

**Методика оценки остаточного ресурса механического
оборудования ГЭС**

**Типовой регламент производственных испытаний и ремонтов
затворов**

Содержание

Исполнители.....	4
Предисловие.....	5
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	6
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	7
2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ И СОСТАВ РЕГЛАМЕНТНЫХ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГЭС.....	9
3. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАТВОРОВ И КРАНОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	13
4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА: ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ИЛИ ЗАМЕНЫ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	15
Список использованных источников.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Анализ опыта эксплуатации ГМО на ГЭС.....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Классификация затворного оборудования ГЭС.....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Рекомендуемый состав, содержание и сроки проведения регламентных работ для гидротехнических затворов.....	29
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Примерный состав регулярного контроля технического состояния ГМО.....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Дефекты и повреждения объектов ГМО.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Типовой регламент производственных испытаний и ремонтов затворов.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Технические средства проведения физического контроля.....	41
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Примеры показателей состояния для объектов контроля ГМО....	42
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Форма журнала технического состояния.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ 10. Показатели состояния (виды ПС, определяющие параметры технического состояния) гидромеханического оборудования ГЭС.....	47
ПРИЛОЖЕНИЕ 11. Типовой состав специализированных обследований.....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ 12. Рабочая карта специализированного обследования затвора.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 13. Рабочая карта специализированного обследования кранов, подкрановых балок и рельсовых путей.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 14. Оценка влияния коррозии несущих элементов металлоконструкций.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ 15. Количественная оценка условий работы затворов.....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 16. Условия работы обслуживающего грузоподъемного механизма....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ 17. Факторы, ограничивающие возможность дальнейшей эксплуатации гидромеханического оборудования.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ 18. Прочностные расчеты объектов ГМО.....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ 19. Приближённая оценка остаточного ресурса металлоконструкции ГМО.....	75
ПРИЛОЖЕНИЕ 20. Компьютерный мониторинг технического состояния гидромеханического оборудования.....	81

Исполнители

1. Бердичевский Г.Ю., кандидат технических наук – составление технического отчета.
2. Рахманова А.Л., кандидат технических наук – сбор материалов и составление аналитического обзора опыта эксплуатации гидромеханического оборудования ГЭС.
3. Саютин В.Ф., вед. инженер – участие в сборе материалов и составлении аналитического обзора опыта эксплуатации гидромеханического оборудования ГЭС.
4. Галямина М.С. – разработка и отладка программного обеспечения.
5. Панова Н.М. – настройка ИДС, составление инструкции пользователя.
6. Сычёва М.Г. – подбор и анализ нормативно – методической документации.

Предисловие

Надежность напорного фронта ГЭС, безопасность эксплуатации гидротехнических сооружений во многом зависит от технического состояния гидромеханического оборудования: гидротехнических затворов и грузоподъемных механизмов, необходимых для маневрирования затворами.

Главными факторами, определяющими техническое состояние гидромеханического оборудования, являются:

- технические характеристики, заданные проектом;
- качество изготовления и монтажа оборудования при реализации проекта;
- качество технического обслуживания, т.е. эффективность контроля технического состояния, своевременность проведения ремонтов или замены изношенного оборудования.

Эффективность проектных конструктивно-компоновочных решений и проводимого на объекте технического обслуживания оценивается практикой эксплуатации ГЭС. В приложении 1 приведен анализ опыта эксплуатации гидромеханического оборудования на отечественных гидроузлах.

"Методика проведения контроля технического состояния и оценки остаточного ресурса гидромеханического оборудования ГЭС" содержит:

- основные требования к организации и проведению контроля технического состояния ГМО гидротехнических сооружений ГЭС;
- принципы оценки технического состояния и прогноза остаточного ресурса объектов контроля ГМО;
- примеры построения системы критериев для оценки их технического состояния и правила составления рекомендаций по результатам осмотров/обследований.

"Методика" ориентирована на возможность проведения компьютерного мониторинга технического состояния ГМО.

В приложениях приведены уточнения (конкретизация) основных положений и принципов, изложенных в Методике, и рекомендации по их осуществлению.

Термины и определения

Гидромеханическое оборудование (ГМО) – оборудование гидротехнических сооружений для регулирования пропуска воды через сооружения напорного фронта и обеспечивающее пропуск безопасностью их эксплуатации.

Объект контроля – конструкции, узлы и элементы конструкций ГМО.

Контроль технического состояния – определение вида технического состояния по ГОСТ 27.002-89

Параметры технического состояния - технические, технологические и иные характеристики (например, повреждения и дефекты) объекта контроля, обуславливающие его техническое состояние.

Определяющие параметры технического состояния ГМО – параметры технического состояния, по значениям которых определяется необходимость и срочность ремонтных работ или замены оборудования.

Дефект - изъян (недостаток, несоответствие проекту, повреждение конструкции, сооружения, материалов), оказывающий влияние на техническое состояние контролируемого объекта.

Тип дефекта – элемент списка (типовых) дефектов, составляемого на основании многолетнего опыта осмотров и обследований для различных видов объектов (конструкций).

Параметры дефекта – количественные характеристики дефекта, измеряемые при осмотрах и обследованиях.

Повреждение - событие, заключающееся в отклонении технического состояния объекта контроля от требований нормативных требований, проектной документации или условий, необходимых для обеспечения их нормальной эксплуатации. Признаками повреждения являются дефекты, опасные, критические или значительные.

Показатели состояния, количественные и качественные – значения параметров или совокупности параметров ГМО, признаваемых в качестве индикаторов технического состояния объектов контроля при проведении контроля. Показателями состояния, в частности, являются фиксируемые на объекте дефекты или их количественные параметры.

Отказ - событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта

Зависимый отказ - отказ, обусловленный другими отказами.

Деградиционный отказ - отказ, обусловленный естественными процессами старения, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил и (или) норм проектирования, изготовления и эксплуатации.

Регламентный осмотр/обследование – осмотр или обследование, проводимые в соответствии с установленным на объекте регламентом контроля технического состояния.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящий документ (в дальнейшем "Методика") содержит основные положения по проведению **контроля технического состояния** и оценке остаточного ресурса **гидромеханического оборудования** ГЭС:

- затворов (рабочих, аварийных, аварийно-ремонтных) и затворного оборудования;
- металлоконструкций кранового оборудования, с помощью которого осуществляется маневрирование затворами;
- подкрановых путей;
- стационарных подъёмных устройств, предназначенных для маневрирования затворами.

Объекты контроля, на которые распространяется "Методика", соответствуют классификации гидромеханического оборудования, приведенной в приложении 2.

Положения "Методики" предназначены для учёта в объектовых Инструкциях по эксплуатации механического оборудования гидротехнических сооружений.

1.2 Оценка остаточного ресурса рассматривается как оценка возможности, сроков, и условий продолжения эксплуатации ГМО или необходимости его замены, осуществляемой по результатам **контроля технического состояния** в процессе его эксплуатации.

1.3 Эксплуатационный **контроль технического состояния** гидромеханического оборудования является неотъемлемой частью эксплуатационного контроля сооружений напорного фронта гидроузла и осуществляется в режиме мониторинга.

1.4 Контроль технического состояния гидромеханического оборудования включает:

- регулярное проведение взаимосвязанных визуальных и инструментальных обследований;
- создание и ведение базы данных обследований;
- оперативную (функциональную) и экспертную диагностику технического состояния по данным осмотров/обследований;
- планирование и проведение текущих ремонтов.

1.5 Остаточный ресурс затворов, затворного и грузоподъёмного оборудования оценивается по **определяющим параметрам технического состояния ГМО**, устанавливаемым на основании анализа технической документации, данных регламентных осмотров / обследований и результатов текущих ремонтов.

В зависимости от критериев оценки технического состояния номенклатура определяющих параметров может быть обусловлена одним или несколькими факторами:

- условиями эксплуатации оборудования;
- технологическими показателями (режимом эксплуатации, комплектностью оборудования, соответствием паспортным данным, наличием вибрации и др.);
- наличием (отсутствием) и/или значениями параметров дефектов и повреждений;
- величинами коэффициентов запаса прочности с учетом расчетных или фактических напряжений в конструкции, степени коррозии, изменений размеров и формы, наличия концентрации напряжений в основных несущих элементах;
- фактическими характеристиками материалов (механические свойства, химический состав, структура и т.п.);
- сведениями о проведенных ремонтах и их результатах;
- информацией об имевших место отказах и повреждениях.

1.6 Методика проведения **контроля технического состояния** и оценки остаточного ресурса ГЭС содержит:

- рекомендации по организации и проведению регламентных визуальных и инструментальных обследований ГМО (раздел 2);
- принципы оценки и контроль технического состояния гидротехнических затворов, как элементов напорного фронта, затворного и кранового оборудования по результатам осмотров / обследований и ремонтов (раздел 3);

- рекомендации по ведению компьютерного мониторинга технического состояния гидромеханического оборудования;
- методы прогнозирования остаточного ресурса: оценки возможности, необходимых условий и сроков продолжения эксплуатации ГМО с целью планирования ремонтных работ и/или замены оборудования (раздел 4).

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ И СОСТАВ РЕГЛАМЕНТНЫХ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГЭС

2.1 Регламентные работы по техническому обслуживанию ГМО, обеспечивающие нормальное техническое состояние ГМО, согласно "Правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей" (ПТЭ-2003, п.1.5.1) должны проводиться энергопредприятием.

2.2 Регламентные работы (рис. 2.1) включают:

- регулярное проведение визуальных осмотров, инструментальных обследований, натурных испытаний;
- своевременный текущий и капитальный ремонт;
- в необходимых случаях - пробное маневрирование затворами.

Техническое освидетельствование¹ ГМО осуществляется при проведении технических освидетельствований (периодических комиссионных обследований) гидротехнических сооружений ГЭС.

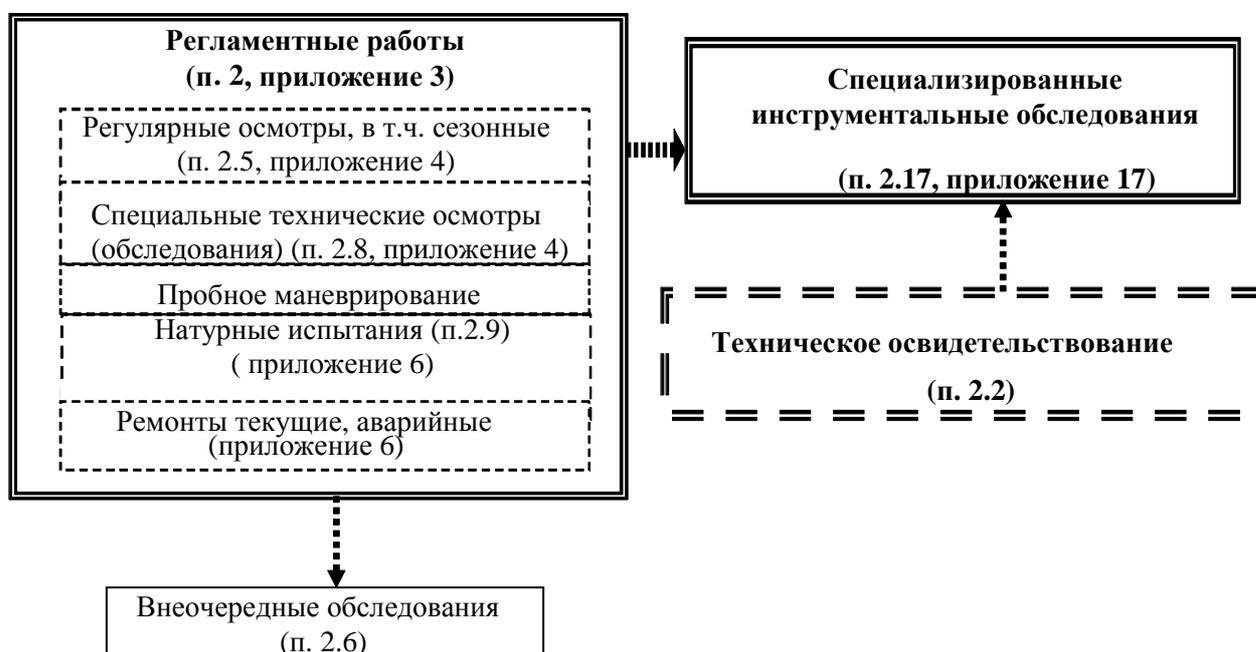


Рис. 2.1 Регламентные работы по техническому обслуживанию гидромеханического оборудования ГЭС.

2.3 Состав, объём, порядок проведения регламентных работ должен быть определён в объектовых инструкциях по эксплуатации гидромеханического оборудования ГЭС.

В приложении 3 приведены примерные состав и сроки проведения регламентных работ для гидротехнических затворов.

2.4 Надлежащее техническое состояние ГМО, обеспечивающее нормальную и надёжную эксплуатацию сооружений напорного фронта, достигается или своевременным проведением текущих, аварийных *ремонтов*, или *заменой* оборудования.

2.5 Для своевременного выявления локальных повреждений и деформаций в течение всего года рекомендуется проводить *регулярные технические осмотры* узлов и элементов, доступных для осмотров. Перед пропуском паводка и при подготовке к работе в зимних условиях проводятся *сезонные осмотры*, имеющие целью:

¹ По п. 1.5.2 ПТЭ-2003.

- выявление проявлений коррозии и иных дефектов узлов и элементов затворного и кранового оборудования;
- количественную и качественную оценку дефектов и повреждений элементов конструкций затворов и закладных частей с позиций необходимости, возможности и сроков их ликвидации;
- количественную и качественную оценку отклонений крановых путей и их элементов в плане и профиле;
- проверку комплектности и целостности всех механических узлов и деталей – уплотнений, опорно-ходовых частей, обратных тележек, боковых и торцевых колес или устройств, крепежа;
- оценку работоспособности дополнительных устройств – байпасов, подхватов, захватных и балластных балок;
- проверку возможности затворов оперативно выполнять свои функции по обстоятельствам, связанным с другими конструкциями или механизмами, а также подъема и посадки затворов при неповрежденных опорно-ходовых частях.

Примерный состав регулярных и сезонных *осмотров* затворов и кранового оборудования приведен в таблицах П 4.1, П. 4.3 приложения 4.

2.6 Результаты осмотров заносятся в журнал *осмотров* и базу данных технического состояния ГМО. Результаты весенних и осенних *осмотров*, кроме того, оформляются в виде акта, общего для объектов контроля ГЭС или только для ГМО, если проводился специальные обследования гидромеханического оборудования. В случае общего акта в нём должны быть отражены положения п.2.6.

2.7 Результаты *осмотров* могут являться основанием для составления:

- заключения о техническом состоянии металлоконструкции затвора, всего затвора как механизма со всеми его механическими узлами, деталями, тяговыми органами, закладными частями, системой обогрева и кранового оборудования, включая подкрановые пути;
- рекомендации о необходимости проведения специализированных обследований или технического освидетельствования;
- заключения о необходимых сроках проведения ремонтов или замены элементов ГМО;
- рекомендаций о проведении прочностных расчетов.

2.8 *Регулярные технические осмотры* периодически или при необходимости должны дополняться *специальными техническими осмотрами (обследованиями)* затворного оборудования. Необходимость проведения обследования может быть установлена комиссией, проводившей *техническое освидетельствование* (см. п. 2.2). Периодичность *специальных технических осмотров (обследований)* зависит от вида и типа конструкции затвора, условий его работы, сроков проведения плановых ремонтов, а также целей обследования. Примерные сроки приведены в таблице приложения 3, а состав работ – в таблицах П. 4.2, П. 4. 4, П. 4.5 приложения 4.

2.9 *Специальные технические осмотры (обследования)* проводятся или силами персонала ГЭС, или привлекаемыми специализированными организациями. Программа специальных обследований должна учитывать данные ранее проведенных *осмотров* и кроме дефектоскопии включать *инструментальный контроль* – измерение технических параметров контролируемого объекта, а при необходимости - *натурные испытания, пробное маневрирование затворами*.

2.10 *Специальный технический осмотр (обследование)* начинается с внешнего осмотра, затем производятся инструментальные замеры проектных параметров затвора, отмеченных локальных повреждений, дефектов и деформаций, выполняются измерения толщин элементов и общих деформаций металлоконструкций (затвора, грузоподъемной машины).

2.11 При проведении внешнего осмотра и измерений рекомендуется руководствоваться положениями "Инструкции по визуальному и измерительному контролю" РД 03-606-03. При этом особое внимание должно уделяться участкам наиболее вероятного возникновения повреждений, например:

- узлы и детали с высокими местными напряжениями;
- узлы с концентраторами напряжений (например, вследствие неудачной конструкции сварного соединения), в особенности при сочетании с высокими местными напряжениями, ориентированными поперек направления действующих растягивающих напряжений;
- сосредоточение, сближение, пересечение, резкое изменение направления сварных швов в узлах и элементах конструкций;
- прикрепление элементов с эксцентриситетом относительно центра тяжести сварных швов;
- места прикрепления элементов прерывистыми швами;
- стыковые соединения на накладках;
- входящие углы в деталях и сварных соединениях;
- отверстия;
- вмятины, забоины и другие повреждения поверхности элементов и деталей;
- участки металлоконструкций, ранее подвергавшиеся ремонту.

2.12 При установлении признаков возможного наличия трещины, а также для определения фактических границ распространения трещины в металлоконструкции или сварном соединении, сомнительные участки или обнаруженные трещины следует подвергать физическому контролю. Назначение способа контроля и технических средств его проведения осуществляется комиссией по обследованию.

2.13 Если общее количество затворов не превышает 5-7, то контролируются параметры затворов всего данного ряда. При большем их количестве контролируются выборочно 5-7 затворов ряда, причём замеры делаются на одних и тех же затворах. Данные заносятся в базу данных для каждого затвора, чтобы видна была динамика изменения их параметров.

Примерный состав инструментальных измерений для объектов контроля ГМО приведен в таблицах П. 4.4 и П.4.5 приложения 4.

2.14 *Специальный технический осмотр (обследование)* может быть приурочен к проведению планового или внепланового ремонта. По результатам обследования составляется сводная ведомость состава и объёмов ремонтных работ для последующего планирования *ремонтов*.

2.15 Результаты *специального технического осмотра (обследования)* должны быть зафиксированы в журнале и занесены в базу данных технического состояния ГМО.

2.16 При необходимости проводятся внеочередные обследования. Основанием для проведения внеочередных обследований является:

- по результатам *осмотров и специальных технических осмотров (обследований)* техническое состояние объекта оценивается как "работоспособное, но неисправное" (см. п.3.3);
- произошло изменение условий работы объекта контроля в процессе эксплуатации;
- зафиксированы отказы элементов объекта контроля.

2.17 *Специализированные инструментальные обследования* проводятся по специально разрабатываемой программе и являются основным источником информации для определения состава и объёма ремонтных работ, а также для оценки остаточного ресурса. Периодичность проведения *специализированных инструментальных обследований* затворов приведена в приложении 3. Если иные показания отсутствуют, периодичность обследований устанавливается в заключении комиссии, проводившей техническое освидетельствование.

Конечной целью обследований является заключение:

- о степени исправности состояния металлоконструкции затвора, т.е. суждение о сохранении конструкцией несущей способности и геометрической неизменяемости;
- о степени исправности всего затвора как механизма со всеми его механическими узлами и деталями, тяговыми органами, закладными частями и системой обогрева;
- о готовности и возможности выполнения конструкцией своих функций.

На основании заключения специализированная организация вырабатывает свои рекомендации об условиях продолжения эксплуатации и предложения о проведении необходимых ремонтов или замены конструкции.

2.18 При проведении *специализированных инструментальных обследований* затворов и затворного оборудования для оценки остаточного ресурса могут привлекаться специализированные организации, в том числе для выполнения следующих работ:

- определения химического состава, механических свойств и структуры металла;
- контроля металла и сварных соединений неразрушающими методами;
- измерения фактически действующих в конструкции напряжений;
- выполнения поверочных расчётов.

2.19 Состав *специализированных инструментальных обследований* определяется в программе, разрабатываемой для их проведения с учётом результатов проведенных осмотров/обследований.

2.20 Типовой регламент производственных испытаний и ремонтов затворов приведен в приложении 6.

2.21 Способы и технические средства проведения контроля технического состояния объектов ГМО представлены в приложении 7.

3. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАТВОРОВ И КРАНОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

3.1 Контроль технического состояния объектов контроля ГМО заключается в проверке соответствия *параметров технического состояния* объекта, наблюдаемых (измеряемых) при проведении осмотров/обследований, требованиям технической документации и в определении причин и мест повреждений и отказов, влияющих на их технического состояния.

3.2 В качестве критериев для оценки технического состояния объектов контроля используются значения количественных и качественных *показателей состояния*, т.е. количественные или качественные величины характеристик (параметры), признаваемые в качестве индикаторов технического состояния при проводимых наблюдениях. Критериями для диагностирования являются значения показателей состояния, соответствующие границам между *видами технического состояния* по п. 3.3.

Количественные показатели состояния – результаты измерения параметра или измерений группы параметров. Качественные показатели состояния – дефекты и повреждения, наличие, величина, местоположение или степень влияния которых на эксплуатационные качества объекта контроля могут изменить его *вид технического состояния*.

3.3 Используя положения ГОСТ 27.002-89, в "Методике" приняты следующие определения *видов технического состояния*:

- "нормальное" – состояние соответствует проекту;
- "исправное" - состояние оборудования, при котором оно полностью способно выполнять все свои функции и практически соответствует требованиям нормативно-технической и проектно-конструкторской документации²;
- "работоспособное, но неисправное" - состояние оборудования, при котором оно способно выполнять заданные функции, но соответствует не всем требованиям нормативно-технической и проектно-конструкторской документации³;
- "предаварийное" – состояние неработоспособное, при котором оборудование не может выполнять все его функции, а его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, также невозможно или нецелесообразно восстановление работоспособности до "исправного" или "работоспособного, но неисправного" состояния⁴.

3.4 Для затворов неработоспособность может проявляться как частичная, при котором затвор способен лишь частично выполнять требуемые функции (например, маневрирование затвором затруднено или даже невозможно из-за повреждения опорно-ходовых частей, но функцию перекрытия отверстия и поддержания напора затвор выполнять может). Восстановление работоспособности затвора в зависимости от вида потери работоспособности может быть осуществлено либо при помощи ремонтов, либо ремонтов в сочетании с реконструкцией, т.е. с изменением конструкции.

3.5 *Вид технического состояния* на данный момент времени, а также причины и места отказов и повреждений ГМО, диагностируется по данным эксплуатационного контроля сопоставлением наблюдаемых значений показателей состояния с критериальными значениями. В приложении 8 приведены примеры *показателей состояния* для объектов контроля гидромеханического оборудования, а также их значения, определяющие границы между видами технического состояния по п. 3.3 (критерии).

Оперативная диагностика - результат сопоставления показателей состояния, выполненная по определённым правилам (алгоритмам) автоматически в компьютерной системе или вручную, должна завершаться составлением *экспертного заключения* о техниче-

² Рекомендация: следует проверить и при необходимости уточнить наблюдаемые (измеряемые) значения показателей состояния.

³ Экстренного вмешательства персонала не требуется, но необходима экспертная оценка технического состояния с заключением о необходимости и сроках проведения ремонтных работ или замены оборудования.

⁴ Необходима экстренная экспертная оценка технического состояния, возможности и условий продолжения эксплуатации или замены оборудования.

ском состоянии ГМО по комплексу всех данных эксплуатационного контроля: осмотров, технических освидетельствований (п. 2.14) и специальных обследований.

3.6 Результаты диагностирования фиксируются в журнале и заносятся в базу данных технического состояния ГМО. В журнале указывается диагностируемый вид технического состояния и заключение о мерах, которые должны быть приняты персоналом для обеспечения безопасности эксплуатации гидроузла.

Форма журнала технического состояния см. приложение 9.

3.7 Оценка *технического состояния* ГМО является основой планирования ремонтов или замены оборудования (раздел 4 "Методики"), а также учитывается при оценке уровня безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений.

4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА: ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ИЛИ ЗАМЕНЫ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

4.1 Оценка остаточного ресурса затворов, затворного и кранового оборудования осуществляется в следующих случаях:

- по истечении нормативного срока службы, установленного проектно - конструкторской документацией или техническими условиями;
- по заключению комиссии, проводившей техническое освидетельствование;
- на основании рекомендаций, сформулированных по результатам регулярных (регламентных) *осмотров и специальных технических обследований*.

4.2 Оценка остаточного ресурса и заключение о необходимости и сроках проведении *ремонтов или замены* оборудования, как правило, должно приниматься по результатам *специализированного инструментального обследования* (п.2.17).

Решение о проведении ремонта или замене оборудования может приниматься также по результатам специальных технических обследований, технического освидетельствования⁵ (см. п. 2.2), сезонных осмотров (п. 2.6).

4.3 В приложении 10 обозначены факторы, обуславливающие номенклатуру *определяющих параметров технического состояния* (см. п. 1.5) и обстоятельства, которые необходимо учитывать при разработке соответствующих им видов *показателей состояния*.

4.4 Для оценки остаточного ресурса гидромеханического оборудования используется:

- технический паспорт⁶ с указанием проектного или установленного срока эксплуатации и с записями о проведенных осмотрах, обследованиях, ремонтах;
 - проектно-техническая документация;
 - имеющаяся эксплуатационная документация;
 - данные *оперативной диагностики*;
 - чертежи и расчеты, выполненные при обследовании, а также при ремонтах (реконструкции) объекта;
 - сертификаты на металлы и сварочные материалы, использовавшиеся при изготовлении и/или ремонте (реконструкции) объекта;
 - база данных *осмотров, специальных технических* и проводившихся ранее *специализированных обследований*.
- 4.5 Главной целью анализа проектно-технической документации является:
- установление номенклатуры и значений технических параметров оборудования;
 - анализ возможных видов предельных состояний, причин и последствий их наступления;
 - выявление наиболее вероятных отказов и повреждений, а также элементов конструкций и их участков, возрастание повреждений в которых может привести к ресурсному отказу;
 - подтверждения отсутствия причин для внезапных отказов.

По результатам анализа проектно-технической документации рекомендуется составлять рабочую карту предстоящего обследования, включающую все узлы, соединения и элементы, которые могут быть служить причиной отказов в процессе эксплуатации. Типовой состав специализированных обследований приведен в приложении 11. Примерная форма рабочей карты для специализированного обследований затвора приведена в приложении 12, а для специализированного обследования кранов, подкрановых балок и рельсовых путей в приложении 13.

4.6 Эксплуатационная документация (журнал эксплуатации, отчёты обследований, акты сезонных осмотров, приёмо-сдаточные акты выполнявшихся ремонтных работ, акты тех-

⁵ Результаты технического освидетельствования заносятся в технический паспорт затвора.

⁶ Если в техническом паспорте затвора отсутствуют сведения о проектных режимах работы и уровне напряжений в его наиболее нагруженных элементах, то такие сведения должны быть внесены по результатам обследования.

нических освидетельствований), а также база данных *осмотров, специальных технических и проводившихся ранее специализированных обследований*, используется для анализа:

- комплектности оборудования;
- фактических условий работы оборудования;
- повреждений и дефектов;
- динамики результатов оперативной (функциональной) диагностики с целью выявления возможных постепенных (деградационных) и зависимых отказов.

4.7 Заключение о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации или необходимости замены оборудования составляется на основании положений п.п. 4.4 - 4.6 и анализа перечисленных ниже (п.п. 4.7.1- 4.7.8) факторов, ограничивающих возможность дальнейшей эксплуатации.

4.7.1 Коррозионное состояние конструкции. Степень коррозионного износа может определяться при помощи измерительного инструмента или ультразвуковой толщинометрии. Величина допустимой степени коррозии и оценка степени ее влияния на работоспособность объекта контроля устанавливается прочностным расчетом, для ориентировочных оценок можно использовать приложение 14.

4.7.2 Местные и общие деформации элементов и конструкции в целом. Проводятся как визуальная оценка, так и замеры общей деформации конструкции: остаточные деформации узлов металлоконструкции, остаточные прогибы, скручивание балок, ригелей, ферм, искажение формы конструкции и т.п.

4.7.3 Трещины в основном металле и сварных швах в местах концентрации напряжений.

4.7.4 Ослабление (в металлоконструкциях кранов) заклёпок, болтов и несоответствие их количества проектной документации, особенно при восприятии ими знакопеременных нагрузок.

4.7.5 Техническая (технологическая) возможность и/или экономическая целесообразность⁷ замены оборудования или изношенных (в т.ч. морально) его частей и элементов на новые, более совершенные.

4.7.6 Динамика проявления дефектов, в том числе коррозионного износа, трещин в несущих элементах, свидетельствующая о не случайности их появлении.

4.7.7 Изменения расчётной схемы.

4.7.8 Условия работы оборудования. Для затворного оборудования оценка влияния условий работы на техническое состояние может быть использована таблица в приложении 15 . Факторы, учитываемые для оценки влияния условий работы металлоконструкций грузоподъёмных устройств показаны в приложении 16.

4.8 Если техническое состояние объекта контроля регулярно оценивается как "неработоспособное" и анализ факторов, указанных в п.п. 4.7.1 – 4.7.7, указывает на значительную изношенность конструкции, для вынесения суждения о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации необходимо проведение прочностных расчётов. По сравнению с первоначальным (проектным) в расчёт вводятся следующие коррективы:

- уточняются расчётные схемы и корректируются нагрузки в соответствии с действующими нормативами;
- уточняются условия работы;
- уточняются допускаемые напряжения с учетом снижения прочностных свойств стали в условиях интенсивной коррозии;
- учитываются ослабления расчётных сечений за счёт коррозионного износа;
- используются современные компьютерные методы расчёта.

4.9 Определение остаточного ресурса или установление назначаемого ресурса осуществляется согласно выявленным закономерностям изменения определяющих параметров, полученным при анализе динамики развития дефектов и повреждений.

⁷ Для затворов, отслуживших проектный срок, экономическая целесообразность капитального ремонта с целью продления срока эксплуатации является решающим фактором.

4.10 Остаточный ресурс гидромеханического оборудования определяется работоспособностью металлоконструкции: выход из строя механических деталей и узлов является устранимым дефектом.

4.11 Для металлоконструкций элементов ГМО оценка остаточного ресурса определяет ограничения на их дальнейшую эксплуатацию или необходимость замены. В приложении 17 приведен анализ актуальности факторов, ограничивающих возможности дальнейшей эксплуатации для видов гидромеханического оборудования

4.11 Для количественной оценки величины остаточного ресурса металлоконструкции должны быть проведены прочностные расчёты, возможно также использование результатов тензометрии оцениваемых конструкций.

4.12 Прочностные расчёты следует проводить по возможности для металлоконструкций всех типов элементов объектов контроля ГМО. Особенности расчёта каждого из типов ГМО приведено в приложении 18.

4.13 При большой изношенности конструкции кроме прочностных расчетов выполняются расчёты её остаточного ресурса, позволяющие планировать во времени проведение мероприятий по поддержанию работоспособности объекта контроля.

4.14 В расчётах остаточного ресурса кроме коррозионного износа металлоконструкции желателен учёт изменения химического состава, механических свойств и структуры металла.

4.15 В расчётах остаточного ресурса для металлоконструкций гидромеханического оборудования в качестве *определяющего параметра технического состояния* (см. п.1.3) принимается прочность (или коэффициент запаса прочности) конструкции или наиболее напряжённого элемента конструкции. Рассчитывается изменение во времени прочности вследствие коррозионного износа, изменения характеристик материала и других факторов. Получаемые в расчётах оценки являются ориентировочными как из-за степени достоверности исходных данных, так и вследствие зависимости от выбора определяющего параметра. В приложении 19 дана схема приближённой расчётной оценки остаточного ресурса металлоконструкции, а также описан пример бальной оценки остаточного ресурса для металлоконструкции грузоподъёмной машины.

4.16 При бальной системе оценки величины остаточного ресурса металлоконструкций грузоподъёмных машин каждый дефект в расчетных элементах конструкции оценивается в баллах, и в зависимости от причины его возникновения должен быть отнесен к одной из трех групп:

- дефекты изготовления и монтажа (дефекты металла, сварных соединений, деформации, полученные в процессах транспортировки и монтажа);
- дефекты, возникшие в результате грубых нарушений или экстремальных условий эксплуатации (перегрузка, удар крана о какое-либо препятствие, взрыв, пожар, заклинивание затвора в пазах и пр.);
- дефекты, возникшие в условиях нормальной эксплуатации при отсутствии первоначальных недостатков изготовления и монтажа.

Оценка остаточного ресурса принимается в зависимости от подсчитываемой суммы баллов, см. приложение 19.

4.17 Расчёт остаточного ресурса с оценкой возможного срока продолжения эксплуатации оформляется в виде отчёта и служит основанием для принятия решений.

Список использованных источников

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, ПТЭ – 2003.
2. ГОСТ 27.002-89 Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
3. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения.
4. ГОСТ Р 22.1.11-2002 Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них. Общие требования.
5. СО 34.21.308-2005 Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения.
6. ГОСТ Р 51248-99 Пути наземные рельсовые крановые. Общие технические требования.
7. СНиП 33-01-2003 ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ. Основные положения
8. РД 10-138-97 Комплексное обследование крановых путей грузоподъемных машин.
9. П 79-2000 Типовая инструкция по эксплуатации гидротехнических сооружений гидроэлектростанций.
10. Типовая инструкция по эксплуатации механического оборудования гидротехнических сооружений. Союзтехэнерго, Москва 1982

АНАЛИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ ГМО НА ГЭС

Основные рабочие затворы водосливов плотин.

Как правило, это плоские скользящие затворы (Камская ГЭС, Нижегородская ГЭС, Воткинская ГЭС и др.), иногда плоские колесные затворы (Жигулевская ГЭС). На рис.1.1 и 1.2 приведены компоновка затворного оборудования и конструкция основного затвора плотины Воткинской ГЭС.

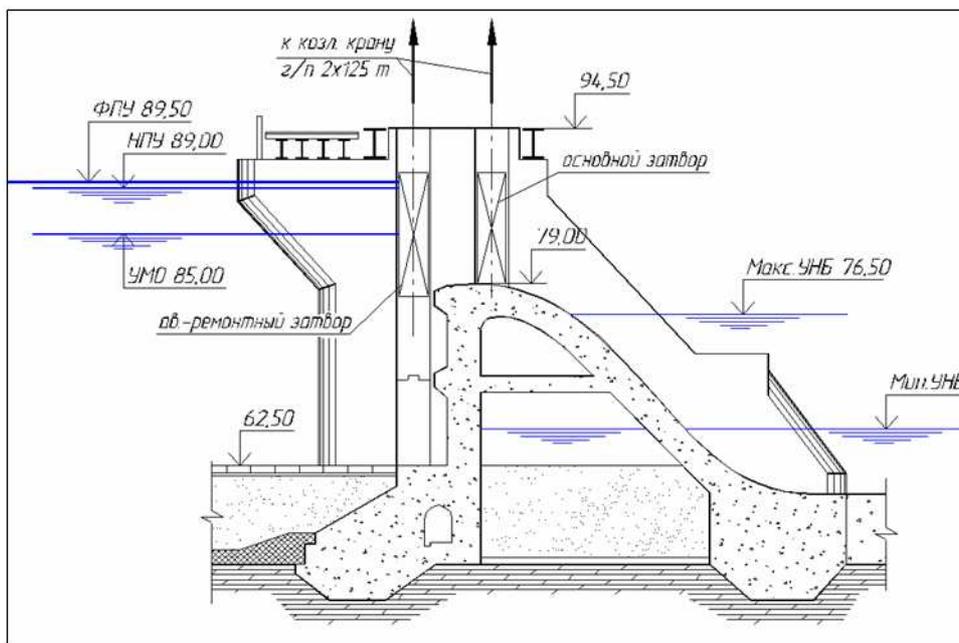


Рис. 1.1

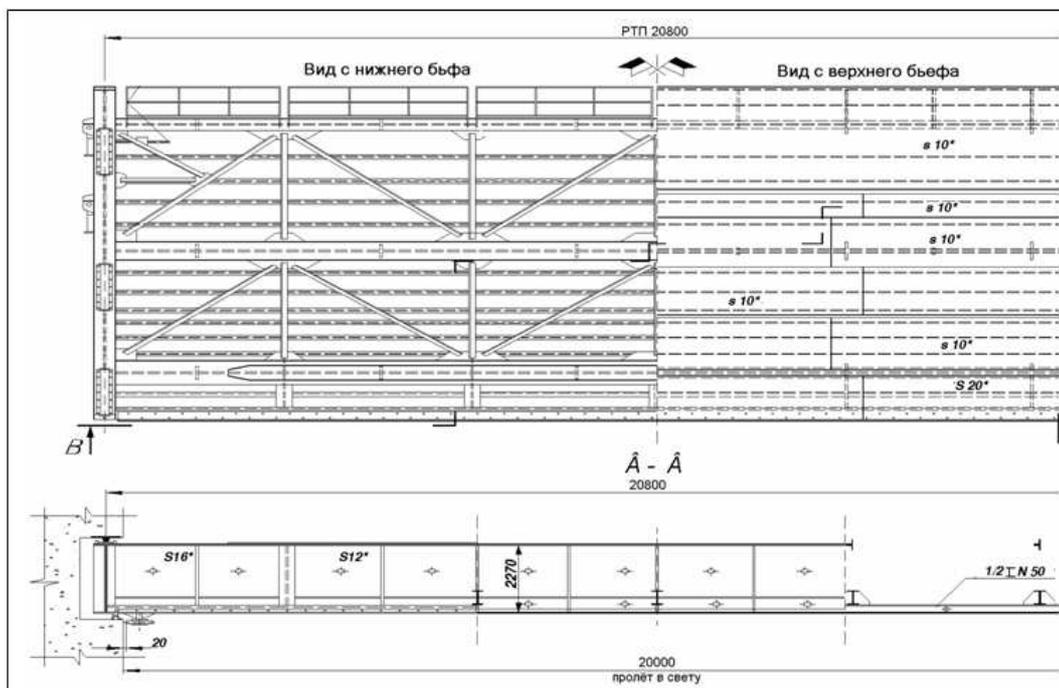


Рис. 1.2

На водосливах плотин ГЭС часто в качестве основных используются сегментные затворы (Саяно-Шушенская ГЭС). На рис.1.3 показан затвор плотины Выгостровской ГЭС.

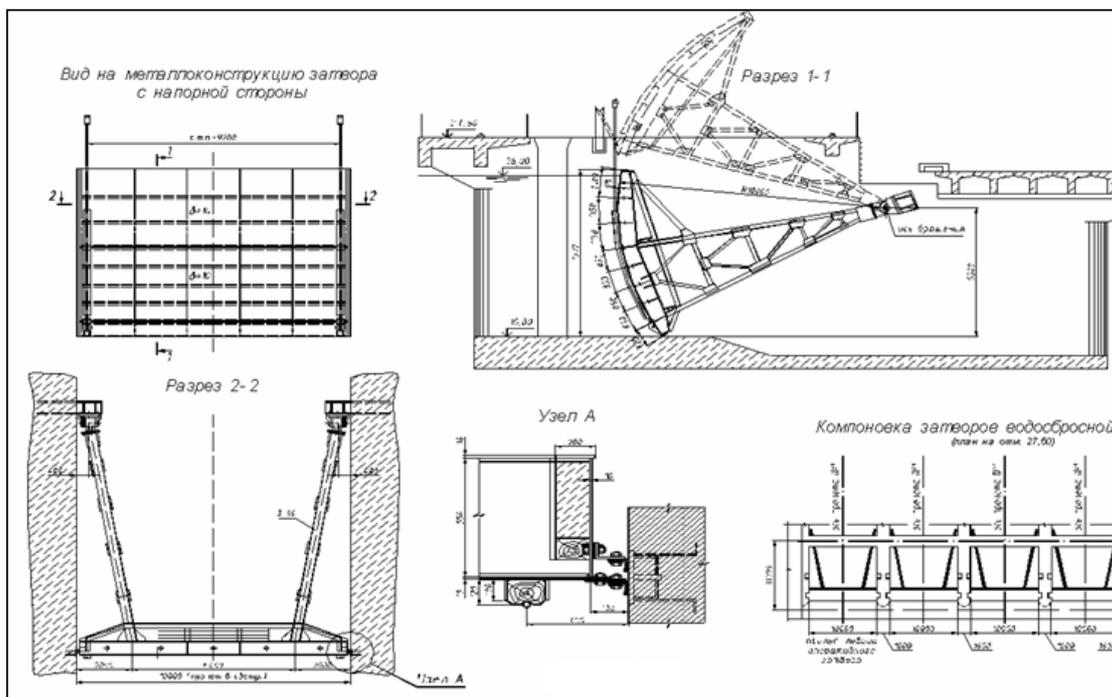


Рис. 1.3

Другие типы затворов на водосливах ГЭС практически не применяются.

В 60-70-е годы прошлого века в качестве затворов водосливов в некоторых водосливных пролётах плотин применялись сдвоенные затворы типа «глаголь», у которых верхняя секция с козырьком при необходимости сбросить мусор или лед в нижний бьеф надвигалась вниз на нижнюю секцию, рис. 1.4

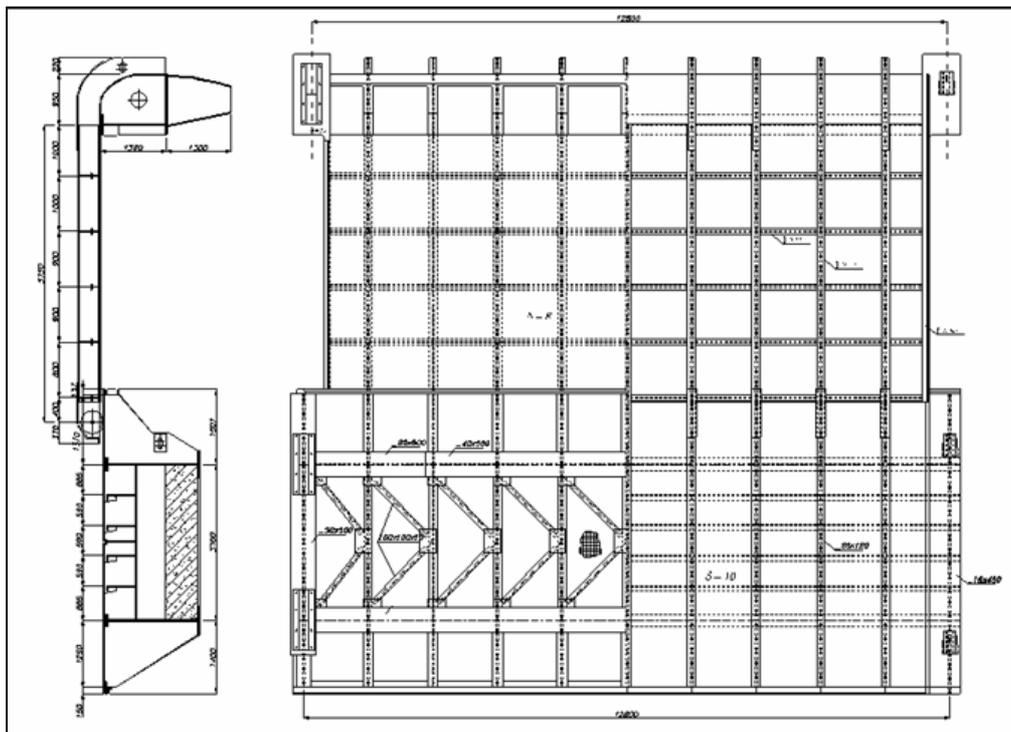


Рис. 1.4

Однако эти затворы оказались очень капризными в эксплуатации, и по большей части они уже заменены на обычные плоские затворы. Остались такие затворы в ближнем зарубежье, например, в Средней Азии (Уч-Курганская ГЭС в Киргизии). На Воткинской ГЭС уста-

новленный в начале эксплуатации в 60-х годах на водосливной плотине один затвор типа «глаголь» в первые же годы был заменен на плоский затвор, аналогичный другим затворам водосливной плотины.

Опыт эксплуатации основных рабочих затворов водосливных плотин ГЭС указывает на их следующие характерные особенности, оказывающие влияние на техническое состояние.

Для поверхностных низконапорных затворов водосливов (с напором, не более 15 м) характерны значительные пролеты. Все затворы плотин Волжских и Камских ГЭС имеют пролет 20 м, Рублевские затворы – 30 м. Эти затворы *практически постоянно работают на частичных открытиях*, пропуская воду во время паводков один или, реже, два раза в год. При прохождении малых паводков вода не сбрасывается через водослив по несколько лет подряд. В меженный период затворы стоят на пороге практически под полным статическим напором.

Маневрирование затворами производится, как правило, при помощи одного или двух козловых кранов, в зависимости от количества водосливных отверстий. Иногда краны маневрируют затворами попарно, иногда по одному, при помощи захватных балок или непосредственно, в зависимости от принятой компоновки, количества точек подвеса, грузоподъемности кранов и т.п. Если на ГЭС, кроме поверхностных, есть и глубинные затворы водоводов, то они обслуживаются одними и теми же кранами, передвигающимися по плотине и по бетонному массиву в береговой части.



Для Волжских и других ГЭС с большой длиной напорного фронта волновые воздействия и нагон достаточно постоянны. Поэтому существенным оказалось то обстоятельство, что *в старых расчетных нормах волновые воздействия и нагон воды были отнесены не к основному, а к дополнительному сочетанию нагрузок*, для которого расчётные напряжения в элементах выше, чем для основного. Поэтому **давно работающие затворы оказались перегруженными**, многие из них имеют значительные остаточные прогибы и даже трещины в основной несущей конструкции, являющиеся факторами, указывающими на возможность потери несущей способности и исчерпания ресурса.

На рис. 1.5 показан случай потери несущей способности затвора из-за трещины в низовом поясе нижнего ригеля затвора водосливной плотины Нижегородской ГЭС. Такая трещина должна была быть сразу по обнаружению заваренной с последующей заменой затвора.

Рис. 1.5

Основной проблемой затворов является *коррозионный износ металлоконструкций*, особенно высокий для южных регионов, где выше температура воды.

Затворы водосливных плотин, рассчитанные на невысокие напоры, часто выполнялись из *тонких* листов стали и *тонкостенных* прокатных профилей. Однако *тонкостенные элементы* по сравнению с толстостенными профилями и относительно, и абсолютно, больше подвержены коррозионному износу. Характерно также то, что у затворов, стоящих на пороге, на ригелях и, особенно, у диафрагм, постоянно собирается много влажного мусора, который

является источником интенсивной коррозии. Для таких затворов большое значение имеет качество антикоррозионного покрытия и своевременное проведение антикоррозионных мероприятий. На рис. 1.6 видны сквозные коррозионные повреждения в конструкции затвора водосливной плотины Воткинской ГЭС.

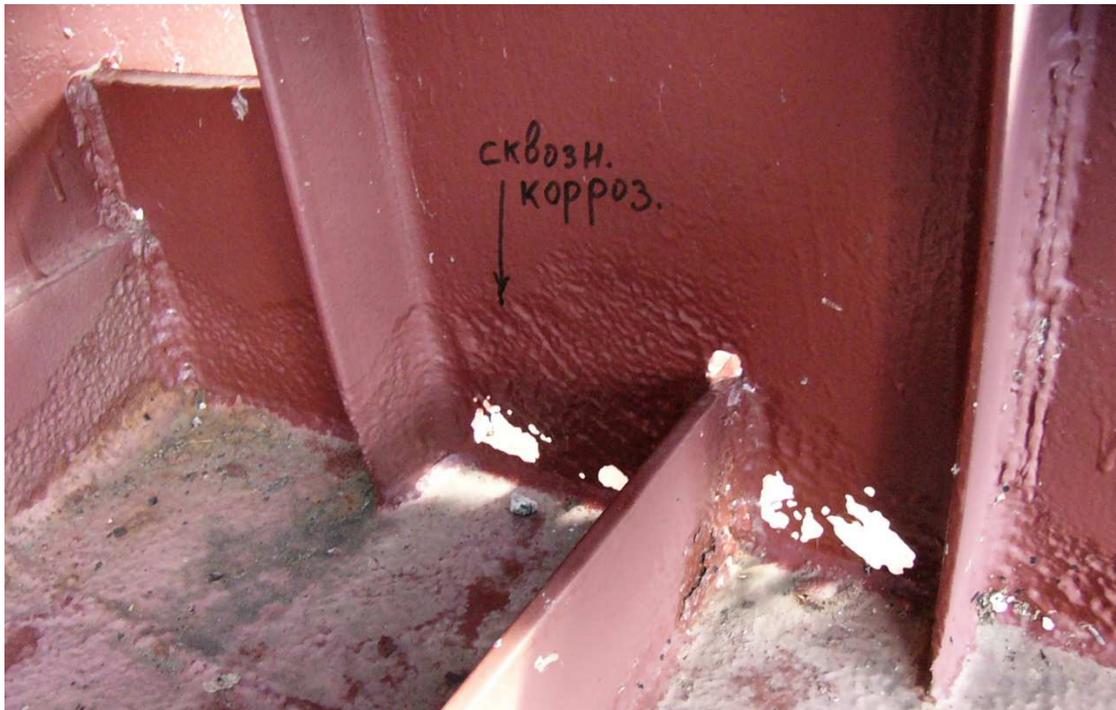


Рис. 1.6

На поверхностных затворах часто применялась *тонкая обшивка* – по современным нормам обшивка делается толще. Поэтому на таких затворах коррозия быстро «съедает» тонкие элементы, обшивка *выгибается* в сторону нижнего бьефа подобно парусу. Рис. 1.7 демонстрирует "парусность" обшивки сегментного затвора водосливной плотины Беломорской ГЭС. Подобная картина наблюдалась на затворах всех 24-х пролетов Камской ГЭС, а у затворов Цимлянкой ГЭС вся обшивка была в сквозных отверстиях.



Рис. 1.7

Маневрирование затворами и проблемы опорно-ходовых частей. На старых затворах установлены полозья с вкладышами из ДСП-Б. Этот материал имеет много положительных свойств, но коэффициенты трения покоя и движения для них различаются в несколько раз. Даже после не очень продолжительного нахождения затвора в одном положении – на пороге или на частичном открытии, из-за трудностей страгивания его с места часты случаи зависания.

Замена полозьев с ДСП-Б на полозья с другим антифрикционным материалом не всегда проводилась с учётом фактической прочности этих материалов: большинство из них (в том числе АСМ К) уступает ДСП-Б по прочности и допускаемому давлению в контактной поверхности.

Затруднения при создании майны перед затворами в зимнее время и давление ледового поля на затвор обуславливают трудности устранения протечек в уплотнениях с верховой стороны, а вода, замерзающая в пазах, создаёт давление на опорные стойки и деформирует их (затворы водосливной плотины Воткинской ГЭС).

Протечки через некачественно смонтированные уплотнения, отверстия от потерянного крепежа в нижней части затвора и через скосы опорных стоек приводят к тому, что низовая поверхность затворов в углах может постоянно находиться в сыром состоянии. Например, у затворов водосливной плотины Жигулевской ГЭС вода через отверстия в обшивке и боковых уплотнениях попадает в пазы, стекает вниз, а далее через косо срезанные внизу опорные стойки двумя струями фонтанирует на нижние ригели, провоцируя усиленную коррозию. Следует отметить, что устанавливаемые на Жигулевской ГЭС взамен старых новые затворы обладают теми же недостатками.

Затворы, сбрасывающие воду переливом через верх (для сброса мусора и льда) или истечением из-под затвора, имеют тот недостаток, что переливающаяся вода за счёт эффекта эжекции приводит к большим скоростям струйного истечения в местах повреждения ножевого уплотнения, причём даже в том случае, когда затвор стоит на пороге. А это, в свою очередь, является причиной дальнейшего повреждения уплотнений и размыва бетона порога. При одновременном сбросе воды сверху и снизу между верхней и нижней струями может образовываться вакуумный мешок, который периодически "схлопывается" и создаёт ударную нагрузку на затвор.

Ремонтные и аварийно-ремонтные затворы водосливных плотин.

Если ремонтные затворы хранятся не в пазах, а на берегу и без распорок, то под воздействием атмосферных осадков и перепадов температур они *деформируются*, приобретая "пропеллерную" форму, препятствующую установке их в пазы.

Закладные части затворов

Основная проблема - *протечки, вызывающие коррозию элементов паза, вымывание и выщелачивание бетона*. В зимнее время замерзающая фильтрующая через бетон вода приводит к разрушению бетона и выпору закладных частей. Ремонт закладных частей значительно труднее, чем ремонт подвижной конструкции затвора, и требует вырубки бетона, тщательной выверки и выравнивания деталей перед бетонированием.

Подкрановые балки.

Подкрановые балки подвержены значительной переменной и динамической нагрузке, как в направлении движения крана, так и в поперечном направлении. Балки связаны с бетонным массивом только нижней своей частью. Поэтому контроль их технического состояния – это прежде всего контроль за *деформациями в продольном направлении и в вертикальной плоскости*, а также за *усталостными повреждениями*. При определении причин отклонения технического состояния балок от нормального при обследовании необходимо учитывать то, что состояние подкрановых балок неразрывно связано с состоянием ног крана и его ходовых тележек.

Основные затворы глубинных водосбросов.

Значительные величины нагрузок на опоры глубинных затворов для надёжности работа требуют *равномерной загруженности опорно-ходовых частей*. Отклонение точки опоры только одного из колес от плоскости опоры на 3-5 мм вызывает перегрузку колеса и конструкции в этом месте на 30-40%. Надёжное маневрирование может быть обеспечено только при оптимальном выборе антифрикционных материалов во вкладышах опорных полозьев и во втулках опорных колес.

У сегментных затворов сильные перегрузки могут быть обусловлены *недостаточной точностью выставления опор ног*. Результатом сильных перегрузок могут быть как повреждения опорных стоек (затвор глубинного водосброса Ташкумырской ГЭС в Киргизии), так и повреждения самих опорно-ходовых частей и закладных рельсов (затвор глубинного водосброса Байпазинской ГЭС в Таджикистане), создающие препятствия маневрированию затворами.

Для надёжной работы затворов на частичных открытиях необходимо отсутствие или ограничение *вибрации*. Подтопленными затворы нижнего бьефа глубинных водосбросов больше подвержены вибрациям.

Задача борьбы с вибрацией может быть решена только опытным путем, так как в динамических расчётах невозможно с достаточной точностью оценивать гидропругость и жесткость связей затвора с закладными частями, особенно с учетом возможных неточностей монтажа опорных и закладных частей затвора.

Повреждение уплотнения глубинных затворов сильно мешает маневрированию, а также наполнению водовода и подъему аварийно-ремонтных затворов ВБ. На старых конструкциях глубинных затворов для уменьшения возможности вибраций устанавливались либо эстафетные уплотнения, либо высокая забральная балка. Практика показала, что оба решения проблему не снимают. На рис. 1.8 и 1.9 показаны поврежденные верхнее и эстафетное уплотнения основного затвора глубинного водосброса Саратовской ГЭС.



Рис. 1.8



Рис. 1.9

Для глубинных затворов фактором, отрицательно влияющим на их техническое состояние, является отсутствие со стороны НБ ремонтного затвора: закладные части затворов оказываются недоступными для осмотра и ремонта. Возможность ремонта особенно необходима при сложной конструкции опорно-ходовых частей и уплотнений: у глубинных затворов часто применяются уплотнения, управляемые водой, отодвигаемые во время движения затворов от закладных частей при помощи эксцентриков и т.п.

Аварийно-ремонтные затворы ВБ глубинных водосбросов.

Этим затворам присущи почти все проблемы основных затворов водосливных плотин, но условия их работы являются более тяжелыми: они чаще работают на частичных открытиях и при гораздо больших скоростях потока.

Возможность наполнения глубинного водосброса водой и подъема затвора обеспечивается *работоспособностью байпасов*. Байпасы находятся либо в самих затворах, либо в бетоне бычков. В любом случае при невозможности всегда держать в порядке уплотнения основных затворов система заполнения может давать сбои, иногда очень трудно устранимые. Пример - глубинные водоводы Саратовской ГЭС: уплотнения основных затворов часто имеют большие протечки, расход через байпасы аварийно-ремонтных затворов оказывается меньше, чем расход протечек. В результате - большие проблемы с подъемом аварийно-ремонтных затворов.

Применение для обеспечения нормальной посадки аварийно-ремонтных затворов под напором особые конструкции, типа "сквозная плита" с вертикальными элементами жесткости, двухобшивочные (для разгрузки нижних ригелей от давления нижнего бьефа), с балластом и т.п., очень усложняет проведение осмотров, ремонтов, окраску, препятствует выходу воздуха и водяных паров из полостей затвора. Это значительно ухудшает коррозионные условия. Так, двухобшивочные затворы Саратовской ГЭС 203СЮ при обследовании оказались в наиболее плохом по сравнению с другими затворами верхнего бьефа состоянии.

Закладные части затворов глубинных водосбросов.

В силу показанных выше причин осмотр, ремонт и очистка закладных элементов затруднены. При отсутствии за ними ремонтного затвора их осмотр возможен только при помощи водолазов, что, как правило, недостаточно.

Основные затворы водосливных плотин.

При обследованиях основных затворов водосливных плотин необходимо обращать внимание на особенности работы, комплектность и дефекты опорно-ходовых частей и уплотнений, играющих в эксплуатации затворов первостепенную роль. На оценку остаточного ресурса они практически не влияют, т.к. предполагается, что эти элементы подлежат замене, (хотя это не всегда осуществимо достаточно просто).

Для оценки остаточного ресурса основных затворов водосливных плотин прежде всего необходимо решить вопрос о возможности затвора данной конструкции далее работать без устранения его принципиальных недостатков, или его следует заменить на затвор иной конструкции (сдвоенные затворы типа «глаголь», затворы, работающие либо с переливом через верх, либо истечением из-под щита). Для оценки возможности и сроков дальнейшей эксплуатации, т.е. ответа на вопрос, смогут ли затворы без серьезной реконструкции дослужить до замены, должны быть проведены измерения двух групп параметров.

1) замеры полных и остаточных прогибов несущей конструкции (ригелей у плоских затворов, ригелей и ног у сегментных затворов). Для этого следует провести измерения прогибов всех затворов и ригелей под нагрузкой, а одного, или лучше нескольких - без нагрузки,

опустив перед ним ремонтный затвор. Измерения под нагрузкой дают величины полных (суммарных, упругих и остаточных) прогибов,

2) замеры толщин всех основных несущих элементов, обшивки, поясов ригелей, стенок ригелей, опорных стоек.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЙ

1. Если ремонтные затворы хранятся в пазах, то замерам подлежат только толщины основных несущих элементов, особенно в тех случаях, когда затворы висят низко над водой. Если же затворы хранятся под водой или на берегу, то кроме толщин должны быть тщательно измерены также габаритные размеры затворов, в том числе диагональные.

2. При обследованиях закладных элементов важны не столько какие либо измерения, сколько определение состояния опорного рельса, полос под уплотнения и бетона. Решение о замене затворов или замене закладных частей должно приниматься только совместно. На Воткинской ГЭС закладные части находились в очень плохом состоянии и подлежали замене. Проект новых закладных частей был выполнен под старые затворы. После того, как закладные части всех или почти всех пролетов плотины были заменены, пришла очередь замены самих затворов, конструкция которых не была оптимальной. При проектировании новой конструкции затворов привязка к существующим закладным частям, по крайней мере, очень затруднительна.

3. Для основных затворов глубинных водоводов возникающие проблемы связаны, как правило, с опорно-ходовыми частями уплотнениями. Поэтому измерения (прогибов конструкции и толщин их элементов) необходимы, но не являются основным задачам контроля. Определяющим для ресурса фактором для того вида затворов является усугубляющиеся со временем проблемы опорно-ходовых частей, закладных частей и всего водовода. Например, неровности опорно-ходовых и закладных частей приводят к перераспределению нагрузок в элементах конструкции и перегрузкам отдельных узлов затвора. С течением времени эти неровности увеличиваются из-за зарастания, коррозии и т.п. К этому добавляются проблемы, связанные с динамическим характером нагрузок при средних и высоких напорах на затвор.

Указанные проблемы достаточно специфичны, чтобы можно было предложить стандартный алгоритм их обследований.

4. Для аварийно-ремонтных затворов глубинных водосбросов и основных затворов водосливных плотин характерны аналогичные дефекты и повреждения, поэтому необходимые при обследовании этих затворов измерения одинаковы.

5. При обследовании затворов желательно оценивать оптимальность принятой конструкции и, следовательно, рациональность их конструктивного повторения при замене. Например, двухобшивочные аварийно ремонтные затворы глубинных водосбросов, аналогичные затвору 303 СЮ на Саратовской ГЭС (Воткинская ГЭС), во-первых, очень труднодоступны для осмотра и ремонта, особенно если внутри их еще расположен балласт, а во-вторых - из внутренних полостей очень затруднен выход паров воды, что плохо в коррозионном отношении.

6. Важный аспект контроля – работа байпасов или других систем заполнения внутреннего пространства водосбросов, причем этот раздел контроля должен рассматриваться совместно с работой уплотнений и закладных частей основных затворов водосброса: если расход через байпасы соизмерим с расходом через поврежденные уплотнения основных затворов, то проблемы с подъемом аварийно-ремонтных затворов неизбежны.

7. Состав измерений при обследовании аварийно-ремонтных затворов водосбросов – прогибы и остаточные толщины элементов.

8. Обследование закладных частей основных затворов глубинных водосбросов очень важно для понимания условий работы этих затворов, однако при отсутствии ремонтных затворов со стороны НБ трудновыполнимо из-за невозможности их осушения. Главная задача такого обследования – оценка нахождения опорных рельсов в одной плоскости и определение

реальных величин неточностей монтажа, особенно в вертикальной плоскости. Причем эти величины тем важнее, чем больше соотношение высоты отверстия и пролета затвора.

9. Важным показателем надёжности и работоспособности затвора является его плоскостность и чистота поверхности забральной балки под верхнее уплотнение.

10. Для подкрановых балок в соответствии с РД-10-138-97 измеряется их положение и положение рельсов друг относительно друга, как в горизонтальной плоскости, так и в вертикальной, а также относительно крана. Для каждого подкранового пути строится вертикальный профиль по балкам и по рельсам и горизонтальное их расположение по всей длине пути. Замеры балок производятся по верхнему поясу балок. Кроме того, для каждого пролета балок как минимум в трех сечениях, двух концевых и одного в середине, делаются замеры вертикальности стенки балки и наклона верхнего пояса. Все замеренные величины сравниваются с допускаемыми. Определяется ширина колеи, отклонение каждого из путей от прямолинейного в двух плоскостях, эксцентриситет нагрузки относительно стенки балки, приложенной к рельсу.

11. При обследовании металлоконструкций крана проверяются вертикальность ног крана, измеряются прогибы грузовых балок портала и расстояния между одинаковыми точками ходовых тележек крана при его движении в обоих направлениях по всей длине крановых путей с шагом ~ 5 м.

Эти замеры при их сопоставлении дают представление о том, происходит ли схождение и расхождение ног крана в зависимости от положения колес в ходовых тележках и положения рельсов, а также предоставляют материалы для дальнейших расчетов.

**Классификация затворного оборудования.
Объекты контроля ГМО**

Таблица П. 2.1

Типы объектов контроля ГМО		Классификация			
		По назначению	По компоновке	По размещению	По конструкции
Затворы	Несущая металлоконструкция	Рабочие основные	Поверхностные отверстия	Поверхностные водосливы	Плоские скользящие
		Аварийные			
	Опорно-ходовые части	Аварийно-ремонтные	Глубинные отверстия	Глубинные водосбросы	Плоские скользящие секционные
	Пазовые конструкции	Ремонтные	Выходные отверстия глубинных водосбросов	Водоприемники ГЭС	Плоские колёсные
	Тяги, подхваты			Отсасывающие трубы ГЭС	Плоские колёсные секционные
	Закладные части			Глубинные тоннельные водосбросы	Сегментные
Уплотнения					
Байпасы					
Стационарные грузоподъемные механизмы	Тяги, подхваты	Привод аварийных затворов Привод регулирующих затворов			Гидропривод
Грузоподъемные краны	Металлические конструкции Подкрановые конструкции Опоры конструкций Подкрановые пути (рельсы) Ходовые тележки	Маневрирование затворами			

Приложение 3

Рекомендуемый состав, содержание и сроки проведения регламентных работ для гидротехнических затворов

Виды затворов	Регламентированные работы	Периодичность и сроки проведения работ
Основные затворы водопропускных и водозаборных сооружений	Общие технические осмотры	Регулярно, но не менее 2-х раза в год: при подготовке к паводку и проверке готовности оборудования к зиме
	Специальные технические осмотры (обследования)	1 раз в 2...3 года
	Текущие ремонты	При необходимости по результатам технических осмотров, но не реже 1 раза в 2...3 года
	Пробное маневрирование	1 раз в год
	Специализированные инструментальные обследования	1 раз в 10...15 лет, в том числе перед проведением капитального ремонта, после 25 лет работы 1 раз в 5 лет
	Натурные испытания	По окончании пректного эксплуатации; в дальнейшем через каждые 10...15 лет по результатам инструментальных обследований и в каждом случае отказов затворов
Аварийные затворы водопропускных и водозаборных сооружений	Общие технические осмотры	1 раз в 2 года и каждый раз после аварийного закрытия затворов
	Специальные технические осмотры	1 раз в 5 лет
	Текущие ремонты	По мере необходимости по результатам технических осмотров
	Пробное маневрирование	1 раз в год
	Специализированные инструментальные обследования	1 раз в 15 лет, в том числе перед проведением капитального ремонта,
	Натурные испытания	Первый раз после 25...30 лет эксплуатации; в дальнейшем через каждые 15...20 лет и в каждом случае отказов затворов
Ремонтные затворы водопропускных и водозаборных сооружений	Общие технические осмотры	До и после каждого случая использования затворов
	Специальные технические осмотры	1 раз в 5 лет
	Текущие ремонты	По мере необходимости по результатам технических осмотров
	Специализированные инструментальные Обследования	1 раз в 20...25 лет

Виды затворов	Регламентированные работы	Периодичность и сроки проведения работ
Закладные части	Технические осмотры	1 раз в 5...10 лет
	Текущие ремонты	По мере необходимости по результатам технических осмотров
	Специализированные инструментальные обследования	1 раз в 20...25 лет
	Специальные натурные испытания	При аварийных отказах опорно-ходовых частей и уплотнительных устройств

Примерный состав регулярного контроля технического состояния ГМО

Таблица П. 4.1

№№	Наименование работ	Состав работ
1	Проверка комплектности и целостности конструкции, всех механических узлов и деталей.	<ul style="list-style-type: none"> • наличие на затворе целой, неповрежденной металлоконструкции; • целостность опорно-ходовых частей; • уплотнений; • тяговых элементов; • крепежа (проверяется и подтягивается весь крепеж).
2	Визуальный осмотр всей конструкции, включая пазовые части.	<ul style="list-style-type: none"> • проверка состояния защитного покрытия и проявлений коррозии на поверхности всех элементов; • проверка состояния сварных швов; • особое внимание уделяется состоянию опорно-ходовых частей (состояние вкладышей полозьев и проворачиваемость колес). Принимаются все возможные меры для улучшения антифрикционных свойств опорно-ходовых частей; • отсутствие в уплотнениях протечек, качество соединения уплотнительного контура в углах, стыки резины, наличие прижимных планок и крепежа; • проверяются на отсутствие деформаций и повреждений тяговые элементы (штанги, проушины, оси, и их крепежные элементы – шайбы, пальцы, шпильки и т. п.); • состояние бетона и закладных частей; • наличие протечек
3	Выявление дефектов и повреждений на основных элементах несущей конструкции (обшивка, ригели, диафрагмы, стрингера и опорные стойки, опорные ноги сегментных затворов), измерение параметров дефектов и повреждений.	<ul style="list-style-type: none"> • трещины (наиболее характерные места возникновения - низовые пояса ригелей и места соединения стрингеров с диафрагмами); • вмятины от льдин и др. плавающих тел; • выпучины на больших плоских поверхностях – обшивке и стенках ригелей; • деформации в стенках и поясах ригелей, диафрагм и опорных стоек; • значительные локальные коррозионные повреждения.
4	Проверка работоспособности дополнительных устройств	<ul style="list-style-type: none"> • байпасы; • подхваты; • захватные и балластные балки.
5	Проверка исправности обслуживающих механизмов	<ul style="list-style-type: none"> • кранов; • стационарных подъемных устройств; • балластных и захватных балок
Инструментальные измерения		
6	Параметров дефектов и повреждений	

Примерный состав инструментальных измерений при проведении специальных технических обследований затворов

Таблица П. 4.2

№№	Наименование работ	Состав работ
1	Остаточных толщин основных несущих элементов конструкции* - в зоне переменного уровня воды; - наиболее тонких элементов; - в местах, куда попадает вода из протечек через уплотнения и другие отверстия. *	<ul style="list-style-type: none"> • Обшивки; • Поясов и стенок ригелей; • Стенок стрингеров; • Диафрагм; • Стенок опорных стоек; • Верхняя и нижняя обвязки • Для сегментных затворов – элементах опорных ног.
2	Замеры прогибов всей конструкции на уровне каждого из ригелей.	Замеры прогибов под нагрузкой и без нагрузки на затвор.
3	Проверка соответствия геометрических параметров конструкции проектным значениям	<ul style="list-style-type: none"> • Плоскостность опирания опорно-ходовых частей; • Деформация стенок ригелей; • Искривление стрингеров; • Локальные деформации обшивки (парусность).

Контроль технического состояния ГМО. Примерный состав регулярных и сезонных осмотров металлоконструкций кранов, подкрановых балок и рельсовых путей

Таблица П. 4.3

№№	Наименование работ	Состав работ
1	Осмотр и измерения металлоконструкций	<ul style="list-style-type: none"> • Внешний осмотр и выполнение необходимых геометрических размеров направляющих (рельсов, двутавров, квадратов), по которым перемещаются ходовые колеса грузоподъемной машины, для определения фактического износа направляющих; • Внешний осмотр состояния стыковых и промежуточных соединений (скреплений) на соответствие их требованиям эксплуатационной и проектной документации; • Внешний осмотр и выполнение необходимых измерений, определение состояния элементов, передающих нагрузку от направляющих (рельсов, двутавров, квадратов), по которым перемещаются колеса грузоподъемной машины, на основание (балки, основание). • Внешний осмотр состояния путевого оборудования (тупиков, ограничителей передвижения, ограждений, предупредительных знаков и т.п.) для выявления в них отклонений от проектной и нормативной документации.

* Остаточные толщины элементов определяют величину коррозионного износа элементов конструкции. За расчетную остаточную толщину элемента допускается принимать наименьшую из замеренных толщин.

№№	Наименование работ	Состав работ
2	Выявление дефектов и повреждений, измерение параметров дефектов и повреждений	<ul style="list-style-type: none"> • Трещин в основном металле и сварных соединениях, косвенным признаком которых являются шелушение и растрескивание лакокрасочного покрытия, местная коррозия, подтеки ржавчины; • Механических повреждений и деформаций; • Расслоений металла на торцевых поверхностях металлопроката; • Некачественного выполнения ремонтных сварных соединений; • Люфтов в шарнирах, ослаблений болтовых и заклепочных соединений; • Очагов коррозии; • Выколов, вмятин и других недопустимых дефектов (повреждений) направляющих (рельсов, двутавров, квадратов), по которым перемещаются ходовые колеса грузоподъемной машины; • Износ (головок рельсов).

Контроль технического состояния ГМО. Элементы металлоконструкций кранов, подлежащие инструментальному контролю.

Таблица П. 4.4

Наименование элементов	Назначение контроля	Способ контроля
Растянутые пояса главных балок	Определение площади и степени коррозии	Ультразвуковая толщинометрия
Листовые балочные конструкции (при обнаружении расслоений на торцах элементов)	Определение площади распространения расслоения	Ультразвуковая дефектоскопия
Надбуксовые части концевых балок	Выявление трещин	Ультразвуковая дефектоскопия, просвечивание
Места сопряжений главных и концевых балок	То же	То же
Места соединений опор с пролетным строением и с ходовой тележкой	То же	То же

Примерный состав инструментальных измерений при проведении специальных технических обследований кранов, подкрановых балок и рельсовых путей.

Таблица П. 4.5

№№	Наименование работ	Состав работ
1	Отклонения кранового пути в плане и профиле от проекта	<ul style="list-style-type: none"> • Разность отметок головок рельсов в одном сечении; • Разность отметок головок рельсов на соседних колоннах; • Сужение или расширение колеи; • Взаимное смещение торцов стыкуемых рельсов; • Зазоры в стыках рельсов (при фиксируемой температуре); • Разность отметок головок рельсов на 10 м. пути; Отклонение оси рельса от оси (ребра) балки.
2	Отклонения балок пролётного строения под крановые пути от проекта	<ul style="list-style-type: none"> • Смещение оси балки кранового пути с продольной разбивочной оси; • Смещение опорного ребра (металлической) балки с оси опоры; • Относительные прогибы балок в вертикальной плоскости; • Относительные горизонтальные прогибы балок; • Изменение толщин элементов вследствие коррозии.
3	Измерение параметров выявленных дефектов и повреждений.	

Примечания.

1. Наблюдения и уход за отдельными узлами и частями гидроподъемников, лебедок и других подъемных механизмов (зубчатые передачи, редукторы, тормоза, подшипники, ручные приводы), равно как и за тяговыми органами (канаты, цепи, тяги, штанги), должны осуществляться в соответствии с заводскими инструкциями и нормами, принятыми для кранового хозяйства.

2. Наблюдение за металлом проводится на деталях и узлах, имеющих наибольшую вероятность повреждения в процессе эксплуатации (у затворов - обшивки, сварные швы, у решеток - места крепления стержней к раме, сварные швы).

Дефекты и повреждения объектов ГМО

Металлоконструкции затворов

Таблица П. 5.1

Трещины в основном металле
Трещины в сварных швах
Трещины в околошовной зоне
Дефекты формы сварных швов
Разрывы металла
Вырубки металла
Изломы металла
Выкрашивания
Расслоения основного металла
Местные коррозионные и кавитационные повреждения металла сварных швов
Погнутости элементов
Вмятины на элементах
Деформации элементов
Вырезы элементов
Подрезы элементов
Разрушение противокоррозионного покрытия
Шелушение противокоррозионного покрытия
Выделение на поверхности металлоконструкций продуктов коррозии

Элементы крепления затворов

Трещины
Узлы с местными деформациями
Элементы с местными деформациями
Наличие дополнительных элементов не предусмотренных проектом
Сосредоточие сварных швов в узлах элементов
Сближение сварных швов в узлах
Сближение сварных швов в элементах
Резкое изменение направлений сварных швов в узлах
Резкое изменение направлений сварных швов в элементах
Резкое изменение сечений элементов
Крепление фасонки к поясам и стойкам прерывистыми швами
Фасонки, приваренные к поясам балок, ригелей и стойкам, внахлест без обварки по контуру.
Фасонки, приваренные к поясам балок, ригелей и стойкам, в стык без полного провара
Отверстия с необработанными кромками
Прожженные отверстия
Заваренные отверстия
Сверхнормативные подрезы основного металла
Наличие электрозаклепок
Наличие не удаленных и не защищенных наплавленных валиков.
Наличие наплывов металла
Наличие прихваток
Дефекты сварных швов
Отсутствие подварки корня в стыковых швах
Несплавление по кромкам швов

Швы без плавного перехода к основному металлу
Наплывы в околошовной зоне
Прожоги в околошовной зоне
Сужения в околошовной зоне
Неполный провар стыковых швов
Раковины в околошовной зоне
Скопления и цепочки пор в околошовной зоне
Зарубки на поверхности шва
Надрезы на поверхности шва
Повреждения поверхности швов
Повреждения элементов крепления
Расслой материала элементов

Металлоконструкций кранов, подкрановых балок и рельсовых путей

Таблица П. 5.2

Трещины в основном металле и сварных соединениях
Шелушение и растрескивание лакокрасочного покрытия
Местная коррозия элементов металлоконструкции
Подтеки ржавчины
Расслоение металла на торцевых поверхностях металлопроката
Люфты в шарнирах
Ослаблений болтовых и заклепочных соединений
Выколы направляющих (рельсов, двутавров, квадратов) ходовых колес грузоподъемной машины
Вмятины направляющих (рельсов, двутавров, квадратов) ходовых колес грузоподъемной машины
Погнутости направляющих (рельсов, двутавров, квадратов) ходовых колес грузоподъемной машины
Деформации направляющих (рельсов, двутавров, квадратов) ходовых колес грузоподъемной машины
Износ (головок рельсов)
Наличие не удаленных и не защищенных наплавленных валиков.
Наличие наплывов металла
Наличие прихваток
Дефекты сварных швов
Отсутствие подварки корня в стыковых швах
Несплавление по кромкам швов
Швы без плавного перехода к основному металлу
Наплывы в околошовной зоне
Прожоги в околошовной зоне
Сужения в околошовной зоне
Неполный провар стыковых швов
Раковины в околошовной зоне
Скопления и цепочки пор в околошовной зоне
Зарубки на поверхности шва
Надрезы на поверхности шва
Повреждения поверхности швов

Типовой регламент производственных испытаний и ремонтов затвора

Основные положения по проведению регламентных работ по техническому обслуживанию гидротехнических затворов, в состав которых входят ремонты и производственные испытания, рассмотрены в разделе 2 "Методики". В настоящем приложении приведены общие сведения об организации ремонтов и производственных испытаний затворов без детализации технологии их проведения.

1. ВВЕДЕНИЕ

В документе описаны общие минимально необходимые требования к проведению производственных испытаний и ремонтов затворов без детализации способов и характеристик проводимых работ. "Типовой регламент" дополняет положения раздела 2 "Методики проведения контроля технического состояния и оценки остаточного ресурса гидромеханического оборудования ГЭС" в части планирования, сроков (периодичности), информационного обеспечения их проведения, документального оформления результатов и приёмки работ по проведению производственных испытаний и ремонтов затворов

Текущие ремонты, производственные испытания и пробное маневрирование затворами относятся к регламентным работам, проводимым обслуживающим персоналом ГЭС.

По определениям "Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ" и "Правил организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей" (СО 153 34.04.181) капитальные ремонты и реконструкция для затворов эквивалентны их замене⁸ и в настоящем регламенте не рассматриваются.

2. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

2.1 *Натурные испытания и ремонты* гидротехнических затворов проводятся (Таблица Пб.1) в сроки:

- предусмотренные технической документацией;
- по годовым планам, составляемым на основании результатов технических осмотров/обследований или освидетельствований.

Пробное маневрирование проводится в случаях и сроках, предусматриваемых инструкцией по эксплуатации гидромеханического оборудования.

2.2 Ремонтные работы ("текущие ремонты") затворов водопропускных гидротехнических сооружений могут быть плановым или аварийным.

Плановый текущий ремонт проводится:

- для устранения дефектов и повреждений, выявленных регулярными и специальными техническими осмотрами, с целью поддержания нормального уровня технического состояния затворов;
- для осуществления мер, необходимых для поддерживающих работоспособность, полной или частичной, затвора до его плановой реконструкции (замене).

Основанием для проведения аварийного (внепланового) ремонта является наличие дефектов, признаваемых опасными, например, соответствующим уровню k_2 показателя состояния затвора по таблице приложения 8 "Методики".

2.3 Натурные (производственные) испытания затворов проводятся с целью:

- проверки соответствия технических параметров паспортным данным;

⁸ Согласно п.6.3.2 СО 153 34 181 "К капитальному ремонту ... относятся работы по смене изношенных конструкций и деталей ... или замены их на более прочные и экономичные, за исключением полной смены основных конструкций..."

- уточнения или определения параметров износа и повреждений для планирования ремонтных работ;

- проверке качества ремонтных работ при приёмке затвора из ремонта.

2.5 Натурные испытания, как правило, проводятся с привлечением специализированных организаций

2.6 При проведении ремонтов и натурных испытаний помимо оценки технического состояния каждого из затворов следует учитывать:

- порядок и последовательность маневрирования затворами в планируемый период эксплуатации;

- условия работы каждого из затворов, которые могут повлиять на скорость развития имеющихся дефектов (приложение 15 "Методики");

- чертежи ремонтируемых узлов и деталей;

- технические и технологические возможности для проведения требуемых работ;

- рабочее место с площадкой для размещения материалов и деталей.

2.7 Ремонтные работы, как правило, должны проводиться на затворах, извлечённых из пазов водопропускного отверстия.

3. ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ

3.1 Планирование ремонтов (составление годовых планов) проводится на основании результатов систематического контроля состояния затворов (раздел 2 "Методики"): регулярных, в том числе сезонных, и специальных технических осмотров, специализированных инструментальных обследований и натурных испытаний.

3.2 Планирование ремонтных работ включает:

- составление ведомости дефектов и повреждений, включающей количественные параметры дефектов и оценку значимости их влияния на техническое состояние затвора;

- составление сводной ведомости объёмов планируемых работ;

- подготовка и согласование с исполнителем состава и графика проведения работ;

- выбор технологии, материалов и технических средств поведения работ;

- определение исполнителя.

3.3 При планировании продолжительности проведения ремонтных работ необходимо учитывать следующие обязательные работы:

- проверка болтовых, заклепочных и сварных соединений элементов металлоконструкции с их заменой при необходимости;

- очистка от ржавчины и восстановление антикоррозионного покрытия;

- проверка надежности затяжки всех болтовых соединений;

- очистка ходовых колес, опорных шарниров и колесных тележек от грязи и ржавчины, сборка и заполнение смазочных устройств и смазка трущихся деталей;

- проверка сохранности и надежности крепления обратных тележек и распорок, торцевых и боковых направляющих колес;

- проверка состояния деревянных, резиновых и металлических элементов уплотнительных устройствах и замена их новыми в случае необходимости;

- проверка состояния закладных частей, очистка их от ржавчины, заварка возможных раковин и антикоррозионная защита при необходимости;

- осмотр канатов, проверка целостность проволок в канате, прочности их крепления и правильности навивки на барабанах;

- проверка состояния блоков, очистка осей блоков от старой смазки, промывка смазать.

4. СРОКИ (ПЕРИОДИЧНОСТЬ) ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

Рекомендуемая периодичность проведения ремонтов, производственных испытаний и пробного маневрирования затворами приведены в приложении 4 "Методики" и ниже в таблице.

Таблица Пб.1

Виды затворов	Регламентированные работы	Периодичность и сроки проведения работ
Основные и аварийные затворы водопропускных и водозаборных сооружений	Текущие ремонты	При необходимости по результатам технических осмотров, но не реже 1 раза в 2...3 года
	Пробное маневрирование	1 раз в год
	Натурные испытания	По окончании проектного срока эксплуатации; в дальнейшем через каждые 10...15 лет по результатам инструментальных обследований и в каждом случае отказов затворов
	Текущие ремонты	По мере необходимости по результатам технических осмотров
	Пробное маневрирование	1 раз в год
	Натурные испытания	Первый раз после 25...30 лет эксплуатации; в дальнейшем через каждые 15...20 лет и в каждом случае отказов затворов
Ремонтные затворы водопропускных и водозаборных сооружений	Текущие ремонты	По мере необходимости по результатам технических осмотров
Закладные части	Текущие ремонты	По мере необходимости по результатам технических осмотров
	Специальные натурные испытания	При аварийных отказах опорно-ходовых частей и уплотнительных устройств

5. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕМОНТОВ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

5.1 Своевременное и качественное проведение ремонтных работ требует регулярного ведения Журнала технического состояния (приложение 9 "Методики") и Технического паспорта затвора: своевременного и точного внесения записей о содержании и результатах проведенных осмотров/обследований, измерений, имевших место происшествий (событий), проводимых действий по техническому обслуживанию затворов.

5.2 Для ведения Журнала и Технических паспортов, а также планирования, подготовки и документального оформления ремонтных работ, рекомендуется использовать современные информационные технологии.

5.3 В приложении 19 "Методики" изложены возможности, требования к компьютерным системам, а также краткое техническое описание версии информационно - диагностической системы, предназначенной для информационного обеспечения технического обслуживания гидромеханического оборудования ГЭС.

6. ПОДГОТОВКА И ДОКУМЕНТАЛЬНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ РАБОТ

6.1 Организация проведения подготовительных и ремонтных работ, в том числе подготовка документации, состав и форма документов, определяются местной инструкцией или стандартом организации.

6.2 Сметная документация разрабатывается на основании ведомости дефектов и повреждений и сводной ведомости (описи) состава и объемов работ.

6.3 Сведения о проведенных ремонтах заносятся в технический паспорт затвора.

6.4 В Журнал технического состояния заносится запись о содержании и качестве проведенных работ, устраненных и не устраненных дефектах, результатах производственных испытаний.

6.5 Завершение ремонта оформляется актом сдачи – приемки. Акт должен содержать указания (рекомендации) об условиях дальнейшей эксплуатации затвора.

7. УСЛОВИЯ СДАЧИ – ПРИЁМКИ РАБОТ

7.1 Сдача затвора в эксплуатацию подтверждается актом сдачи – приемки.

7.2 Окончательная сдача уплотнительных устройств должна проводиться под рабочим напором воды.

Технические средства проведения физического контроля

Наименование технического средства	Измеряемая величина
Толщиномеры покрытий магнитные и вихрековые	Толщина покрытий
Ультразвуковой толщиномер	Остаточная толщина металлов
Глубиномер индикаторного типа	Глубина коррозионных язв
Штангенциркуль с индикатором	Толщина торцов элементов
Штангенциркуль	Толщина торцов элементов Размеры головок заклепок Высота и ширина местных деформаций
Штангенциркуль-1 двусторонний с глубиномером	Высота и ширина местных деформаций
Лупа складная карманная	Поверхностные дефекты сварных швов Ширина раскрытия трещин
Ультразвуковой дефектоскоп	Внутренние дефекты сварных швов
Гамма-дефектоскоп	
Аппараты рентгеновские	
Стальной молоток	Внутренние дефекты сварных швов Целостность заклепок
Резиновый молоток	Наличие подвижек в заклепочных соединениях
Шаблоны	Измерение размеров угловых швов
	Сравнение головок заклепок с изначальной формой
	Износ деталей машин (износ ручья блока, износ ручья барабана и др.)
	Адгезия покрытий
Стальные линейки и рулетки	Размеры дефектов и их координаты
Лазерная рулетка	Деформации на труднодоступных участках
Бухтиномер с шириной базы не менее 600 мм	Высота и ширина местных деформаций
Отвесы	Деформация вертикальных элементов
Строительные уровни	Геометрических размеры элементов
Геодезическая струна с креплениями	Прогибы элементов
Щупы стальные разного калибра	Величина зазора соприкасающихся поверхностей
Нутромеры и глубиномеры индикаторного типа	Определения глубины выработки поверхности
Скальпель	Адгезия покрытий
Кисть мягкая	Адгезия покрытий

Приложение 8

Примеры показателей состояния для объектов контроля ГМО

Типы объектов контроля	Примеры количественных и качественных показателей состояния (ПС)*	
	ПС = k ₁ ⁺	ПС = k ₂ ⁺⁺
1	2	3
Металло-конструкции затворов	Дефекты формы сварных швов	Трещины в основном металле
	Вырубки металла	Трещины в сварных швах
	Изломы металла	Трещины в околошовной зоне
	Выкрашивания	Разрывы металла
	Расслоения основного металла	
	Местные коррозионные и кавитационные повреждения металла сварных швов от 5% до 25 % от проектной толщины	Местные коррозионные и кавитационные повреждения металла сварных швов свыше 25 % от проектной толщины
	Длительное воздействие среднеагрессивных ⁹ пресных природных вод при свободном доступе кислорода: рН=3-11 СГ+8О ₂ ² <5 г/л	Длительное воздействие сильноагрессивных пресных природных вод при свободном доступе кислорода: рН=3-11 СГ+8О ₂ ² >5 г/л, или рН<3
	Погнутости элементов	
	Вмятины на элементах глубиной до 60 мм	Вмятины на элементах глубиной более 60 мм.
	Деформации элементов	
	Вырезы элементов	
	Подрезы элементов	
	Разрушение противокоррозионного покрытия	
	Шелушение противокоррозионного покрытия	
	Выделение на поверхности металлоконструкций продуктов коррозии	
	Общая поверхностная коррозия от 5% до 25% от проектной толщины элемента	Общая поверхностная коррозия более 25% от проектной толщины элемента
	Местная поверхностная (язвенная) коррозия с глубиной язв до 25% от проектной толщины	Местная поверхностная (язвенная) коррозия с глубиной язв более 25% от проектной толщины
	Максимальная длина язвы до 25 мм	Максимальная длина язвы свыше 25 мм
	Минимальное расстояние между язвами свыше 15 мм	Минимальное расстояние между язвами менее 15 мм
	Число язв на 1 м. кв. поверхности до 600 шт.	Число язв на 1 м.кв. поверхности более 600 шт.
Скорость общей поверхностной коррозии до 0.1 мм/год	Скорость общей поверхностной коррозии свыше 0.1 мм/год	
Скорость местной поверхностной (язвенной коррозии) до 0.2 мм/год	Скорость местной поверхностной (язвенной коррозии) свыше 0.2 мм/год	

⁹ Степени агрессивного воздействия на металлические поверхности по СНиП 2.03.11-85 и ISO 12944 – 2: 1998

Типы объектов контроля	Примеры количественных и качественных показателей состояния (ПС)*	
	ПС = k ₁ ⁺	ПС = k ₂ ⁺⁺
1	2	3
метало-конструкции затворов		Упругий прогиб элементов (ригелей) - при низовом расположении уплотнения [f] > 1/700xL, - при верховом уплотнении глубинного затвора [f] > 1/1000xL, где L - пролет затвора. Для сегментного затвора: Для основных затворов плотины [f] > 1/600xL
	Максимальный прогиб затвора под напором до 30 мм	Максимальный прогиб затвора под напором более 30мм
	Перекося затвора до 30 мм	Перекося затвора более 30 мм
	Зазор между облицовкой порога и выступающими элементами обшивки затвора до 35 мм	Зазор между облицовкой порога и выступающими элементами обшивки затвора более 35 мм
	Наличие сквозных отверстий в обшивке выше уровня воды	Наличие сквозных отверстий в обшивке ниже уровня воды
	Прожеженные отверстия	
	Заваренные отверстия	
	Сверхнормативные подрезы основного металла %	
	Наличие электрозаклепок	
	Наличие не удаленных и не защищенных наплавленных валиков.	
	Наличие наплывов металла	
	Наличие прихваток	
	Дефекты сварных швов	
	Неполный провар стыковых швов	
	Раковины в околошовной зоне	
	Скопления и цепочки пор в околошовной зоне	
	Зарубки на поверхности шва	
Надрезы на поверхности шва		
Повреждения поверхности швов		
Повреждения элементов крепления		
Расслоя материала (металла) элементов до 50% размера элемента	Расслоя материала (металла) элементов более 50% размера элемента	
Опорно-ходовые части	Износ рабочей поверхности полозьев до 3-5 мм	Износ рабочей поверхности полозьев более 3-5 мм, препятствующий маневрированию затворов
	Выкрашивания (сколы) до 10% от площади полозьев	Выкрашивания (сколы) более 10% от площади полозьев
	Повреждение или отсутствие тележки затрудняющее маневрирование	Повреждение или отсутствие тележки с невозможностью маневрирования
	Повреждение или отсутствие колеса затрудняющее маневрирование	Повреждение или отсутствие колеса с невозможностью маневрирования
	Известкование или загрязнение втулок колеса без заклинивания	Заклинивание колеса
	Повреждение или отсутствие упора затрудняющее маневрирование	Повреждение или отсутствие упора с невозможностью маневрирования

Типы объектов контроля	Примеры количественных и качественных показателей состояния (ПС)*	
	ПС = k ₁ ⁺	ПС = k ₂ ⁺⁺
1	2	3
Уплотнения	Стыки уплотнений без клеек и/или вулканизации	
	Повреждение резины	
	Засыхание резины	
	Разрыв уплотнения	
	Потеря части уплотнения	
Тяги и подхваты	Коррозионный износ до 10%	Коррозионный износ более 10%
		Трещины
		Визуально определяемые деформации
Закладные части	Износ поверхности или коррозионный износ < 15%	Износ поверхности или коррозионный износ > 15%,
		Смещения торцов стыков
Пороги	Локальные повреждения бетона	Значительные повреждения бетона с оголением арматуры
		Сквозная фильтрация
		Глубокие полости под закладными
Водоводы	Толщина облицовки водовода менее 14 мм	
Метало-конструкции кранов, подкрановых балок и рельсовых путей	Шелушение и растрескивание лакокрасочного покрытия	Трещины в основном металле и сварных соединениях
	Местная коррозия несущих элементов металлоконструкции < 10 % толщины	Местная коррозия несущих элементов металлоконструкции > 10 % толщины
	Износ (коррозионный) поверхности рельса < 15%	Износ (коррозионный) поверхности рельса > 15%
	Подтеки ржавчины	
	Расслоение металла на торцевых поверхностях металлопроката	
	Люфты в шарнирах	
	Ослаблений болтовых и заклепочных соединений	
	Разрывы не менее 10% болтов в соединениях, где болты работают на растяжение	
	Срез не менее 10% болтов в соединениях, где болты работают на срез	
	Выколы направляющих (рельсов, двутавров, квадратов) ходовых колес грузоподъемной машины	
	Вмятины направляющих (рельсов, двутавров, квадратов) ходовых колес грузоподъемной машины	
	Погнутости направляющих (рельсов, двутавров, квадратов) ходовых колес грузоподъемной машины	
	Деформации направляющих (рельсов, двутавров, квадратов) ходовых колес грузоподъемной машины	
	Износ (головки рельсов)	
	Наличие не удаленных и не защищенных наплавленных валиков.	
	Наличие наплывов металла	
Наличие прихваток		

Типы объектов контроля	Примеры количественных и качественных показателей состояния (ПС)*	
	ПС = k ₁ ⁺	ПС = k ₂ ⁺⁺
1	2	3
	Дефекты сварных швов	
	Отсутствие подварки корня в стыковых швах	
	Несплавление по кромкам швов	
	Швы без плавного перехода к основному металлу	
	Наплывы в околошовной зоне	
	Прожоги в околошовной зоне	
	Сужения в околошовной зоне	
	Неполный провар стыковых швов	
	Раковины в околошовной зоне	
	Скопления и цепочки пор в околошовной зоне	
	Зарубки на поверхности шва	
	Надрезы на поверхности шва	
	Смятие опорных ребер	

* Пример правила определения границ между состояниями: все измеренные ПС < k₁ – состояние нормальное"; один ПС > k₁, но < k₂ – состояние исправное; два или более ПС > k₁, но < k₂ – состояние неисправное, но работоспособное; один ПС > k – состояние предаварийное.

+ “Нижнее” граничное значение

++ “Верхнее” граничное значение

Форма журнала технического состояния

Дата обследо- вания	Запись, автор	Объект контроля	Вид ¹⁰ обследо- вания	Визуальные наблюдения		Инструментальный контроль			Заключение
				Обнаруженные дефекты	Степень опасности дефекта	Измеряемая величина	Проектное значение	Фактическое значение	Рекомендации

¹⁰ Регулярный (сезонный) осмотр, специальный технический осмотр, внеочередные обследования, специализированные инструментальные обследования.

**Показатели состояния (виды ПС, определяющие параметры технического состояния)
гидромеханического оборудования ГЭС**

Типы объектов контроля	Факторы, обуславливающие номенклатуру определяющих параметров технического состояния	Виды показателей состояния и обстоятельства, учитываемые при их разработке
Затворы поверхностных водосбросов	Коррозия элементов	Наличие тонкостенных элементов
		Наличие двусторонней обшивки
		Наличие "карманов" в которых скапливается вода
		Протечки через уплотнения и другие элементы с образованием постоянных влажных зон на низовой поверхности затвора
		Постоянное пребывание затвора в агрессивной среде на границе вода – воздух или повышенная реакционноспособность воды.
	Недостатки проекта	Ошибки при расчете основной нагрузки на обшивку и элементы конструкции (ригеля, диафрагмы, опорно-концевые стойки и др.)
		Ошибки при выборе материала полозьев и определении коэффициента трения
		Ошибки при изготовлении, выборе материала и расчете параметров обратных колес, тележек и др.
	Особенности эксплуатации	Время работы затвора на частичных открытиях больше половины времени эксплуатации
		Моральный износ затвора
		Работа на предельно малых напорах
		Недостаток мощности грузоподъемных механизмов
		Нагрузки превышающие проектные (ледовые нагрузки, сейсмическое воздействие, перелив, обратные нагрузки, сейсмика, другие нестандартные ситуации)
Затворы глубинных водосбросов	Вибрационные условия	Протечки через уплотнения
	Воздействие кавитации	Протечки через уплотнения
	Недостатки проекта	Ошибки при расчете основной нагрузки на обшивку и элементы конструкции (ригеля, диафрагмы, опорно-концевые стойки и др.)
		Ошибки при выборе материала полозьев и определении коэффициента трения
		Ошибки при изготовлении, выборе материала и расчете параметров обратных колес, тележек и др.
		Нормы допуска при изготовлении деталей затвора превышали проектные
		Отсутствие аэрационных отверстий без расчетного обоснования, ошибки в их расчете и проектировании
	Особенности эксплуатации	Доступность затвора для ремонта и осмотра
		Работа затвора на частичных открытиях
		Моральный износ затвора
Нагрузки превышающие проектные		
Затворы водоприемников, отсасывающих труб ГЭС, тоннельных водосбросов	Возможность маневрирования затворами.	Отсутствие протечек через уплотнения, препятствующих подъему затвора
	Вибрационные условия	Протечки через уплотнения
		Байпанные трубы, приваренные к герметичным крышкам
	Воздействие кавитации	Протечки через уплотнения
		Недостаточная толщина облицовки водовода перед затвором
	Особенности эксплуатации	Доступность затвора для ремонта и осмотра
		Моральный износ затвора

Типы объектов контроля	Факторы, обуславливающие номенклатуру определяющих параметров технического состояния	Виды показателей состояния и обстоятельства, учитываемые при их разработке
		Нагрузки превышающие проектные
	Недостатки проекта	Байпасные трубы вне бычков и устоев

Типовой состав специализированных обследований

Вид обследования	Метод контроля	Цель обследования	Показания для проведения обследования
Контроль сварных швов	Радиографический Ультразвуковой	Выявление внутренних дефектов сварных швов Оценка качества сварных соединений	Обнаруженные при визуальном осмотре дефекты сварных швов Данные проектной и технической документации
Определение коррозионного износа металлоконструкции	Ультразвуковой Микрометрический Метод весовой пробы	Оценка степени снижения несущей способности конструкции, установление скорости изнашивания, выявление участков, требующих ремонта, определение необходимости разработки мер по снижению скорости коррозионного изнашивания	Обнаруженная при визуальном осмотре коррозия элементов Утонение элементов Увеличение площади коррозии
Выявление трещин	Магнитопорошковый метод	Подтверждение наличия трещин, выявленных визуальным осмотром. Уточнение размеров трещин Выявление коррозионно-усталостных трещин	Обнаруженные при визуальном осмотре трещины
Достаточность адгезии лакокрасочных покрытий	Метод решетчатых надрезов	Определение возможности дальнейшего использования лакокрасочного покрытия и необходимого объема восстановления	Обнаруженные при визуальном осмотре дефекты лакокрасочного покрытия

Вид обследования	Метод контроля	Цель обследования	Показания для проведения обследования
<p>Определение химического состава, механических свойств и структуры материала</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализ химического состава; - испытание на растяжение; - определение ударной вязкости 	Взятие проб	Выявление технических параметров	Отсутствие документации, подтверждающей использование материала, предусмотренного проектом, или при длительной работе конструкции
Измерение вибрации конструкции	Инструментальный контроль	Оценка степени опасности вынужденных колебаний и установление возможности явления резонанса	<p>Обнаруженные при визуальном осмотре колебания воды (в виде ряби) в верхнем бьефе перед затвором или колебания поверхности воды в каком-либо сосуде, установленном на гидромеханическом оборудовании</p> <p>Проблемы эксплуатации гидромеханического оборудования</p>

Рабочая карта специализированного обследования затвора

Дата заполнения: _____
 Тип затвора: _____
 Номер затвора: _____
 Место установки: _____
 Предприятие изготовитель и год изготовления: _____
 Ф.И.О. исполнителя: _____
 Должность исполнителя: _____

Визуальный осмотр

Таблица П. 12.1

Контролируемый элемент		Дефект ¹¹	Параметр де- фекта	Единица из- мерений
Металлоконструкции за- творов	Участки элементов, деформированных в процессе экс- плуатации			
	Участки пересечения сварных швов			
	Опорные узлы			
	Стыки поясов (особенно в растянутой зоне)			
	Сварные швы, расположенные поперек усилия, дей- ствующего в растянутых элементах			
	Зоны максимальных рабочих напряжений			
	Участки массивных сварных швов с большим попереч- ным сечением			
	Участки сварных швов, заваренных в условиях жестко- го закрепления			
	Участки с конструктивными или технологическими			

¹¹ См. приложение 5

Контролируемый элемент		Дефект ¹¹	Параметр де- фекта	Единица из- мерений
	концентраторами напряжений			
	Участки интенсивного коррозионного повреждения			
	Участки интенсивного кавитационного повреждения			
	Места скопления влаги			
	Участки с повреждениями металлоконструкции			
	Участки с дефектами сварных швов			
	Стыковые швы в растянутой зоне или зоне знакопеременных нагрузок			
Опорные полозья скользящих затворов				
Опорно-ходовые части				
Уплотнения				
Тяги и подхваты				
Закладные части				
Пороги				

Инструментальный контроль

Таблица П. 12.2

Измеряемая величина	Контролируемые элементы	Контролируемые зоны	Проектное значение	Фактическое значение	Единица измерений
Измерение остаточная толщина	Обшивка Пояс ригеля Стенка ригеля Пояс диафрагмы Стенка диафрагмы Стенка опорных стоек Верхняя и нижняя обвязки затвора	Зона переменного уровня Тонкостенные элементы Зоны протечек через уплотнения Зоны выявленных дефектов металлоконструкции и сварных швов			
	Для сегментных затворов Элементы опорных ног				
Прогибы металлоконструкции	Ригели			Под нагрузкой	
				Без нагрузки	
Плоскостности опирания	Опорно-ходовые части				
Депланации	Стенки ригелей				
Искривлений	Стрингеры				
Парусность	Обшивка				

Рабочая карта специализированного обследования кранов, подкрановых балок и рельсовых путей

Дата заполнения: _____

Тип гидромеханического оборудования: _____

Номер гидромеханического оборудования: _____

Место установки: _____

Предприятие изготовитель и год изготовления: _____

Ф.И.О. исполнителя: _____

Должность исполнителя: _____

1. Визуальный осмотр

Таблица П. 13.1

Контролируемый элемент		Дефект ¹²	Параметр де- фекта	Единица из- мерений
Металлоконструкции кранов	Участки элементов, деформированных в процессе эксплуатации			
	Участки пересечения сварных швов			
	Опорные узлы			
	Сварные швы, расположенные поперек усилия, действующего в растянутых элементах			
	Зоны максимальных рабочих напряжений			
	Участки массивных сварных швов с большим поперечным сечением			
	Участки сварных швов, заваренных в условиях жесткого закрепления			
	Участки с конструктивными или технологическими концентраторами напряжений			

¹² См. приложение 5

Контролируемый элемент		Дефект ¹²	Параметр дефекта	Единица измерений
	Участки интенсивного коррозионного повреждения			
	Места скопления влаги			
	Участки с повреждениями металлоконструкции			
	Участки с дефектами сварных швов			
	Стыковые швы в растянутой зоне или зоне знакопеременных нагрузок			
	Торцевые поверхности металлопроката			
	Шарниры, болтовые и заклепочные соединения			
Пути перемещения ходовых колес грузоподъемных машин (рельсы, двутавры, квадраты)				
Ходовые колеса грузоподъемных машин				
Балки пролетного строения				

2. Инструментальный контроль

Таблица П. 13.2

Измеряемая величина	Контролируемые элементы	Контролируемые зоны	Допустимое значение	Фактическое значение	Единица измерений
1	2	3	4	5	6
Площадь и степень коррозии	Пояса главных балок	Растянутые зоны			
Площадь распространения расслоения	Листовые балочные конструкции	Зоны расслоения на концах элементов			
Наличие трещин	Места сопряжений главных и концевых балок	Зоны концентрации напряжений			
	Места соединения опор с пролетным строением и с ходовой тележкой				
Разность отметок головок рельсов в одном сечении	Крановые пути				
Разность отметок головок					

Измеряемая величина	Контролируемые элементы	Контролируемые зоны	Допустимое значение	Фактическое значение	Единица измерений
1	2	3	4	5	6
рельсов на соседних колонах					
Сужение или расширение колеи	Крановые пути, рельсы				
Взаимное смещение торцов стыкуемых рельсов					
Зазоры в стыках рельсов					
Разность отметок головок рельсов на 10 м пути					
Отклонение оси рельса от оси (ребра) балки					
Смещение оси балки кранового пути с продольной разбивочной оси	Балки пролетного строения				
Относительные прогибы в вертикальной плоскости					
Относительные горизонтальные прогибы					
Изменение толщины элементов в следствии коррозии					

Приложение 14

А. Оценка влияния коррозии несущих элементов металлоконструкций затворов

Таблица П. 14.1

Степень коррозии	Пояса ригелей	Стенки ригелей	Обшив-ка	Стринге-ры	Опорно-концевые стойки	Диагональные связи	Элементы диафрагм
	Оценки в баллах						
Защитное покрытие (краска) сохранилось полностью или частично разрушилось, локальные очаги коррозии, толщина металла номинальная и больше	0	0	0	0	0	0	0
Краска не сохранилась или сохранилась местами, толщина металла отличается от номинала менее чем на 10%	1	1	1	1	1	1	1
то же, но толщина металла отличается от номинала от 10 до 20%	2	2	2	2	2	2	2
то же, но толщина металла отличается от номинала свыше 20%, или присутствуют сквозные коррозионные язвы.	3	3	3	2	2	2	2

Таблица П. 14.2

ИТОГ	ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
Присутствует балл 3	Состояние затвора критическое. Необходимо решение вопроса о возможности, условиях и сроках работы затвора до замены на новый, а также необходимости разработки нового проекта затвора, учитывающего фактические особенности работы, недостатки предыдущей конструкции и современные нормы проектирования.
Средний балл >1.3	Состояние затвора неисправное, близкое к критическому. Необходим расчет остаточного ресурса и рекомендации по ремонту и восстановлению антикоррозийного покрытия.
Средний балл <1.3, но присутствует балл 2	Состояние затвора неисправное. Необходим расчет прочности с учётом коррозионного износа элементов и рекомендации по ремонту и восстановлению антикоррозийного покрытия.
Присутствуют только баллы 0 и 1	Исправное состояние затвора. Требуется плановое проведение антикоррозионных работ.

Б. Оценка влияния коррозии несущих элементов металлоконструкций грузоподъёмных кранов

1 Общий износ

1.1 Уменьшение средней остаточной толщины S_1, S_2 элементов вследствие коррозии допускается не более 10% номинальной величины площади сечения, указанной в сорimente соответствующего профиля. При этом никаких дополнительных расчетов не требуется.

1.2 При уменьшении остаточной толщины S_1, S_2 в результате коррозии более, чем на 10% , прочность элемента должна быть проверена расчетом.

1.3 В случае уменьшения остаточной толщины S_1, S_2 элемента на 15% и более в расчете следует учитывать фактическое изменение моментов инерции и сопротивления сечения и фактические механические свойства материала.

2 Износ пятнами

Допускаемая остаточная толщина листа S_{3i} по условиям местного износа устанавливается:

1) по толщине:

$$S_{3п} = 0,6 S_0$$

где S_0 – проектная толщина листа.

2) По поверхности, охваченной коррозионными поражениями:

$$F_1 = 0,6 F_0,$$

где F_1 – площадь ячейки, охваченная износом пятнами,

F_0 – площадь рассматриваемой ячейки.

3 Линейный износ листа (утонение на узкой полосе вдоль линии приварки стенок балок или набора). Допускаемая остаточная толщина листа в районе линейного износа определяется:

$t = \mu S_1$ – остаточная толщина у стенок балок (набора),

$t = \mu S_2$, – остаточная толщина в пролете между балками;

где S_1 и S_2 – допускаемая толщина листа у стенок балок и в пролете между балками,

μ – коэффициент, определяемый по формуле

$$\mu = 1,127 t_n^{cp} / t_0^{cp}$$

$$t_0^{cp} = \sum_{i=1}^n t_{oi} / n \quad \text{– средняя остаточная толщина у стенок балок (набора);}$$

$$t_n^{cp} = \sum_{i=1}^n t_{ni} / n \quad \text{– средняя остаточная толщина в пролете;}$$

n – количество измерений;

t_{oi} – остаточные толщины измеренные у стенок балок (набора);

t_{ni} – остаточными толщинами в пролете между балками.

Величина t должна удовлетворять условию

$$t \geq t_0^{cp} \quad \text{и} \quad t \geq t_n^{cp}$$

4 Канавочный износ

Допускаемая остаточная толщина листа в районе канавочного износа $S_{3к}$ принимается равной:

$$S_{3к} = S_{3п} = 0,6 S_0$$

где S_0 – проектная толщина листа если длина канавки более 100мм;

$$S_{3к} = S_4 = 0,5 S_{min}$$

где S_{min} – минимальная толщина

если длина канавки меньше или равна 100мм.

5 Язвенный износ

Допускаемая остаточная толщина в районе язвенного износа определяется по выражению

$$S_4 = 0,5 S_{min}$$

где S_{min} – минимальная толщина, в наиболее глубокой впадине в пределах ячейки листа.

6 Для элементов металлоконструкций, работающих в условиях агрессивной среды, имеющих исходную (или в результате коррозии) толщину 5 мм и менее, а также в случаях, когда относительное уменьшение площади сечения любого иного расчетного элемента превышает 25% , следует дополнительно учитывать снижение расчетного сопротивления мате-

риала, умножая его на коэффициент степени агрессивности воздействия среды γ_d , принимаемый по таблице П.14.3. Настоящего приложения.

Таблица П. 14.3

Степень агрессивного воздействия среды по СНиП 2.03.11-85	γ_d
Слабоагрессивная	0,95
Среднеагрессивная	0,90
Сильноагрессивная	0,85

7 Допускаемые коррозионные повреждения сварных швов листовых элементов составляют:

– для стыковых и угловых с полным проваром швов, расположенных поперек действия основного усилия- до износа на глубину не ниже поверхности соединяемых листов;

– для стыковых и угловых с полным проваром швов, расположенных вдоль действия основного усилия- износ до остаточной толщины шва наиболее тонкого из соединяемых листов, но не более 2 мм от поверхности этого листа;

– для нахлесточных и угловых швов без скоса свариваемых кромок – уменьшение катета шва на 20% от проектной величины.

Способы определения остаточных толщин листов

S_1 – средняя остаточная толщина при общем износе одного листа;

S_2 - средняя остаточная толщина при общем износе однородных листов;

S_{3i} – средняя остаточная толщина отдельного участка (ячейки, ограниченной ребрами набора) листа при местном износе;

S_4 – минимальная остаточная толщина ячейки в язвине.

Средняя остаточная толщина листа S_1 определяется:

$$S_1 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \quad (14.1)$$

S_i – измеренная остаточная толщина в точке I;

n – количество замеров

Измерение остаточных толщин листа выполняется в соответствии со схемами 1 и 2 на рис. 14.1. Количество замеров на листе может быть ограничено тремя (схема 1), если разность между измеренными остаточными толщинами S_i менее 1,5 мм. В случаях, когда разность между измеренными остаточными толщинами S_i более 1,5 мм, но не более 3 мм, количество замеров увеличивается до семи (схема 2). По схеме 2 измеряются также остаточные толщины листа, если S_i , измеренная по схеме 1, составляет менее 80% проектной толщины листа.

Схема 1

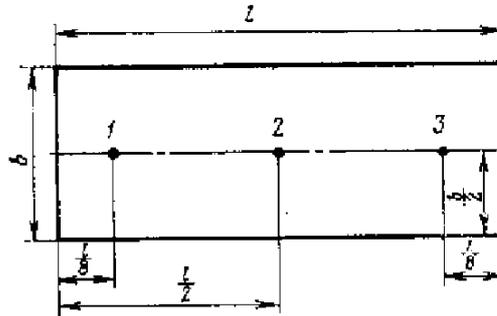


Схема 2

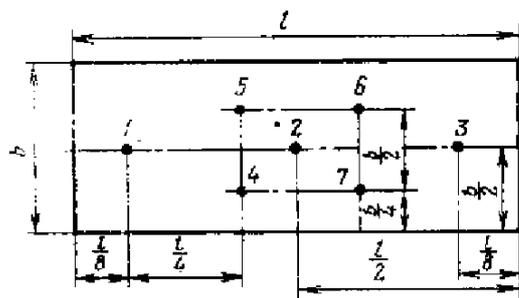


Рис. 14.1 - Схема измерения остаточных толщин листа

Схема 1- по трем точкам

Схема 2 – по семи точкам

В случаях, когда разность толщин превышает 3 мм (что свидетельствует о наличии зон местного износа), должны быть учтены следующие требования:

1) При определении величины S_1 в количество замеров S_i должны быть включены также и замеры в местах местного износа пятнами.

Если местным износом пятнами охвачено более 40% ячеек, имеющих на данном месте, количество замеров для определения S_i должно быть увеличено вдвое по сравнению со схемой 2 (рис. 14.1)

2) Допускается оценивать коррозионный износ листа отдельно по участкам.

Средняя остаточная толщина однородных листов определяется:

$$S_2 = \frac{\sum_{j=1}^m S_{1j} b_j}{\sum_{j=1}^m b_j} \quad (14.2)$$

где m - количество одног
 b_j - ширина j -го листа;

S_{1j} –средняя остаточная толщина, рассчитанная для отдельного листа с номером j .
 в зависимости от его вида.

1)Износ пятнами характеризуется средней остаточной толщиной $S_{3П}$ и долей площади ячейки листа, пораженной износом β .

Величина $S_{3П}$ определяется согласно п. 3.5.9 (формула 3.1) на основании замеров остаточных толщин, выполняемых в рассматриваемой ячейке листа.

Величина β вычисляется по формуле

$$\beta = F_1 / F_0 \quad (14.3)$$

где F_1 – площадь ячейки листа, охваченная износом пятнами,

F_0 – площадь рассматриваемой ячейки.

Площадь F_1 определяется глазомерно с помощью сетчатых трафаретов, нанесенных на кальку или с помощью проволочных шаблонов.

2) Линейный износ листа (утонение на узкой полосе вдоль линии приварки стенок балок или набора) характеризуется остаточными толщинами t_{oi} , измеренными у стенок балок (набора) и остаточными толщинами t_{ni} в пролете между ними.

Для определения этих параметров остаточные толщины измеряются вдоль стенки в районе наибольшего износа в трех сечениях по длине листа. В результате измерений определяются

$$t_o^{cp} = \sum_{i=1}^n t_{oi} / n \quad (14.4)$$

$$t_n^{cp} = \sum_{i=1}^n t_{ni} / n \quad (14.5)$$

$$t_n^{cp} / t_o^{cp}$$

где n – количество измерений.

3) Канавочный односторонний или двухсторонний износ (избирательное утонение листа в виде канавки вдоль границы сварного шва или околошовной зоны) характеризуется остаточной толщиной в районе канавок.

Остаточная толщина в канавке определяется

$$S_{3к} = S_1' - (h_1 + h_2), \quad (14.7)$$

где S_1' – измеренная остаточная толщина возле канавки;

h_1, h_2 – глубина канавки с наружной и внутренней сторон листа.

4) Язвенный износ S_4 характеризуется наименьшей остаточной толщиной в районе отдельных язвин и измеряется в наиболее глубокой впадине в пределах ячейки листа. Эти замеры выполняются, если глубина язвин превышает 3 мм.

Приложение 15

Количественная оценка условий работы затворов

При учёте влияния условий работы на остаточный ресурс затвора следует учитывать дифференцированно отдельные группы условий работы. Количественно оценка условий работы конструкции и конструктивных особенностей может определяться в баллах.

В таблице каждой группе условий работы конкретного затвора присваивается определенное число баллов: чем больше число баллов, тем условия работы хуже. Сумма баллов для каждого затвора определяет общую оценку условий работы:

менее 70 баллов - условия работы затвора хорошие;

от 70 до 90 баллов - условия работы относительно хорошие; затвор требует проведения лишь регламентированных плановых ремонтов и мероприятий по защите от коррозии;

от 90 до 130 баллов - условия работы средние, возможна потеря затвором части функций; затвор требует постоянного контроля состояния для принятия соответствующих мер;

от 130 до 150 баллов - условия работы достаточно плохие, могут привести к значительной потере затвором работоспособности, ремонт и поддержание работоспособности затвора производятся практически непрерывно;

от 150 до 180 баллов - условия работы предаварийные; необходимо готовиться к замене затвора и постоянно контролировать его состояние;

свыше 180 баллов - аварийные условия работы, соответствующие критическому состоянию затвора. Затвор должен быть заменен, по возможности, немедленно.

Таблица П. 15.1

№№ п/п	Условия работы	Баллы	Примечания
1	Работа на частичных открытиях паводок ~0,5 времени редкая	20 30 10	
2	Коррозионные условия затворы находятся в условиях вода-воздух затворы безнапорной стороной в воздухе затворы состоят в большой степени из листов $\delta \leq 12$ мм и тонкостенных профилей (не менее 30% веса) вода из протечек через уплотнения или отверстия в других элементах попадает на низовую поверхность затворов	20 10 +10÷20 +10÷20	«+» означает, что эти баллы суммируются с предыдущими
3	Особенности условий работы моральный износ конструкции, материалов, технологий работа затвора в подтопленных режимах недостаток мощности грузоподъемных механизмов	+10 +10 +10	
4	Вибрационные и кавитационные явления наличие вибраций переменные нагрузки (например, шлюзовые конструкции) наличие кавитации	+20 +20 +20	

№№ п/п	Условия работы	Баллы	Приме- чания
5	Доступность для осмотров и ремонтов	0	
	затвор доступен для осмотров и ремонтов	10	
	затвор труднодоступен для осмотров и ремонтов	30	
	практическая невозможность ремонтов и осмотров		
6	Необходимость надежного уплотнения (например, ремонтные затворы)	10	
7	Необходимость надежного маневрирования (основные и аварийные затворы)	10	
8	Особенности проектирования (ошибки и просчеты)	0	
	отсутствие ошибок	10	
	ошибки, не влияющие на основные функции затвора	30	
	ошибки, затрудняющие эксплуатацию или прочностные просчеты		
9	Ледовые затруднения, наличие перелива, обратные нагрузки, сейсмика и пр. нестандартные ситуации	0	
	такие факторы отсутствуют	10	
	наличие одного из этих факторов во время эксплуатации	30	
	наличие более одного фактора во время эксплуатации		
10	Количество затворов в сооружении		
	1-4	0	
	5-10	5	
	11-15	10	
	16-20	15	
	21-30	20	
свыше 30	30		
11	Агрессивность воды	0	
	неагрессивная речная вода	10	
	редкие выбросы малоагрессивных стоков	30	
	редкие выбросы агрессивных стоков	50	
	постоянное пребывание в агрессивной среде (классификация агрессивности воды по СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии»)		

Факторы, ограничивающие возможность дальнейшей эксплуатации гидромеханического оборудования

1. Длительное воздействие нагрузки, превышающей проектную.

Признаки: остаточные прогибы (деформации) превышают допустимые, трещины в основных элементах несущей конструкции. Замеряемые или рассчитываемые напряжения превышают допустимые значения.

Причины: изменение нормативных документов или условий эксплуатации; ошибочный выбор расчётной нагрузки; принятые расчётные схемы не учитывали возможность перегрузки отдельных узлов конструкции; погрешности использованных расчётных методов.

Примеры.

- Для рек Волжско-Камского бассейна, при проектировании затворов волновые воздействия и нагон воды в водохранилище учитывались в дополнительных сочетаниях нагрузок, для которых расчётные допускаемые напряжения принимались на 20% выше, чем для основного сочетания. В результате оказались по факту перегруженными на 20% затворы Нижегородской, Волжской и Камской ГЭС.

- Для расчёта обшивок затворов прежние нормы рекомендовали использовать так называемую "формулу Баха", не полностью отражающую работу панели обшивки. Оказалась перегруженной обшивка затворов водосливной плотины Камской ГЭС, особенно нижних секций, в результате чего обшивка «парусами» выгнулась в нижний бьеф.

- В первые годы эксплуатации, затворы часто испытывают давление ледяного поля. Даже если этого впоследствии удастся избежать путем поддержания майны перед затворами, пластические деформации конструкции к этому времени могут достигнуть значительных величин. Так, например, затворы водосливной плотины Нижне-Камской ГЭС деформированы в верхней части довольно значительно, несмотря на то, что станция еще никогда не работала при проектном уровне ВБ.

2. Уменьшение толщин несущих элементов вследствие коррозионного износа.

Фактор, измеряемый при обследованиях, и, как правило, единственный, учитываемый при проведении расчетов остаточного ресурса.

Различают пять характерных видов коррозионного разрушения металла¹³:

- общая коррозия напряженного металла;
- коррозионное растрескивание;
- коррозионная усталость;
- коррозионная кавитация;
- коррозионная эрозия.

С учётом представлений о видах и механизмах коррозионного разрушения металлоконструкций на основании опыта многолетних наблюдений за конструкциями, работающими в воде, при оценке остаточного ресурса следует учитывать следующие положения:

- высокая влажность воздуха обуславливает большую интенсивность коррозии в воздухе, чем в воде;
- интенсивность коррозии конструкций, постоянно находящихся под водой, почти в 3 раза меньше, чем конструкций, находящихся непосредственно над уровнем воды; для этого достаточно, чтобы заглубление верхней точки конструкции составляло около 1 м.;
- участки металлоконструкций, подверженные интенсивным воздействиям текущей воды, например, в случае сильных протечек через уплотнения с попаданием струй воды на низовую поверхность конструкции, корродируют сильнее в связи с высокой аэрацией струй и механическим воздействием потока (коррозионная эрозия);

¹³ По ГОСТ 9.908-85

- интенсивность коррозии зависит от толщины металла; по многочисленным натурным наблюдениям тонкие элементы корродируют неизмеримо быстрее толстостенных; для металлоконструкций затворов, работающих на ГЭС, толщина элементов должна быть не менее 12 мм, а при тяжелых условиях работы, например, для металлоконструкции шлюзов, применяемая толщина металла должна быть не менее 14-16 мм;

- металлические элементы, работающие на растяжение, корродируют с большей скоростью, чем сжатые элементы;

- под действием циклических напряжений в условиях агрессивной среды, в том числе речной воды, которая всегда в большей или меньшей степени агрессивна, на поверхности металла может возникнуть коррозионное растрескивание - появляются микротрещины с очень малой глубиной и шириной при интенсивности общей коррозии такой же, как и при статической работе конструкции;

- эффект коррозионного растрескивания может служить катализатором бурного развития язвенной и питтинговой коррозии, поскольку через микротрещины вода попадает вглубь металла; при этом переменные нагрузки или вибрация приводят к намного большим разрушениям, чем при действии каждого из этих факторов в отдельности;

- интенсивность коррозии сильно повышается при наличии неоднородностей, например, заклёпок в элементах конструкции, разных марок сталей в одном узле конструкции, накладок, усиленных старой корродированной стали элементами из новой стали, в том числе той же марки;

- скорость коррозии существенно увеличивается при повышении температуры внешней среды;

- неравномерное обрастание конструкции дрейссеной или неравномерная окраска существенно увеличивают интенсивности коррозии;

- новое антикоррозийное покрытие, нанесенное на плохо подготовленную поверхность или старую краску, может вызвать отслоение новой краски и возникновение пузырей, внутри которых начинается бурный процесс коррозии («парниковый эффект»).

3. Множественные усталостные трещины при переменных и динамических нагрузках на конструкцию.

Этот фактор актуален для подкрановых балок и механического оборудования шлюзов.

4. Значительные деформации, обусловленные воздействиями, напрямую не связанными с величиной основной нагрузки (частые перемещения, эксцентричное приложение нагрузок и т.п.).

Примеры:

- подкрановые балки с кранами, перемещающими грузы на разболтанных ходовых тележках;

- ремонтные затворы или заграждения, складываемые на берегу и подверженные воздействиям атмосферных осадков и текучести материала, приводящей к приобретению винтообразности.

5. Выход из строя одного из элементов основной несущей конструкции из-за его перегруженности или повышенного коррозионного износа.

Примеры:

- повреждение опорных стоек затвора вследствие перегруженности одних частей относительно других;

- повреждение высоких забральных балок вследствие неточности установки и обрастания органическими и минеральными корками;

- глубокие локальные коррозионные повреждения вследствие плохого стока воды;

- аварийные затворы, длительное время не выполнявшие свои функции вследствие отсутствия индивидуальных подъёмных механизмов и т.п.

- разрушения близлежащего бетона, закладных частей или частей затворов, являющихся одновременно закладными частями сегментных, полноповоротных, клапанных и различного видов ремонтных заграждений.

Объект контроля в этих случаях требует глобальной реконструкции или замены.

Таблица отражает степень актуальности перечисленных факторов для каждого из рассматриваемых типов гидромеханического оборудования.

6. Измерения и обследования, необходимые для оценки остаточного ресурса.

До оценки остаточного ресурса затвора прежде всего следует решить, может ли затвор далее работать без устранения принципиальных недостатков конструкции или его следует заменить на затвор иной конструкции.

Основные затворы водосливных плотин.

Для оценки возможности и сроков дальнейшей эксплуатации, без серьезной реконструкции должны быть проведены измерения двух групп параметров:

- прогибов несущей конструкции (ригелей у плоских затворов, ригелей и ног у сегментных затворов). Измерения желательно провести на всех затворах и для всех ригелей под нагрузкой, и, как минимум, для одного - без нагрузки, за опущенным ремонтным затвором. (Измерения под нагрузкой дают величины суммарных, упругих и остаточных, прогибов).

- толщин всех основных несущих элементов, обшивки, поясов ригелей, стенок ригелей, опорных стоек.

Ремонтные затворы водосливных плотин.

Затворы хранятся в пазах: толщины основных несущих элементов.

Затворы хранятся под водой или на берегу: кроме толщин должны быть измерены габаритные размеры затворов, в том числе диагонали.

Закладные части основных затворов водосливных плотин.

При обследованиях закладных элементов важно оценить состояния опорного рельса, полос под уплотнения и бетона.

Решение о замене затворов или закладных частей должно приниматься только совместно.

Основные затворы глубинных водосбросов.

Основные проблемы связаны с опорно-ходовыми частями и с уплотнениями.

Измерения прогибов конструкции и толщин их элементов необходимая, но вторичная задача контроля. Определяющим параметром является состояние опорно-ходовых частей, закладных частей и всего водовода, включая затворы верхнего бьефа.

Пример. Неровности опорно-ходовых и закладных частей приводят к перераспределению нагрузок в элементах конструкции и перегрузкам отдельных узлов затвора. С течением времени эти неровности увеличиваются из-за зарастания, коррозии и т.п.

К этому добавятся специфичные проблемы, связанные с динамическим характером нагрузок при средних и высоких напорах, возникающие при эксплуатации этих затворов. Предложить стандартный алгоритм их обследований не представляется возможным.

0Аварийно-ремонтные затворы глубинных водосбросов.

Измерения и обследования те же, что и для основных глубинных затворов.

Второй определяющий параметр – работа байпасов или других систем заполнения внутреннего пространства водосбросов в комплексе с состоянием уплотнений и закладных частей основных затворов.

Пример. Если расход через байпасы соизмерим с расходом через поврежденные уплотнения основных затворов, то проблемы с подъемом аварийно-ремонтных затворов неизбежны.

Закладные части затворов глубинных водосбросов.

Главная задача обследования – оценка нахождения опорных рельсов в одной плоскости и определение величин их отклонений от проектного положения. Причем эти величины тем важнее, чем больше соотношение высоты отверстия и пролета затвора.

Важный показатель работоспособности затвора - плоскостность и чистота поверхности забральной балки под верхнее уплотнение.

Подкрановые балки.

(РД-10-138-97)

Измерение положения балок и рельсов друг относительно друга в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Для каждого подкранового пути строится вертикальный профиль отдельно по балкам и по рельсам и их горизонтальное расположение по всей длине пути. Замеры балок производятся по верхнему поясу балок. Кроме того, для каждого пролета балок как минимум в трех сечениях, двух концевых и одного в середине, делаются замеры вертикальности стенки балки и наклона верхнего пояса. Все замеренные величины сравниваются с допускаемыми. Определяется ширина колеи, отклонение каждого из путей от прямолинейного в двух плоскостях, эксцентриситет нагрузки, приложенной к рельсу, относительно стенки балки.

Металлоконструкции кранов.

Проверяются:

- вертикальность ног крана
- прогибы грузовых балок портала

Измеряются расстояния между одинаковыми точками ходовых тележек крана при его движении в обоих направлениях по всей длине крановых путей с шагом ~ 5 м.

Сопоставление измеренных значений даёт представление о том, происходит ли схождение и расхождение ног крана в зависимости от положения колес в ходовых тележках и положения рельсов, которое может быть использовано в дальнейших расчётах.

Оценки влияния факторов, ограничивающих дальнейшую эксплуатацию, по видам гидромеханического оборудования

№№	Объект контроля	Факторы, ограничивающие возможность дальнейшей эксплуатации					
		Нагрузка превышала проектную долгое время	Толщина элементов конструкции под воздействием различных типов коррозии приблизилась к допустимой остаточной толщине ²	Усталостные явления	Значительные деформации, не связанные с непроектными нагрузками	Выход из строя одного из элементов	Разрушение близлежащего бетона
Водосливные плотины							
1	Основные затворы	Актуально для многих равнинных многоводных гидроузлов	Очень актуально для всех типов Плотин и всех районов, особенно для южных	Случай редкий, но актуально для рек с протяжёнными и мощными паводками	Не актуально	Случай достаточно частый, но не основной для затворов водосливных плотин	Достаточно актуально, но в основном относится к закладным частям
2	Ремонтные затворы	Не актуально	Актуально для ремонтных затворов или заграждений, хранящихся в воде или над самой водой	Не актуально	Актуально для ремонтных затворов или заграждений, хранящихся не в пазах, а складированных на берегу	Не актуально	Достаточно актуально, но в основном относится к закладным частям

²См. приложение 14 «Оценка влияния коррозии несущих элементов металлоконструкции»

№№	Объект контроля	Факторы, ограничивающие возможность дальнейшей эксплуатации					
		Нагрузка превышала проектную долгое время	Толщина элементов конструкции под воздействием различных типов коррозии приблизилась к допустимой остаточной толщине ²	Усталостные явления	Значительные деформации, не связанные с непроектными нагрузками	Выход из строя одного из элементов	Разрушение близлежащего бетона
3	Закладные части	Случай возможный, но не основной	Актуально	Не актуально	Последствия недостатков монтажа	Не актуально	Очень актуально
Глубинные водобросы							
4	Основные затворы (расположены чаще всего со стороны НБ)	Случай возможный, но не основной	Случай возможный, но не основной	Бывает актуально для водобросов с высокими напорами (более 25-30 м)	Актуально	Достаточно актуально как следствие неравномерной загруженности опорно-ходовых частей из-за неточностей установки их и закладных частей	Достаточно актуально, но в основном относится к закладным частям

№№	Объект контроля	Факторы, ограничивающие возможность дальнейшей эксплуатации					
		Нагрузка превышала проектную долгое время	Толщина элементов конструкции под воздействием различных типов коррозии приблизилась к допустимой остаточной толщине ²	Усталостные явления	Значительные деформации, не связанные с непроектными нагрузками	Выход из строя одного из элементов	Разрушение близлежащего бетона
5	Аварийно-ремонтные затворы (со стороны ВБ)	Актуально	Актуально	Актуально	Не актуально	Достаточно актуально, но это не основной случай	Достаточно актуально, но в основном относится к закладным частям
6	Закладные части основных затворов	Очень актуально, когда закладные части основных затворов не осушаемы вследствие отсутствия за ними ремонтного затвора				Актуально	Очень актуально
7	Закладные части аварийно-ремонтных затворов	Так же, как для закладных частей основных затворов водосливных плотин					
Подкрановые балки							
8	Собственно балки	Актуально	Не актуально	Актуально	Очень актуально	Не актуально	Актуально
9	Рельсы	Актуально	Не актуально	Актуально	Не актуально	Не актуально	Не актуально

№№	Объект контроля	Факторы, ограничивающие возможность дальнейшей эксплуатации					
		Нагрузка превышала проектную долгое время	Толщина элементов конструкции под воздействием различных типов коррозии приблизилась к допустимой остаточной толщине	Усталостные явления	Значительные деформации, не связанные с не-проектными нагрузками	Выход из строя одного из элементов	Разрушение близлежащего бетона
10	Опоры	Актуально	Не актуально	Не актуально	Не актуально	Не актуально	Актуально
Металлоконструкции кранов							
11	Металлоконструкции	Актуально при переменных нагрузках	Не актуально	Актуально	Актуально	Износ ходовых тележек	Не актуально
12	Ходовые тележки	Не актуально	Не актуально	Актуально	Не актуально	Актуально	Не актуально

Аварийно-ремонтные затворы турбинных водоводов – те же факторы, что и для аварийно-ремонтных затворов глубинных водоводов.

Ремонтные затворы отсасывающих труб - те же факторы, что для ремонтных затворов водосливных плотин

Прочностные расчеты объектов ГМО

Прочностные расчёты с целью оценки остаточного ресурса затворов проводятся, по возможности, для всех конструкций, независимо от их состояния, и на расчётные случаи, учитывающие таблицу приложения 17.

Основные затворы водосливных плотин должны быть подвергнуты статическому расчету на все нагрузки, на которые работала конструкция во время эксплуатации. При этом необходимо в расчетных сечениях элементов конструкции учитывать реальный коррозионный износ, т.е. уменьшение первоначальной толщины элементов, и, при возможности, с учётом старения металла.

Затворы рассчитываются на все открытия, начиная с нулевого с шагом 0,1 или 0,2 от высоты отверстия. После расчета составляется таблица расчетных напряжений, в которую заносятся максимальные напряжения для каждого открытия и те элементы, в которых эти напряжения имеют место.

Ремонтные затворы рассчитываются редко, только в особых случаях. Например, если коррозионный износ элементов затвора достаточно велик, ремонтный затвор рассчитывается на максимальный напор и только на случай нулевого открытия затвора.

Основные затворы глубинных водосбросов рассчитываются на динамические нагрузки и на статические опорные реакции с учетом жесткости самого затвора и неточностей установки как опорно-ходовых, так и закладных частей.

Динамический расчет заключается в определении форм и частот собственных колебаний затвора как конструкции, находящейся в воде, сопоставлении их с частотами (пульсациями) потока, исходящего из-под затвора, и вычисления коэффициента динамичности к расчётным статическим нагрузкам. Расчёт проводится для всех открытий затвора.

Главная задача статического расчета глубинного затвора – определение нагрузок на опорно-ходовые части и опорные стойки и проверка их прочности. Проверка несущей способности конструкции затвора также может иметь место. Затвор рассчитывается на максимальную нагрузку как ребристая плита, опирающаяся на опорно-ходовые колеса или полозья. Опорные части считают поочередно выходящими из плоскости расположения остальных на величину неточностей монтажа опорных и закладных частей.

Расчеты подкрановых балок.

В соответствии с действующими нормативами эксплуатируемые подкрановые балки должны рассчитываться как на статическую, так и на динамическую нагрузку. Однако, как правило, динамические расчёты не требуются, так как остаточный ресурс балок, как правило, обуславливается большими деформациями.

Каждая подкрановая балка – это балка на двух опорах, расчет которой особым трудностей вызывать не должен. Но до проведения расчёта необходимо построить продольный профиль всего кранового пути (по всей длине), каждой из балок в отдельности и рельсового пути. Кроме того, необходимы построение очертания балок и рельсов в плане, а также замеры вертикальности стенок каждой из балок как минимум в трех точках.

Сначала проводится расчет недеформированных балок, т.е. уложенных идеально балок и рельсов. Для расчетных балок, со стороны верхнего и нижнего бьефов, строятся линии влияния от крана с грузом. Т.к. расстояние между ходовыми тележками крана не совпадает с расстоянием между опорами, а груз может находиться в разных положениях как в продольном, так и в поперечном направлениях., то это приводит к многовариантности расчета каждой из балок.

После расчета недеформированных балок производятся расчеты балок на имеющиеся относительные смещения опор, наклон стенки балки (кручение балки в этом месте), появление сил поперек направления балок вследствие не параллельности осей балок или рельсов, эксцентричность приложения нагрузки к балке из-за отклонений оси рельсов от оси балок. Полученные с учетом всех этих факторов напряжения суммируются с учетом мест нахождения каждого из дефектов, причём суммирование требует особой корректности.

Приближенная оценка остаточного ресурса металлоконструкций ГМО

Остаточный ресурс гидромеханического оборудования определяется работоспособностью несущей металлоконструкции. Выход из строя механических деталей и узлов затворов (например, уплотнений, некоторых элементов опорно-ходовых частей) является устранимым дефектом.

При большой изношенности конструкции выполняются прочностные расчеты и расчёты, учитывающие изменение во времени величины коррозионного износа, физико-механических характеристик основного материала и/или материала сварных швов и позволяющие планировать во времени проведение мероприятий по поддержанию её работоспособности. Современные методы оценки величины остаточного ресурса строятся на совмещении неразрушающего контроля напряженно-деформированного состояния конструкции и прочностного расчета с точностью, позволяющей выявить зоны и рассчитать величины концентрации напряжений - основных источников развития дефектов и повреждений. Понятие "ресурсоопределяющий элемент" при этом теряет смысл и в "Методике" не используется.

В расчётах в качестве **определяющего параметра** технического состояния принимается прочность (запас прочности) всей конструкции или наиболее напряжённого её элемента.

Учёт старения стали конструкции при отсутствии экспериментальных данных осуществляется умножением расчётного сопротивления на понижающие коэффициенты условий работы: 0,9 или 0,8 в зависимости от возраста и состояния конструкции.

Работоспособность конструкции определяется выполнением условия несущей способности

$$\sigma \leq [R], \quad (19.1)$$

где σ - действующие напряжения в конструкции,

[R] – расчетные сопротивления.

Равенство левой и правой частей выражения (19.1) означает исчерпание ресурса.

В (19.1) правая часть, (характеристика материала конструкции) может считаться постоянной лишь в некоторых случаях. В общем случае она изменяется во времени, отражая старение материала, а также под действием внешних факторов, в частности, при работе конструкции в агрессивной среде.

Для ориентировочных расчетов напряжений в конструкции, работающей в коррозионной среде, с учётом времени эксплуатации используется выражение:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \frac{1}{1 - \frac{(V \cdot T)^n}{\delta}} \quad (19.2)$$

где σ_0 - первоначальные действующие расчетные напряжения, V – интенсивность коррозионного износа, мм/год; T – время работы конструкции, годы; δ - толщина элементов конструкции с учетом коррозионного износа; n – показатель степени, зависящий от толщины металла, при $\delta < 14$ мм n = 2,5, при $\delta \geq 14$ мм n = 0,9.

Интенсивность коррозии определяется следующей формулой:

$$V = V_0 \cdot k_{эр} \cdot k_{кв} \cdot k_{виб} \cdot k_{кагр} \cdot k_{квзд}, \quad (19.3)$$

где $V_0 = 0.025$ мм/год,

$k_{эр}$, $k_{кв}$, $k_{виб}$, $k_{кагр}$, $k_{квзд}$ – коэффициенты, учитывающие влияние соответственно

-эрозии от струй, бьющих в низовую поверхность затвора (затворы с переливом, протечки через поврежденные уплотнения или через отверстия, появившиеся в результате повреждений конструкции),

- кавитации,

- вибрации,
- агрессивности воды,
- пребывание в среде вода-воздух.

Значения коэффициентов $k_{эр}$, $k_{кав}$, $k_{виб}$, $k_{агр}$, $k_{возд}$ приведены в таблице П.19.1. Для коэффициента агрессивности воды значения можно считать только грубо приближенными, т.к. при наличии агрессивных примесей в воде интенсивность коррозии возрастает очень значительно и сильно зависит от вида примесей, а получить сведения о конкретных примесях всегда очень затруднительно. Этот вопрос требует еще своей доработки.

Значения коэффициентов $k_{эр}$, $k_{кав}$, $k_{виб}$, $k_{агр}$, $k_{возд}$ оценены в таблице П.19.1.

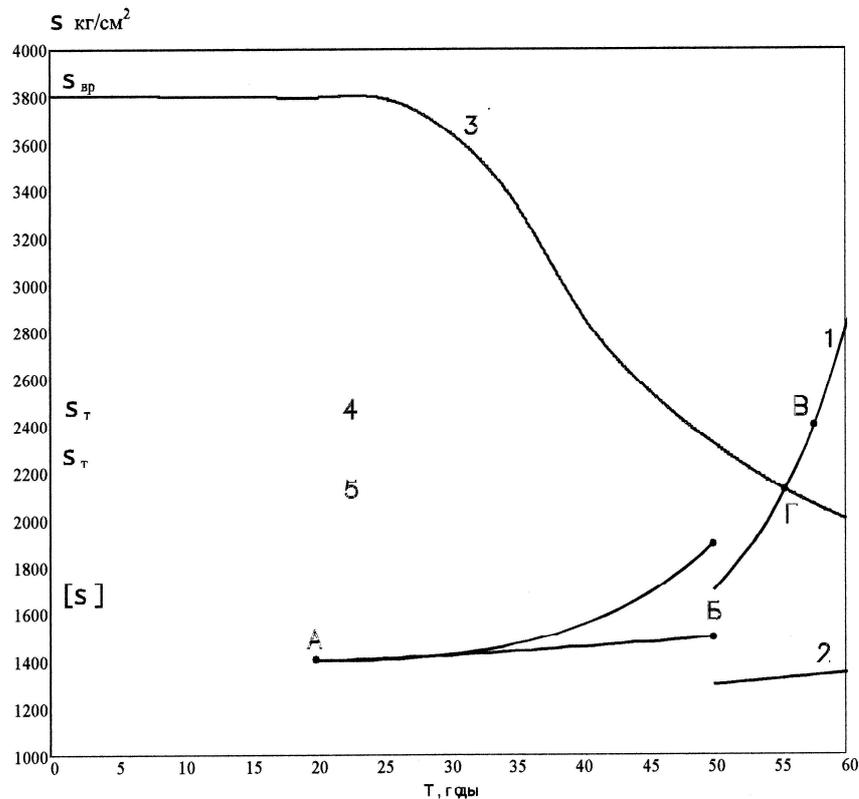
Таблица П.19.1

Коэффициенты	Относительная продолжительность		
	Более 50% времени	Менее 50% времени	Отсутствие
$k_{эр}$	1.4	1,2	1,0
$k_{кав}$	1.5	1,25	1,0
$k_{виб}$	1.45	1,2	1,0
$k_{агр}$	8.0	5,0	1,0
$k_{возд}$	1.4	1,2	1,0

При наличии перечисленных выше факторов, усиливающих интенсивность коррозии, прочностные характеристики стали также изменяются во времени. Если возможно определение прочностных характеристик металла рассчитываемой конструкции во времени, например, испытание образцов металла конструкции, то их можно использовать в правой части расчетной формулы.

На графике (Рис. 19.1) приведен пример результатов подобных расчётов ресурса конструкции, выполненной из стали В Ст3сп, с временным сопротивлением $\sigma_{вр} = 3800$ кг/см², пределом текучести $\sigma_{т} = 2200 \div 2400$ кг/см² (первое значение для толстого металла, второе – для тонкого), расчетное напряжение $[\sigma] = 1600$ кг/см², максимальное действующее напряжение $\sigma = 1400$ кг/см².

Расчет ресурса затвора (сценарий)



- 1- действующие напряжения в тонкостенных элементах ($d < 14$ мм);
- 2- действующие напряжения в толстостенных элементах ($d > 14$ мм);
- 3- временное сопротивление стали;
- 4- предел текучести для тонкостенных элементов;
- 5- предел текучести для толстостенных элементов;
- А- момент восстановления защитного антикоррозийного покрытия;
- Б- момент проведения масштабной реконструкции;
- В- момент исчерпания ресурса конструкции при условии сохранности прочностных свойств стали;
- Г- момент исчерпания ресурса конструкции при известном ухудшении прочностных свойств стали;

Рис. 19.1 Пример результатов подобных расчётов ресурса конструкции

В расчёте принято, что после изготовления и монтажа конструкция и новая окраска были произведены качественно, а краска выбрана стойкая и надежная, уровень действующих напряжений еще какое-то время продолжает быть неизменным. Однако это время меньше первоначального, т.к. полностью и без изъянов очистить и окрасить заново поверхность очень трудно.

В случае недостаточно качественной очистки поверхности и окраски конструкция почти сразу может начаться процесс коррозии, иногда даже более интенсивный, чем ранее. При этом кривые напряжений после новой окраски конструкции снова начнут подниматься, при этом тонкостенные и толстостенные элементы ведут себя по-разному: тонкостенные элементы корродируют и теряют несущую способность быстрее толстостенных (кривые 1 и 2).

Для продления срока службы затвора через 50 лет после начала эксплуатации была произведена реконструкция, были усилены несущие элементы конструкции: пояса ригелей усилены накладками, накладки приварены и к обшивке против стенок ригелей.

Действующие напряжения в этом месте графика скачком уменьшаются, но затем достаточно быстро начинают вновь увеличиваться, т.к. приварка большого объема нового металла к старому сильно увеличивает интенсивность коррозии, причем особенно для тонкостенных элементов.

Кривая 3 расчетного сопротивления стали является собой возможный вариант изменения $\sigma_{вр}$ во времени для тонкостенных элементов /1/ кривые 4 и 5 являются постоянным расчетным сопротивлением в случае принятия в качестве расчетного сопротивления предела текучести σ_t .

Расчетный ресурс затвора получается равным 57-60 лет от начала эксплуатации. При этом существенно, что ресурс определен тонкостенными элементами.

Для грузоподъемных кранов необходимость оценки остаточного ресурса можно устанавливать по балльной системе. При этом каждый дефект в расчетных элементах металлоконструкции оценивается в баллах согласно табл. П 19.2 и в зависимости от причины его возникновения может быть отнесен к одной из трех групп:

- дефекты изготовления и монтажа (дефекты металла, сварных соединений, деформации, полученные в процессах транспортировки и монтажа);
- дефекты, возникшие в результате грубых нарушений или экстремальных условий эксплуатации (перегрузка, удар крана о какое-либо препятствие, взрыв, пожар, заклинивание затвора в пазах и пр.);
- дефекты, возникшие в условиях нормальной эксплуатации при отсутствии первоначальных недостатков изготовления и монтажа.

Решение о необходимости оценки остаточного ресурса в условиях дальнейшей эксплуатации по состоянию металлоконструкции принимается комиссией с учетом следующих рекомендаций:

- при суммарном числе баллов не более 3 остаточный ресурс может не оцениваться;
- при суммарном числе баллов свыше 3 до 5 грузоподъемная машина после выполнения ремонта, как правило, может эксплуатироваться с паспортной грузоподъемностью в течение срока до очередного обследования;
- при суммарном числе баллов свыше 5 до 10 включительно и в случае, когда имеются отдельные дефекты, оцененные не менее 3 баллов, грузоподъемность машины должна быть снижена не менее чем на 25%, и машина должна переводиться в более низкую режимную группу (если у владельца машины имеется необходимость в выполнении таких работ);
- при суммарном числе баллов более 10 машина подлежит снятию с эксплуатации и списанию, либо должна быть подвергнута ремонту с заменой дефектных элементов.

Оценка дефектов грузоподъемных машин в баллах

Таблица П. 19.2

Вид дефекта	Характеристика дефекта		
	Дефекты изготовления и монтажа	Дефекты, возникшие из-за нарушений нормальной эксплуатации	Дефекты, возникшие при нормальной или длительной эксплуатации
	Количество баллов		
1. Нарушение лакокрасочного покрытия	0,1		
2 Коррозия несущих элементов ≤5% толщины ≤10% толщины >10% толщины	Возникновение подобного дефекта мало вероятно	0,2	
		1,0	
		4,0	
3 Трещины, разрывы в швах или в околошовной зоне	То же	1,0	4,0
4 Трещины, разрывы в зонах, удаленных от сварных швов	То же	1,0	5,0
5 Разрывы не менее 10% болтов в соединениях, где болты работают на растяжение	То же	1,0	4,0
6. Срез не менее 10% болтов в соединениях, где болты работают на срез	То же	1,0	4,0
7 Деформации элементов ферменных конструкций превышающие допустимые значения: пояса раскосы	1,0 0,5	2,5 1,0	5,0 2,0
8. Деформации элементов листовых конструкций, превышающие допустимые значения	1,0	1,5	5,0
9 Расслоение металла площадью до 50% размера элемента	3,0		
10 Расслоение металла площадью свыше 50% размера элемента	5,0		
11 Любые дефекты, возникающие в месте предыдущего ремонта, не попадающие под определения предыдущих строк таблицы	1,0	1,0	2,0

При постепенном изменении контролируемых параметров, лимитирующих техническое состояние элемента (коррозийный износ, изменение геометрических размеров или формы) расчетный остаточный ресурс службы элемента (конструкции) T_d определяется по формуле:

$$T_d = \frac{1}{K_s} \cdot \frac{P_{пдз} - P_i}{v_n} \quad (19.4)$$

где K_{δ} - коэффициент, учитывающий погрешность измерения контролируемого параметра и скорости его изменения во времени;

$\Pi_{\text{плз}}$ – предельное допустимое значение контролируемого параметра, лимитирующего техническое состояние элемента;

Π_i – количественное значение контролируемого параметра, установленное при проведении обследования;

$v_{\text{п}}$ – скорость изменения контролируемого параметра

$$v_{\text{п}} = \frac{\Pi_i - \Pi_{i-1}}{t} \quad (19.5)$$

Π_{i-1} – количественное значение параметра установленное при предыдущей проверке;
t- интервал времени между проверками (лет)

Значения коэффициента K_{δ} принимаются:

1,5- для оборудования группы А;

1,35- для оборудования группы Б;

1,2- для оборудования группы В;

1,1- для оборудования группы Г.

При дискретном характере изменения контролируемых параметров, лимитирующих техническое состояние конструкции, расчетный срок ее службы определяется из условия:

$$T_{\text{д}} = \frac{1}{K_{\delta}} \Delta T \quad (19.6)$$

где ΔT – интервал времени, в течение которого при предыдущей эксплуатации не зафиксировано роста дефекта или увеличения числа поврежденных участков, при этом размеры образующихся повреждений не достигли критических размеров, приводящих к неконтролируемому разрушению элемента.

Компьютерный мониторинг технического состояния гидромеханического оборудования

"Методика оценки остаточного ресурса механического оборудования ГТС" ориентирована на возможность использования информационно-диагностической системы, применяемой для проведения мониторинга технического состояния объектов ГМО, и её базы данных.

В приложении приводится общее техническое описание версии "Ресурс" информационно - диагностической системы "БИНГ-3". Система даёт возможность при подготовке заключения об остаточном ресурсе использовать не только результаты текущего обследования, но и все данные мониторинга технического состояния ГМО.

Диагностирование технического состояния объектов ГМО.

Техническое диагностирование (определение вида технического состояния) по данным контроля объектов ГМО заключается в проверке соответствия *параметров технического состояния* объекта проектным и нормативным требованиям, определении причин отличий и выявления мест повреждений и отказов, обусловивших вид технического состояния.

Примеры количественных и качественных *показателей состояния*, признаваемых в качестве индикаторов технического состояния при проводимых наблюдениях, приведены в приложениях 8 и 10. *Оперативная диагностика* - сопоставление наблюдаемых (измеряемых) значений показателей состояния (ПС) с их критериальными значениями - выполняется информационно-диагностической системой автоматически, но результат сопоставления может быть откорректирован или даже изменён пользователем, обладающим правами эксперта.

Функциональная схема компьютерной системы

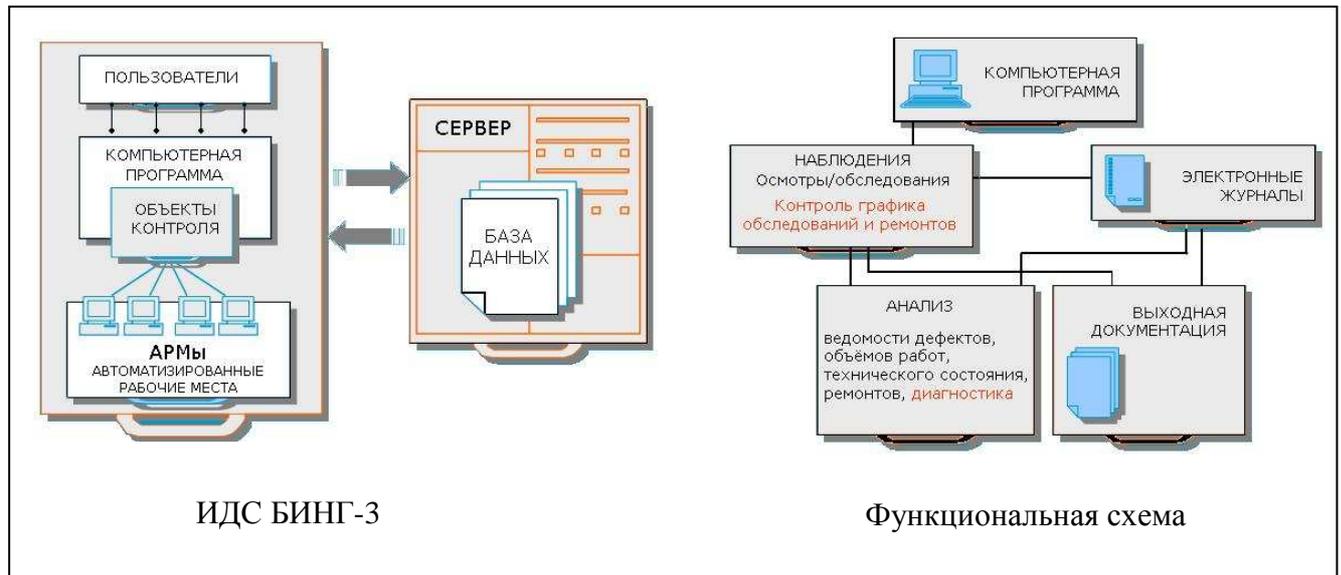


Рис. П20.1 Функциональная ИДС БИНГ-3

В стандартной конфигурации Система включает (рис. 20.1):

- базу данных – электронные журналы результатов наблюдений/обследований и ремонтов объектов контроля технического состояния;

- графический сервис проводимых наблюдений и обследований, в том числе зарисовки и фотографии дефектов;
- рабочие справочники и пассивную справочную информацию для экспертных оценок;
- технические паспорта объектов контроля;
- шаблоны MS Office, предназначенные для формирования из базы данных отчётов, актов и другой технической документации, в том числе динамической части технических паспортов;
- чертежи и схемы - справочные, для отображения объектов и для графического представления результатов контроля;
- программное обеспечение, регулирующее настройку Системы на пользовательский объект, обработку, в том числе графическую, просмотр и анализ, вводимой информации.

Программное обеспечение разработано в среде Delphi и реализует следующие функциональные возможности.

- Настройка параметров системы на конкретные объекты контроля:
 - подготовка и разметка электронных схем и чертежей, как справочных, так и для графического отражения результатов обследований, технического состояния, поиска и т. п.;
 - подготовка шаблонов технических паспортов объектов контроля для их заполнения и дальнейшего ведения;
 - подготовка шаблонов Word выходной технической документации;
 - настройка параметров электронных журналов для записи данных.
- Заполнение и ведение технических паспортов для объектов контроля, включая графическую (чертежи, схемы) информацию.
- Ведение базы данных результатов визуальных и инструментальных наблюдений и контроля:
 - записей в журналах осмотров и обследований с регистрацией дефектов, повреждений, их параметров, в том числе графическую регистрацию;
 - результатов инструментального контроля технических характеристик объектов;
 - ремонтов и их эффективности.
- Обработка и анализ результатов осмотров, обследований и измерений:
 - подсчёт показателей состояний и просмотр их значений;
 - показ изменения во времени положения и параметров дефектов и результатов инструментального контроля;
 - подготовка ведомостей дефектов и сводных ведомостей состава, объёмов и срочности работ по их устранению;
 - оперативная диагностика технического состояния объектов контроля и подготовка экспертных оценок состояния, а также необходимости и срочности ремонтов объектов контроля.
- Составление графиков проведения технических осмотров и инструментальных наблюдений и контроль за его соблюдением.
- Составление технических заданий (планирование) технических осмотров.
- Формирование и печать выходных документов по результатам осмотров и обследований, хранящихся в базе данных.
- Планирование графика и объёмов ремонтных работ.
- Формирование отчетов с использованием информации, хранящейся в базе данных.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) пользователя определяет набор функциональных возможностей и состав информации, предоставляемых Системой пользователю. АРМы обеспечивают удобный и оперативный ввод, просмотр и обработку информации в пределах компетенции пользователя. АРМы делятся на две категории: базовые (поставляемые разработчиком), и объектовые, создаваемые на основе базовых пользователем системы.

АРМы пользователей, осуществляющих наблюдения и контроль технического состояния объектов, наделённые функциями ввода информации, представлены в Системе 3-мя типами.

- АРМ "**Инженер – смотритель (механик)**" обеспечивающий полное информационное сопровождение мероприятий по осуществлению технического обслуживания и мониторинга технического состояния объектов контроля, включая адаптацию и настройку Системы к конкретным условиям эксплуатации. Из этого АРМа можно создать дочерние АРМы с теми или иными ограничениями функциональных возможностей пользователя;

- АРМ "**Системный администратор**" функционально ограничен только функцией подключения пользователей к рабочим АРМам с предоставлением паролей для их входа в Систему и только в этот АРМ;

- АРМ "**Локальный администратор**" предназначен для специалистов, осуществляющих надзорные и экспертные функции в системе контроля и оценки технического состояния объектов;

- АРМ "**Эксперт**" предназначен для эксперта (комиссии), готовящего заключение о возможности, условиях и сроках продолжения эксплуатации или необходимости замены оборудования.

Информация о проведенных регламентных работах (приложения 3 и 4) и их результатах заносится в электронные журналы в виде текстовых записей, таблиц и графиков с измеренными величинами, рисунков, фотографий. Для нормальной работы пользователей в базу данных должны быть заведены (через АРМ "Локальный администратор") системные и другие справочные данные, а для запуска диагностических функций системы - количественные и качественные показатели состояния с соответствующими критериальными значениями

Введённая информация обрабатывается системой и представляется пользователю как в виде экранных форм, так и в виде электронных и бумажных документов в соответствии с предварительной настройкой их формы и содержания. (Рис. П20.2 и рис. П20.3).



Рис. П20.2 Обработка информации



Рис. П20.3 Взаимодействие пользователя и системы

Для работы оперативной (автоматической) диагностики при настройке системы в базу данных должны быть подготовлены и введены *показатели состояния* с указанием их верхней (k_1) и нижней (k_2) границ - критериев технического состояния.

Система производит сопоставление результатов визуальных наблюдений и измерений, зафиксированных пользователем в журнале (Рис. П20.4), с показателями состояния и их значениями (Рис. П20.5).



Рис. П20.4 Занесение результатов технических осмотров



Рис. П20.5 Схема оперативной диагностики

В системе предусмотрена возможность изменения оперативного диагноза по результатам экспертного анализа информации, накопленной в базе данных.

Для оценки [остаточного ресурса](#) и подготовки заключения о необходимости и сроках проведении ремонтов или замены оборудования систем предлагает диалоговое окно "Экспертная оценка остаточного ресурса", работа в котором пользователь (эксперт) имеет возможность ознакомиться с любой (первичной и обработанной системой) информацией, содержащейся в базе данных, сделать по ходу просмотра и анализа записи со своими комментариями и оценками, и, заполнив соответствующие поля диалогового окна, дать заключение

о возможности, условиях и сроках дальнейшей эксплуатации оборудования, его ремонте, замене или необходимости проведения расчётов для окончательного решения.

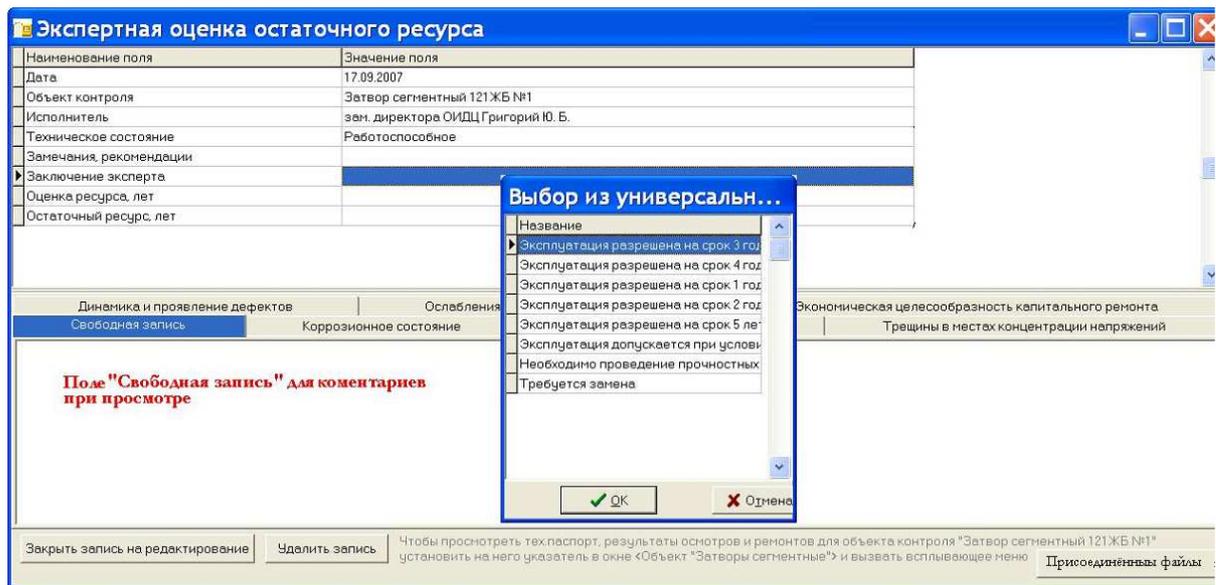


Рис П 20.5 Система распечатает заключение в виде документа, заданной формы.

Для установки на конкретном объекте необходимо:

- заполнить системные разделы базы данных;
- осуществить настройку приложений, адаптировав их к условиям объекта;
- установить систему с подготовленного дистрибутива, подключить пользователей с определённым уровнем доступа к функциям системы.

Первые две позиции целесообразно выполнять силами разработчика на основе исходных данных, предоставляемых Заказчиком.

Системные требования:

- SQL сервер (MS SQL 2K) для размещения базы данных
- Файловый сервер для размещения шаблонов, настроек, документов, фотографий и исполняемых файлов (может размещаться на одном компьютере с SQL сервером, или на разных)
- Клиентские рабочие станции. В случае индивидуальной работы с БИНГ допускается размещение всей системы на одном компьютере с использованием персональной версии MS SQL сервера.

Конфигурации рабочих станций:

- Pentium IV
- RAM не менее 1024 Мб
- монитор не менее 17"
- Windows XP
- версия Ms Office не ниже XP

В минимальном объёме для первоначальной настройки системы необходим реестр объектов контроля ГМО с указанием места их установки.

Исходные данные Заказчика, необходимые для адаптации к объекту и установки системы разработчиком:

- реестр объектов контроля ГМО с указанием места установки;
- технические паспорта объектов контроля;
- образцы популярных записей в журналах осмотров/обследований;
- формы выходной (отчётной) документации (актов, ведомостей, отчётов и т.п.);
- чертежи конструкций;
- проблемные вопросы по объектам контроля.