования здание/сооружение целесообразно разбить на характерные зоны, назначаемые по таким признакам, как вид конструкций и особенности нагрузок и эксплуатационных воздействий. В пределах каждой зоны фиксируют участки с различным состоянием конструкций.

При осмотре *грунтовых плотин и оснований ГТС* выявляют и оценивают: места открытых выходов фильтрационных вод в нижнем бьефе, включая основание и береговые склоны с оценкой возможности их промерзания зимой; суффозионные выносы грунта из плотины, основания, береговых и пойменных массивов, примыкающих к плотине; состояние пьезометрической сети, дренажей плотины, водоотводящих выпусков, канав и кюветов; заболачивание территории, примыкающей к подошве низового откоса плотины; просадки грунта; местные деформации откосов гребня и бERM плотины, береговых склонов в примыканиях; наличие трещин и дождевых промоин на гребне, откосах и бERмах; состояние креплений верхового и низового откосов, креплений берегов (если таковые имеются); образование проталин и наледей на низовом откосе и прилегающей территории; зоны размыва плотины и берегов в нижнем бьефе; изменение во времени профиля плотины, включая его подводные части (по данным эксплуатирующей организации).

В *бетонных частях ГТС* устанавливают места деструктивных изменений, дефектов бетонной кладки и ее несплошности, обусловленные как недостатками технологии укладки бетона, так и различного рода воздействиями в период эксплуатации; очаги фильтрации в бетонных конструкциях; смещения элементов конструкции или сооружения, осадки; трещины в бетоне конструкций (особенно трещины в зонах конструкций, в которых они не допускаются, – наклонные трещины, пересекающие растянутую и сжатую зоны, трещины в зоне конструкций, работающей на сжатие, продольные трещины вдоль арматуры или в сжатой зоне); сколы бетона, каверны, раковины, повреждения защитного слоя, биоповреждения, участки слабого бетона, выявленные участки бетона с изменением его цвета;

нарушения сцепления бетона с арматурой, разрывы арматуры в растянутых элементах, коррозионное разрушение арматуры и бетона от воздействия агрессивных сред, выпучивания и оголения арматуры; зоны коррозии, повреждения арматуры, закладных деталей, сварных швов (в том числе в результате коррозии); несоосность элементов в узлах сопряжений, нарушение сплошности в стыках; несоответствие площадок опирания сборных конструкций проектным требованиям; ориентировочную степень и площадь повреждения защитных покрытий, гидроизоляции и др.; смещения и искривления закладных деталей и соединительных элементов; качество заделки швов между конструкциями, омоноличивание стыков; прогибы, относительная величина которых превышает допускаемые значения; местные и общие искривления элементов металлоконструкций, отсутствие отдельных элементов, коррозию; не предусмотренные проектной документацией отверстия и вырезы, ослабление болтов и заклепок; наиболее поврежденные и аварийно-опасные конструкции и участки сооружения; другие видимые деформации и дефекты строительных конструкций, их сопряжений и отделки.

Устанавливают ослабление, увлажнение, повреждение, в том числе дереворазрушающими грибами и насекомыми, гниль элементов и узлов деревянных конструкций.

При обследовании *нижнего бьефа* выявляются и оцениваются: режимы сопряжения бьефов при работе водосброса; пульсационные и кавитационные явления на водосбросе; сбойность потока, размывы берегов и дна на водоотводящем канале (русле); состояние гасителей и рисбермы; размеры и форма бара отложений продуктов размыва; местоположение размывов русла (берегов) и грунтовых сооружений, их максимальная глубина и динамика развития.

При осмотре *механического оборудования ГТС* оценивается его общее состояние и регистрируются его следующие дефекты: механические повреждения металлоконструкций (вмятины, изгибы, разрывы, трещины и т. п.); старение антикоррозионного покрытия металлоконструкций; трещины в местах концентрации напряжений; разрывы сварных швов, разрывы и ослабление болтовых и заклепочных соединений; износ трущихся пар (ходовых ко-

лес и путей затворов, зубьев шестерен, втулок и т. п.); коррозионный и механический износ тяговых канатов и пластинчатых цепей; люфты в подшипниках колесных затворов и приводных механизмах; протечки в уплотнениях затворов и гидроприводов; нарушения работы системы обогрева сороудерживающих решеток, пазов затворов и прилегающего к пазам бетона; разрушения бетона в местах заделки опорных конструкций затворов, пазовых конструкций и уплотнений; неисправности краевого и электротехнического оборудования, подъемных механизмов и систем электрообогрева. По решению комиссии может быть выборочно проверена работа отдельных затворов и механизмов.

Дефекты фотографируются и описываются, по результатам технического осмотра и необходимых измерений элементов составляются ведомости дефектов, схем, разверток (наружных поверхностей сооружения) или таблицы со ссылками на фотоиллюстрации, где приводится информация о конкретном месте расположения дефекта и его основных параметрах (площадь, величина и характер повреждения).

Выделяются дефекты и повреждения, представляющие угрозу для надежности и безопасности сооружений. Дается оценка конструктивной схемы и соответствия сооружения проектной документации в части объемно-планировочного и конструктивного решений, а также по виду и характеру нагрузок, условиям эксплуатации.

4. По результатам общего обследования, во-первых, дается предварительная (ориентировочная) оценка технического состояния конструкций сооружения с разработкой (при необходимости) противоаварийных (страховочных) мероприятий (ограничение нагрузок, временные крепления и др.);

во-вторых, решается вопрос о необходимости проведения детального (инструментального) обследования;

в-третьих, намечаются места (участки) обследования как конструкций, так и, если необходимо, их оснований (участки выборочного контроля качества бетона инструментальными

методами и места бурения исследовательских скважин, взятия образцов, оценки размеров различных нарушений и др.).

В-четвертых, при необходимости по дополнительному заданию заказчика составляют программу детального обследования, в которой устанавливается необходимая степень дополнительной детализации визуального обследования (фиксация и измерение трещин, размеров сечений элементов и площадок опирания и т. д.), определяется количество (выборка) конструкций, подлежащих углубленному инструментальному обследованию; выбираются неразрушающие методы контроля, участки и объем испытаний (в том числе, если будет необходимо, физические и физико-химические исследования свойств материалов для уточнения причин выявленных дефектов и методов их устранения), состав и объем подготовительных работ (изготовление подмостей, очистка конструкций, устройство дополнительного освещения, защита оборудования и имущества от порчи и загрязнения); уточняется общий график выполнения работ; приводится перечень мероприятий по технике безопасности¹.

Инструментальные обследования позволяют выявить дефекты, которые невозможно идентифицировать при визуальном осмотре сооружения.

Сроки устранения дефектов и повреждений устанавливает организация, выполняющая обследование, с учетом конкретного технического состояния конструкций, класса сложности, назначения и условий эксплуатации здания/сооружения. Если при общем обследовании установлено, что конструкции находятся в *предаварийном состоянии* (V категория технического состояния (далее – КТС²), то заказчика информируют о необходимости незамедлительного принятия противоаварийных мероприятий для снижения угрозы безопасности людей, а исполнитель разрабатывает технические решения по предотвращению обрушения строительных конструкций³.

Необходимость проведения детального обследования обосновывается организацией,

¹ Общие положения по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений: СП 1.04.02-2022.

² Техническое состояние зданий и сооружений: СН 1.04.01-2020.

³ Общие положения по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений: СП 1.04.02-2022.

проводящей обследование, и согласовывается с заказчиком.

Детальное обследование (оценка) технического состояния строительной конструкции *не выполняется* в том случае, если по результатам предварительной оценки установлена I или II КТС. Соответственно несущая способность и эксплуатационная пригодность конструкции при действующих нагрузках обеспечены и при соблюдении установленных требований к эксплуатации¹.

Детальное обследование здания (сооружения) проводят:

а) при выявлении элементов или их отдельных участков, относящихся к III и выше КТС;

б) если предполагается увеличение нагрузки на элементы сооружения и/или изменение условий их эксплуатации при отсутствии проектных данных или когда усилия от предполагаемых (расчетных) нагрузок превышают расчетную несущую способность, определяемую проектными данными, подтвержденными исполнительной документацией;

в) при заполнении эксплуатационно-технического паспорта (далее – ЭТП), если отсутствуют необходимые данные о допустимых нагрузках на элементы здания (сооружения). При этом требуется обследование всего здания с оценкой КТС каждой конструкции².

5. *Инструментальное обследование* включает в себя определение (измерение):

- геометрических параметров сооружений и зданий, включая обмеры внутренних помещений, которые проводятся с целью выявления расхождений с чертежами проектной, рабочей и исполнительной документации. Если исполнительная документация частично или полностью отсутствует, выполняются обмерные чертежи. Если обмерные работы с помощью рулеток, лазерного дальномера, линейки, отвеса невозможны (например, если работать приходится под опорами воздушных переходов, находящимися под напряжением), то может проводиться лазерное сканирование объекта с последующим выполнением по его данным обмерных чертежей с привлечением специализированной организации. При

необходимости для определения геометрических параметров сооружений и выявления дефектов, связанных с отклонениями высотных вертикальных конструкций от проектного положения, а также установления разности осадок фундамента здания производится топографо-геодезическая съемка³;

- геометрических параметров дефектов конструкций с помощью рулеток, линейки, штангенциркуля;

- геометрических параметров трещин любого вида (положения, формы, направления распространения, длины и ширины раскрытия). Ширина раскрытия трещин обычно измеряется технической лупой с измерительной шкалой, щупами и толщиномерами, глубина – щупами, иглами и ультразвуковым прибором, например «Пульсар-2.2»;

- толщины металлических элементов конструкций, например, при помощи ультразвукового толщиномера А1209 и штангенциркуля (для определения коррозионных потерь элементов); результат сравнивается с толщиной, заданной в проектной документации;

- фактической прочности бетона конструкций и их элементов – посредством механических методов неразрушающего контроля или ультразвуковым методом (данные участки должны быть тщательно зачищены от штукатурки или продуктов коррозии и отшлифованы), при необходимости выбурируются керны; физико-механических характеристик бетона (при необходимости) и на их основе – техническое состояние бетона;

- физико-механических характеристик грунтов основания сооружений; анализируются их изменения в процессе эксплуатации. При обследовании оснований и фундаментов необходимо выполнить инженерно-геологические изыскания под обследуемыми сооружениями (при необходимости). В отрытых шурфах устанавливаются: тип фундаментов, форма в плане, размер, глубина заложения для сравнения с проектным решением, повреждения и прочность материалов и конструкций, наличие и состояние гидроизоляции.

¹ Техническое состояние зданий и сооружений: СН 1.04.01-2020.

² Там же.

³ Геодезические работы в строительстве. Основные положения: СН 1.03.02-2019. Минск, 2020. 17 с.

6. При детальном обследовании, проводимом в случае выявления III и выше КТС, и/или если предполагается увеличение нагрузок¹, выполняют *расчетные проверки предельных состояний конструкций*, которые позволят уточнить КТС при фактической степени их поврежденности и степени нагруженности с учетом влияния выявленных дефектов и планируемых нагрузок, а также фактических геометрических параметров, прочностных характеристик материалов, уточненных характеристик грунтов основания. Это позволит в случае необходимости выбрать и рассчитать конструкцию усиления.

7. На основании материалов общего или детального обследования определяют в соответствии со СН 1.04.01-2020: а) класс дефектов и степень их распространения; б) степень ответственности элемента или его участка, в котором обнаружен данный дефект.

В зависимости от класса дефектов, установленного в процессе обследования, степени их распространения, а также от назначенной степени ответственности участка или элемента конструкции, в котором обнаружены данные дефекты, определяют его категорию технического состояния (см. табл. 12.3 в СН 1.04.01-2020) и принимают решение о необходимой степени детализации последующих этапов обследования, их сроков или о мерах по восстановлению эксплуатационных качеств конструкций в соответствии с данным документом.

По каждому дефекту даются рекомендации по ремонту, которые учитываются при определении объемов ремонтных работ.

При выявлении в процессе обследования конструкций, относящихся к IV категории технического состояния (к III категории – для зданий (сооружений) класса СС 3 по последствиям разрушения²), необходимо организовать мониторинг технического состояния сооружения, включающий проведение систематического инструментального наблюдения за его состоянием по программе, учитывающей специфику и конкретную ситуацию на объекте. Мониторинг, кроме того, следует проводить для зданий, находящихся в зоне сложных инженерно-геологических условий

и природно-техногенных воздействий, а также и в других случаях, установленных требованиями ТНПА. На основе анализа динамики во времени основных параметров напряженно-деформированного состояния конструкций и узлов их сопряжений, соответствующих расчетов с учетом ожидаемой деградации свойств конструкций следует спрогнозировать, как будут развиваться в дальнейшем выявленные негативные явления и процессы, и при необходимости разработать мероприятия по их оперативному устранению.

8. *Натурные исследования* проводят с целью получения полной и объективной оценки состояния сооружения и их отдельных элементов и конструкций, когда обычными методами не представляется возможным выявить фактическое техническое состояние, параметры дефектов, а поверочные расчеты не дают надежных результатов.

Наряду с наблюдениями и исследованиями, проводимыми систематически в течение длительного времени, могут осуществляться разовые исследования по определению отдельных факторов, характеризующих с какой-либо одной стороны работу сооружений (пропускной способности водосбросных отверстий, прочности бетона, вибрации сооружений при пропуске паводка и т. п.). Такого рода единовременные обследования часто называют испытанием сооружений.

Проводятся также и временные исследования (обычно в течение короткого периода). Они обусловлены возникновением временных условий, нехарактерных для обычной работы сооружений (например, опасностью катастрофического паводка).

Все натурные исследования можно разделить на три группы:

а) исследования, не требующие применения специальной закладной контрольно-измерительной аппаратуры. К данной группе исследований относят большинство гидравлических исследований, исследования вибрации сооружений, наблюдения за трещинами в бетоне и процессами его выветривания (климатической коррозией бетона), исследования прочности бетона и напряженного состояния его на поверхности сооружения.

¹Техническое состояние зданий и сооружений: СН 1.04.01-2020.

² Основы проектирования строительных конструкций: СН 2.01.01-2022. Минск, 2022. 65 с.

б) исследования, требующие наличия заложенной при строительстве или установленной на построенном сооружении аппаратуры. Они проводятся следующими геодезическими методами: исследованиями общих осадок, горизонтальных перемещений, наклонов и относительных перемещений; исследованием раскрытия швов в местах, доступных для непосредственного измерения; практически всеми исследованиями фильтрационных процессов (пьезометрических напоров, фильтрационных расходов, скоростей фильтрации и суффозионных процессов).

в) исследования, для которых нужна специальная аппаратура, заложенная в период строительства, то есть исследования внутренних деформаций бетона и его напряженного состояния, температуры и влажности бетона в различных точках массива сооружений, раскрытия швов в недоступных для непосредственного измерения местах, а также осадок сооружения.

9. После установления причин повреждений и дефектов, анализа результатов обследо-

вания, а также в зависимости от категории технического состояния и степени износа конструкций разрабатывают рекомендации и технические решения по восстановлению утраченных эксплуатационных качеств элементов сооружения при ремонте или придания ему новых качеств в изменившихся условиях эксплуатации при реконструкции, а также по их дальнейшей безопасной эксплуатации.

По результатам обследования при необходимости внесения ответственным эксплуатантом изменений в ЭТП заполняют формы¹. Копии данных документов хранятся у ответственного эксплуатанта и в отчете организации, производившей обследование.

Материалы обследования, выводы и рекомендации действительны в течение 3 лет при условии выполнения рекомендаций по устранению дефектов в установленные сроки. Для III и IV категорий технического состояния срок действия заключения может быть сокращен, но не менее чем до 1 года, как это указано в СН 1.04.01-2020.

Заключение

В условиях капитального ремонта или реконструкции гидроузлов проведение обследований носит базовый, определяющий характер. Обследование эксплуатируемых ГТС гидроузлов является неотъемлемой частью при проектировании их капитального ремонта или реконструкции, служит основой для оценки возможности их дальнейшей эксплуатации или необходимости восстановления, усиления или замены. Для реализации задач обследования разработана методика, которая должна выполняться поэтапно с учетом специфики объектов.

В работе по визуальному обследованию должны участвовать представители заказчика, проектной организации и эксплуатационного персонала гидроузла, на основании чего должна быть дана предварительная оценка технического состояния конструкций сооружения, в которой определены конструкции и узлы, где должны быть проведены детальные обследования. После проведения всего комплекса исследований оформляется отчет, подписанный председателем и всеми членами комиссии и включенный в состав проектной документации.

Библиографический список

1. Михневич, Э. И. Устойчивость русел и регулирование стока судоходных рек и каналов / Э. И. Михневич, В. Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, 2022. – 188 с.
2. Линкевич, Н. Н. Эксплуатационный контроль за состоянием креплений откосов грунтовых сооружений и береговых склонов / Н. Н. Линкевич // Мелиорация. – 2020. – № 3 (74). – С. 15–26.
3. Гинзбург, М. Б. Натурные исследования крупных гидротехнических сооружений / М. Б. Гинзбург. – Москва – Ленинград : Энергия, 1964. – 359 с.

¹ Состав и содержание проектной документации: СН 1.02.02-2023. Минск, 2023. 80 с.

4. Каганов, Г. М. Обследование гидротехнических сооружений при оценке их безопасности : учеб. пособие / Г. М. Каганов, В. И. Волков, О. Н. Черных. – Москва : Моск. гос. ун-т природообустройства, 2001. – 60 с.

5. Бедов, А. И. Оценка технического состояния, восстановление и усиление оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений : учеб. пособие: в 2-х ч. / А. И. Бедов, В. В. Знаменский, А. И. Габитов. – Москва : Изд-во АСВ, 2014. – Ч. 1: Обследование и оценка технического состояния оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. – 704 с.

6. Линкевич, Н. Н. Эксплуатация гидротехнических сооружений: учеб. пособие / Н. Н. Линкевич, М. В. Нестеров. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 520 с.

7. Круглов, Г. Г. Исследование технического состояния судоходной плотины гидроузла «Стахово» Лунинецкого района Брестской области / Г. Г. Круглов, Н. Н. Линкевич // Мелиорация. – 2018. – № 4 (86). – С. 31–37.

Поступила 26 июля 2025 г.