

АМПЕР

КАТАЛОГ УСЛУГ

Испытание
и диагностика
оборудования ГЭС

amperenergo.ru

Динамическая балансировка ротора гидроагрегата

Ротор гидроагрегата должен быть уравновешенным. Если его масса распределена неравномерно, при вращении возникают дополнительные силы, вызывающие вибрацию и увеличивающие нагрузку на подшипники и опорные конструкции.

Задача балансировки — снизить вибрацию, связанную с небалансом ротора, и уменьшить дополнительные нагрузки на оборудование.

В ходе работы измеряют вибрацию гидроагрегата в различных режимах, определяют массу и места установки балансировочных грузов. Грузы закрепляют на предусмотренных штатных местах спиц ротора. Затем проводят контрольные измерения и при необходимости корректируют балансировочный груз.

Поскольку на вибрацию влияют также электромагнитные силы в генераторе и воздействие потока воды на рабочее колесо турбины, достигнутый результат проверяют в различных режимах работы.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *Насколько удалось снизить вибрацию?* Результат подтверждают сравнением измерений до и после балансировки.
- *Сохраняется ли улучшение при изменении режима?* Контрольные измерения позволяют оценить эффективность балансировки в исследованных режимах.
- *Остались ли причины повышенной вибрации?* Анализ помогает определить, требуется ли дополнительное обследование и устранение других источников колебаний.
- *Нужны ли дальнейшие мероприятия?* По результатам дают рекомендации с учётом достигнутого вибрационного состояния гидроагрегата.

Практическая ценность — уменьшить воздействие вибрации на подшипники и опорные конструкции, улучшить условия работы оборудования. Балансировка особенно полезна после ремонта или замены вращающихся элементов, а также при повышенной вибрации, если обследование подтверждает наличие небаланса.

Результат работы — выполненная и проверенная в исследованных режимах балансировка ротора, сравнение вибрации до и после установки грузов и рекомендации по дальнейшим мероприятиям при необходимости.

Определение действительной формы ротора и формы статора гидрогенератора

Между вращающимся ротором и неподвижным статором есть небольшой воздушный зазор. Важно, чтобы он был равномерным по всей окружности. Для этого ротор и статор должны сохранять правильную круглую форму и располагаться соосно.

Задача обследования — оценить равномерность воздушного зазора и определить, как на неё влияют форма ротора, форма статора и биение вала.

Замер зазора на остановленной машине показывает её состояние только в покое. Обследование учитывает также динамические формы ротора и статора при работе гидрогенератора. Для этого, на сердечнике статора, равномерно по всей его окружности, устанавливают измерительные витки и проводят измерения с учётом биения вала.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *Насколько равномерен воздушный зазор?* Измерения показывают, где он меньше или больше и насколько выражены отклонения.
- *С чем связана неравномерность?* Анализ позволяет оценить влияние овальности, местных отклонений формы и смещения ротора относительно статора с учётом биения вала.
- *Какова геометрия генератора при работе?* Определяют фактические формы ротора и статора в исследованных режимах.
- *Какие отклонения требуют устранения?* Результаты помогают обосновать корректирующие мероприятия и определить участки, требующие внимания.

Практическая ценность — обоснованное планирование ремонта и проверка его результатов. Обследование помогает определить необходимость корректировки формы и взаимного положения ротора и статора, уточнить объём работ и оценить достигнутое улучшение после ремонта. При повышенной вибрации результаты позволяют оценить возможный вклад неравномерности воздушного зазора.

Результат работы — технический отчёт с графиками фактических форм ротора и статора, численными значениями отклонений, оценкой несимметрии и рекомендациями по устранению выявленных дефектов и дальнейшему контролю.

Эксплуатационные энергетические испытания гидроагрегатов

Эффективность использования воды зависит от нагрузки гидроагрегата, напора и положения регулирующих органов турбины. Фактические характеристики оборудования могут отличаться от проектных и изменяться в процессе эксплуатации.

Задача испытаний — определить, в каких режимах гидроагрегат обеспечивает заданную мощность с наименьшим расходом воды.

В ходе испытаний при различных нагрузках измеряют мощность, напор и показатели расхода воды. По результатам определяют энергетические характеристики и наиболее экономичные режимы работы.

Применяют абсолютный и индексный методы. Абсолютный позволяет определить фактические значения расхода воды и КПД. Индексный — оценить относительное изменение эффективности и найти наиболее выгодные режимы по косвенным показателям расхода.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *При какой мощности агрегат работает наиболее эффективно?* Рабочая характеристика показывает изменение КПД в зависимости от мощности.
- *Сколько воды требуется для получения заданной мощности?* Расходная характеристика устанавливает связь между расходом воды через турбину и мощностью.
- *Как выбирать нагрузку при изменении напора?* Эксплуатационная характеристика показывает изменение эффективности при разных напорах и нагрузках.
- *Какую мощность обеспечивает открытие регулирующих органов?* Мощностная характеристика связывает их положение с фактической мощностью турбины.

Практическая ценность — более экономичное использование водного ресурса и обоснованное распределение нагрузки между гидроагрегатами. Результаты помогают выявить резерв повышения эффективности, а при испытаниях до и после ремонта или модернизации — оценить достигнутое улучшение.

Результат работы — уточнённые энергетические характеристики в объёме применённого метода испытаний и рекомендации по выбору экономичных режимов с учётом напора и эксплуатационных ограничений.

Вибрационные испытания гидроагрегата

Вибрация отражает поведение гидроагрегата во время работы. Важно знать не только её величину, но и какие узлы вибрируют, как движется вал и при каких режимах колебания усиливаются.

Задача испытаний — оценить состояние гидроагрегата, выявить признаки дефектов и определить режимы с меньшими вибрационными нагрузками.

В ходе испытаний измеряют вибрацию опорных конструкций гидроагрегата и стальных конструкций генератора, лобовых частей обмоток статора, а также биение вала возле направляющих подшипников и в месте соединения муфт. Анализ сигналов позволяет установить характер колебаний и оценить их возможные причины.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *Какие узлы требуют внимания?* Измерения показывают, где повышены вибрация и биение вала.
- *С чем связаны колебания?* Анализ помогает выявить признаки механических, электромагнитных и гидравлических источников вибрации.
- *При каких режимах состояние ухудшается?* Сопоставление измерений с параметрами работы позволяет выявить неблагоприятные режимы.
- *Что необходимо включить в ремонт?* Результаты помогают обосновать мероприятия по устранению выявленных отклонений.
- *Дал ли ремонт ожидаемый эффект?* Сравнение измерений до и после работ позволяет оценить изменение вибрационного состояния.

Практическая ценность — обоснованные решения об эксплуатации и ремонте оборудования. Испытания помогают своевременно заметить неблагоприятные изменения, сосредоточить ремонт на проблемных узлах и подготовить меры по снижению вибрационных нагрузок.

Результат работы — технический отчёт с оценкой контролируемых узлов, графиками колебаний и движения вала, численными показателями и выводами. В отчёте приводят рекомендации по устранению выявленных дефектов и рекомендуемые режимы работы гидроагрегата.

Тепловые испытания гидрогенератора

При работе гидрогенератора его обмотки и сердечник нагреваются. Важно понимать, какие температуры соответствуют нормальной продолжительной работе конкретной машины и какие значения следует принять в качестве эксплуатационных пределов.

Задача испытаний — установить допустимые температуры основных узлов гидрогенератора на основании его фактического нагрева при номинальной нагрузке.

В ходе испытаний контролируют температуры обмоток статора и ротора, активной стали сердечника статора генератора, а также охлаждающих сред на выходе из обмоток или сердечника статора. Нагрев оценивают при продолжительной работе с номинальной нагрузкой, учитывая коэффициент мощности, напряжение и параметры охлаждения.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *Как нагревается генератор при длительной номинальной нагрузке?* Испытания позволяют оценить его фактическое тепловое состояние.
- *Какие температуры принять в качестве допустимых при эксплуатации?* По результатам устанавливают значения для контролируемых обмоток, активной стали и охлаждающих сред.
- *На какие показатели ориентироваться персоналу?* Полученные значения служат основой для контроля нагрева и выявления отклонений от установленного теплового режима.
- *Требуется ли тепловое состояние дополнительного внимания?* Выявленные отклонения позволяют обосновать необходимость проверки охлаждения или отдельных узлов генератора.

Практическая ценность — обоснованный температурный контроль оборудования. Заказчик получает конкретные ориентиры, с которыми можно сопоставлять эксплуатационные показания и своевременно замечать неблагоприятные изменения.

Результат работы — установленные по итогам испытаний максимально допустимые эксплуатационные температуры для оговорённых условий нагрузки и охлаждения. Это помогает персоналу принимать обоснованные решения при контроле работы гидрогенератора.

Контроль металла элементов гидроагрегата (дефектоскопия)

Не каждую трещину можно обнаружить при обычном осмотре. Небольшие и малозаметные дефекты могут оставаться незамеченными, а под действием эксплуатационных нагрузок — развиваться и приводить к более серьёзным повреждениям.

Задача дефектоскопии — обнаружить трещины и другие дефекты в контролируемых участках металла, чтобы своевременно определить необходимость ремонта.

Например, для гидротурбины, особое внимание уделяют ответственным участкам: входным, выходным и периферийным кромкам лопастей, местам плавного перехода между поверхностями — галтелям, а также зонам повреждений, выявленных при визуальном осмотре; другие детали рабочего колеса; участки облицовки его камеры; металлической оболочке и сварных соединениях спиральной камеры.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *Есть ли трещины в обследованных участках?* Контроль позволяет выявить дефекты, которые трудно заметить невооружённым глазом.
- *Где расположены повреждения и каковы их границы?* Эта информация необходима для подготовки ремонтных работ.
- *Какие участки требуют первоочередного внимания?* Результаты помогают определить зоны для дальнейшей оценки и устранения дефектов.
- *Какой объём ремонта необходимо предусмотреть?* Выявленные повреждения дают основу для обоснованного планирования работ.

Практическая ценность — обнаружить повреждение до того, как оно потребует более сложного и продолжительного ремонта. Дефектоскопия помогает использовать плановый останов для выявления проблемных участков и снизить риск пропустить развивающуюся трещину, и как следствие дефект.

Результат работы — сведения о выявленных дефектах в обследованных зонах, их расположении и характеристиках. На этой основе принимаются решения о ремонте, дополнительном обследовании и дальнейшем контроле состояния металла.

Измерение и анализ частичных разрядов в обмотке статора гидрогенератора

Изоляция обмотки статора постепенно стареет под действием напряжения, нагрева, вибрации и загрязнений. В ней появляются пустоты, расслоения и местные повреждения, которые трудно обнаружить при обычном осмотре.

В ослабленных участках могут возникать небольшие электрические разряды — частичные разряды. Они ещё не приводят к пробое изоляции, но указывают на неблагоприятные изменения.

Задача обследования — выявить признаки ухудшения изоляции до серьёзного повреждения и определить необходимость дальнейших действий.

С помощью специализированной переносной аппаратуры регистрируют и анализируют интенсивность и характер частичных разрядов. При наличии предыдущих измерений оценивают изменение состояния изоляции.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *Есть ли признаки повреждения изоляции?* Измерения выявляют разрядную активность, связанную с возможными дефектами.
- *Ухудшается ли её состояние?* Повторные измерения в сопоставимых условиях помогают отслеживать неблагоприятные изменения.
- *Что делать дальше?* По результатам дают рекомендации по эксплуатации, дополнительному обследованию и ремонтным мероприятиям.

Практическая ценность — заранее спланировать обслуживание обмотки и снизить риск неожиданного останова генератора из-за повреждения изоляции.

Результат работы — техническое заключение о состоянии изоляции по данным частичных разрядов, с выводами и рекомендациями по дальнейшей эксплуатации и контролю.

Контроль паяных соединений лобовых частей обмотки статора гидрогенератора

Паяные соединения связывают элементы обмотки статора. Ухудшение электрического соединения может приводить к местному перегреву, повреждению изоляции и выходу соединения из строя. При обычном осмотре после остановки такой нагрев можно не заметить — оборудование уже остыло.

Задача контроля — выявить соединения с признаками повышенного нагрева, чтобы своевременно запланировать проверку и ремонт.

Для гидрогенераторов с косвенным воздушным охлаждением применяют метод косвенной оценки: состояние соединения оценивают по нагреву поверхности изоляции рядом с ним.

В этих местах устанавливают термоэтикетки, которые необратимо меняют показания при достижении определённой температуры. Они сохраняют информацию о максимальном достигнутом уровне нагрева даже после остывания оборудования. Показания считывают при испытании, а также в последствии при плановом или внеплановом останове.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *Какие соединения требуют внимания?* Контроль позволяет выявить участки с повышенным нагревом.
- *Был ли перегрев во время работы?* Термоэтикетки сохраняют его след после остановки и охлаждения генератора.
- *Где необходима дополнительная проверка?* Результаты помогают определить конкретные соединения для обследования и возможного ремонта.

Практическая ценность — обнаружить местный перегрев до развития серьёзного повреждения и сосредоточить обслуживание на проблемных соединениях.

Результат работы — данные о максимальном уровне нагрева в контрольных точках, перечень соединений, требующих внимания, и рекомендации по дополнительной проверке и дальнейшему контролю.

Продление срока службы основного оборудования ГЭС в процессе эксплуатации

Когда установленный срок службы оборудования подходит к концу, заказчику необходимо решить: можно ли продолжать его эксплуатацию, требуется ли ремонт или пора планировать замену. Для обоснованного решения важно оценить фактическое техническое состояние оборудования.

Задача работы — обосновать возможность и условия дальнейшей безопасной эксплуатации либо необходимость замены оборудования.

Работа охватывает гидротурбинные установки, гидрогенераторы и силовые трансформаторы. На основании оценки их состояния, результатов обследований и испытаний подготавливают обоснование продления срока службы либо вывод о нецелесообразности его продления.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *Можно ли продолжать эксплуатацию?* Оценивают технические основания для дальнейшего использования оборудования.
- *Какие мероприятия необходимы?* Определяют условия продления срока службы, потребность в ремонте, дополнительном контроле и обследованиях.
- *Когда планировать замену?* Результаты помогают обосновать решение и заранее подготовить необходимые мероприятия.
- *Как учесть проведённую модернизацию или ремонт?* Отдельно рассматривают основания для пересмотра срока полезного использования после реконструкции, модернизации или расширенного капитального ремонта.

Практическая ценность — обоснованное планирование эксплуатации и капитальных затрат. Заказчик получает возможность использовать сохраняющее работоспособность оборудование и своевременно готовить замену там, где продление срока службы не обосновано.

Результат работы — техническое обоснование принятого решения с условиями и рекомендациями по дальнейшей эксплуатации либо замене оборудования.

Перемаркировка основного энергетического оборудования / Перемаркировка гидроагрегата

После реконструкции или модернизации фактические возможности гидроагрегата могут отличаться от указанных в его паспортных данных. Возникает практический вопрос: какую мощность оборудование способно обеспечивать с учётом его технического состояния и условий работы?

Задача испытаний — определить фактические характеристики гидроагрегата и обосновать возможность изменения его номинальной мощности.

Проводят комплексные испытания на действующем оборудовании: определяют рабочие характеристики, оценивают механическое и динамическое состояние, проверяют работу отдельных узлов. Результаты сопоставляют с техническими условиями на поставку и заявленными заводскими гарантиями.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *Есть ли основания для увеличения номинальной мощности?* Испытания позволяют оценить возможности оборудования и выявить ограничения.
- *Необходимо ли уменьшить заявленную мощность?* Определяют, соответствуют ли существующие параметры фактическим возможностям гидроагрегата.
- *Достигнуты ли цели реконструкции?* Проверяют полученные характеристики и выполнение технических требований.
- *Что препятствует эффективной работе?* Выявляют признаки недостатков проектирования, изготовления и монтажа, оценивают надёжность отдельных узлов.
- *Какие режимы следует использовать?* Определяют оптимальные режимы и условия работы реконструированного гидроагрегата.

Практическая ценность — подтверждённая испытаниями основа для пересмотра номинальной мощности и планирования эксплуатации. При наличии технических возможностей это позволяет обосновать увеличение мощности, а при выявлении ограничений — определить необходимые мероприятия или основания для её снижения.

Результат работы — фактические характеристики гидроагрегата, рекомендации по режимам работы и техническое обоснование для принятия решения о перемаркировке.

Испытания и наладка систем регулирования гидротурбин

Система регулирования управляет работой гидротурбины при изменении нагрузки. От правильности её настройки зависят эффективность использования воды и поведение гидроагрегата в различных режимах.

Для поворотно-лопастных турбин особенно важно согласовать открытие направляющего аппарата и угол поворота лопастей рабочего колеса. Такое соответствие называют комбинаторной зависимостью. Если оно подобрано неточно, агрегат может расходовать больше воды, работать с повышенной вибрацией и в неблагоприятных кавитационных условиях.

Задача работы — проверить систему регулирования и подобрать настройки, обеспечивающие наиболее эффективную и устойчивую работу гидротурбины.

В ходе эксплуатационных испытаний оценивают работу системы, выполняют её настройку и проверяют результат в исследуемых режимах. Для поворотно-лопастных турбин определяют оптимальное сочетание положения направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *Можно ли повысить КПД?* Испытания позволяют выявить резерв эффективности за счёт корректировки настроек.
- *Можно ли снизить вибрацию?* Правильное согласование регулирующих органов может улучшить вибрационное состояние и уменьшить нагрузки на узлы агрегата.
- *Можно ли улучшить кавитационные условия?* Подбор режимов помогает уменьшить неблагоприятное воздействие потока воды на элементы турбины.
- *Какие настройки использовать в эксплуатации?* Результаты дают обоснованные параметры регулирования для исследованных условий работы.

Практическая ценность — возможность повысить эффективность существующего оборудования и улучшить его механическое состояние за счёт наладки. Величину возможного улучшения определяют испытания на конкретном гидроагрегате.

Результат работы — настроенная система регулирования, уточнённая комбинаторная зависимость для поворотно-лопастной турбины и рекомендации по эксплуатации.

Определение оптимальной комбинаторной зависимости ПЛ гидротурбины

Одну и ту же мощность поворотно-лопастная гидротурбина может развивать при разных сочетаниях открытия направляющего аппарата и угла поворота лопастей рабочего колеса. Однако расход воды и эффективность работы при этом будут различаться.

Задача испытаний — найти сочетания, при которых турбина обеспечивает необходимую мощность с наименьшим расходом воды при разных напорах.

Испытания могут проводиться при трёх значениях напора и различных нагрузках. Сначала оценивают работу с существующей комбинаторной связью, затем открытие направляющего аппарата и угол лопастей задают независимо, проверяя различные сочетания. Это позволяет экспериментально определить наиболее выгодные положения регулирующих органов.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *Насколько эффективна существующая зависимость?* Испытания показывают, соответствует ли она наиболее экономичным режимам конкретной турбины.
- *Есть ли резерв повышения КПД?* Сравнение вариантов позволяет оценить возможный выигрыш от изменения комбинаторной связи.
- *Как должны сочетаться открытие направляющего аппарата и угол лопастей?* Определяют оптимальные сочетания для исследованных напоров и нагрузок.
- *Что необходимо изменить?* По результатам предлагают способы корректировки существующей зависимости.

Практическая ценность — выявить возможность получать заданную мощность с меньшим расходом воды за счёт более точного согласования регулирующих органов. Величину возможного улучшения подтверждают измерениями на конкретной гидротурбине.

Результат работы — графики существующей и оптимальной комбинаторных зависимостей, оценка эффективности и рекомендации по их внедрению. Полученные данные служат основой для последующей настройки комбинатора.

Определение величин перестановочных усилий в ПЛ гидротурбинах

Для поворота лопаток направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса требуется определённое усилие. Его создают гидравлические сервомоторы. По мере эксплуатации состояние уплотнений и механизмов изменяется, а усилия, необходимые для перемещения, могут превышать допустимые заводские значения.

Задача испытаний — определить, с каким усилием фактически работают механизмы гидротурбины и нет ли превышения допустимых нагрузок.

Испытания проводят на остановленном гидроагрегате с осушенной спиральной камерой. При последовательном открытии и закрытии направляющего аппарата и повороте лопастей рабочего колеса одновременно измеряют давление в обеих полостях сервомоторов и перемещение их штоков. По этим данным определяют перестановочные усилия. Дополнительно измеряют время полного открытия и закрытия механизмов.

Заказчик получает ответы на практические вопросы:

- *Соответствуют ли усилия заводским ограничениям?*
Фактические значения сопоставляют с допустимыми величинами изготовителя.
- *На каких участках хода возрастает сопротивление?*
Измерения по всему диапазону перемещения позволяют выявить проблемные положения механизмов.
- *Есть ли различия при открытии и закрытии?* Проверка в обоих направлениях помогает оценить характер работы приводов.
- *Какие механизмы требуют дополнительной проверки?*
Результаты позволяют обосновать обследование уплотнений, соединений и других элементов кинематики.

Практическая ценность — своевременно выявить повышенные усилия и спланировать проверку механизмов до развития повреждений или нарушения их работы. После ремонта испытания позволяют проверить, удалось ли привести усилия к допустимым значениям.

Результат работы — фактические величины перестановочных усилий, время перемещения механизмов, сравнение с заводскими ограничениями и выводы о необходимости дальнейших мероприятий.

Испытание
и диагностика
оборудования ГЭС

