

Приложение 1
к приказу ОАО «РусГидро»
от 20.11.2014 № 942
С изменениями, утвержденными
приказом № 791 от 09.09.2014



РусГидро

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ ГИДРОГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ-РУСГИДРО»
(ОАО «РУСГИДРО»)

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

**ГИДРОАГРЕГАТЫ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ.
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕРКЕ
И УСТРАНЕНИЮ ДЕФЕКТОВ ЦЕНТРОВКИ**

СТО РусГидро 02.01.91-2013

Издание официальное

Москва 2014

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения стандартов организаций – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

Сведения о стандарте

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. РАЗРАБОТАН | Некоммерческим партнерством «Гидроэнергетика России» |
| 2. ВНЕСЕН | Департаментом технической политики и методологии стандартизации ОАО «РусГидро» в соответствии с рекомендацией Рабочей группы по техническому регулированию ОАО «РусГидро» (протокол от 19.09.2012 № 52) |
| 3. ПРИНЯТ И ВВЕДЁН
В ДЕЙСТВИЕ | Приказом ОАО «РусГидро» от 20.11.2014 №942 (с изменениями, утвержденными приказом ОАО «РусГидро» от 09.09.2014 № 791) |
| 4. ВВЕДЁН ВПЕРВЫЕ | |

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ОАО «РусГидро»

Содержание

1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	2
3	Термины, определения, сокращения и обозначения	4
4	Общие технические требования к центровке гидроагрегатов.....	8
4.1	Общие положения	8
4.2	Виды нарушений центровки вертикальных гидроагрегатов.....	10
4.3	Последовательность операций по центровке гидроагрегата при ремонте без полной разборки (без выема ротора).....	11
4.4	Последовательность операций по центровке гидроагрегата зонтичного исполнения при ремонте с полной разборкой.....	11
4.5	Последовательность операций по центровке гидроагрегата подвесного исполнения при ремонте с полной разборкой.....	13
5	Технические требования к выполнению операций по проверке центровки и устранению ее дефектов.....	13
6	Технологические требования к проверке центровки и устранению ее дефектов	17
6.1	Проверка общей линии валов методом поворота ротора на 360°.....	18
6.2	Проверка уклона валов	22
6.3	Центровка неподвижных частей гидроагрегата	23
6.4	Особенности выполнения центровки на гидроагрегатах с подпятником на гидравлической опоре.....	24
6.5	Особенности выполнения центровки гидроагрегатов с безвальным исполнением гидрогенератора.....	25
7	Устранение дефектов центровки	26
7.1	Устранение неперпендикулярности диска подпятника	27
7.2	Устранение излома линии валов во фланцах	28
7.3	Устранение уклона валов	29
8	Технические требования к средствам контроля и регистрации при центровке гидроагрегатов	30
9	Рекомендации по проверке и выявлению дефектов центровки гидроагрегата при выполнении экспресс-оценки состояния центровки и общей линии вала гидроагрегата при испытаниях.....	30
10	Требования к оформлению технической документации по центровке гидроагрегата.....	33
11	Требования к обеспечению безопасности	33
	Приложение А. Примеры представления информации при выполнении.....	35
	операций по центровке гидроагрегата	35
	Приложение Б. Средства измерений и технического контроля	48
	Библиография	49

Введение

Стандарт организации ОАО «РусГидро» «Гидроагрегаты вертикальные. Методические указания по проверке и устранению дефектов центровки» (далее – Стандарт) разработан в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Стандарт является нормативным документом, устанавливающим общие технические требования к процессам выполнения центровки и исправления линии вала вертикальных гидроагрегатов при капитальных ремонтах и к выявлению дефектов центровки при техническом контроле.

В Стандарте учтены и расширены требования в области его применения, изложенные в стандартах организации: СТО 17330282.27.140.001-2006 «Методики оценки технического состояния основного оборудования гидроэлектростанций», СТО 17330282.27.140.005-2008 «Гидротурбинные установки. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования», СТО 17330282.27.140.006-2008 «Гидрогенераторы. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования», СТО РусГидро «Тепловые и гидравлические электростанции. Методика оценки качества ремонта энергетического оборудования. Основные положения», СТО РусГидро 02.01.62-2012 «Гидроэлектростанции. Ремонт и техническое обслуживание оборудования, зданий и сооружений. Организация производственных процессов. Нормы и требования», СТО РусГидро 02.03.69-2011 «Гидрогенераторы. Общие технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования», СТО РусГидро 02.03.70-2011 «Гидротурбины. Общие технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования».

Применение настоящего Стандарта совместно с другими стандартами организации, применяемыми в ОАО «РусГидро», позволит обеспечить выполнение обязательных требований в области повышения качества ремонта, надежности и безопасности эксплуатации гидроагрегатов.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ОАО «РУСГИДРО»**ГИДРОАГРЕГАТЫ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ.****МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕРКЕ И УСТРАНЕНИЮ
ДЕФЕКТОВ ЦЕНТРОВКИ**

Дата введения –

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт (далее – Стандарт) является нормативным документом ОАО «РусГидро» и устанавливает единые общие технические требования к технологическим процессам выполнения операций по центровке и исправлению линии валов вертикальных гидроагрегатов с подпятниками на жестких и гидравлических опорах при проведении ремонтных работ и при контроле технического состояния в процессе эксплуатации гидроагрегатов. Стандарт устанавливает технические требования к составу работ, к контролю выполнения работ и к оценке качества выполнения центровки гидроагрегатов.

1.2 Требования Стандарта могут быть применены для гидроагрегатов малых ГЭС.

1.3 Стандарт предназначен для обязательного применения в ОАО «РусГидро». Дочерние и зависимые общества ОАО «РусГидро» применяют требования Стандарта после утверждения его в качестве локального нормативного документа дочерних и зависимых обществ ОАО «РусГидро» в установленном порядке.

1.4 Требования Стандарта обязаны выполнять сторонние организации, выполняющие работы (оказывающие услуги) в области его применения по договорам с ОАО «РусГидро» и (или) с его филиалами, дочерними и зависимыми организациями, если это обязательство включено в заключаемые с ними договоры.

1.5 Обязательность применения требований и норм Стандарта для всех поименованных выше субъектов ограничена их деятельностью на объектах, расположенных в Российской Федерации, владельцами или инвесторами (застройщиками) которых являются ОАО «РусГидро» и (или) дочерние зависимые общества ОАО «РусГидро».

1.6 Применение требований Стандарта для целей зарубежной экономической деятельности определяется соответствующим соглашением с заказчиком.

1.7 При расхождении требований Стандарта с требованиями нормативной технической документации, выпущенной до его утверждения, необходимо руководствоваться требованиями Стандарта.

1.8 Стандарт не учитывает все возможные особенности исполнения его требований при различных компоновках гидроагрегата. В развитие Стандарта для каждой гидроэлектростанции должны быть в установленном порядке разработаны, утверждены и применяться местные производственные инструкции, содержащие технические требования по центровке установленных на ней гидроагрегатов с учетом их особенностей, требований предприятий-изготовителей гидротурбин и гидрогенераторов, не противоречащие Стандарту и не снижающие уровень его требований.

1.9 При расхождении требований Стандарта с требованиями предприятий-изготовителей гидротурбины и гидрогенератора следует руководствоваться конструкторской документацией предприятия-изготовителя.

1.10 При введении в действие федеральными органами исполнительной власти новых нормативных правовых и методических документов, а также при внесении предприятием-изготовителем оборудования изменений в конструкторскую документацию, требования которых отличаются от приведенных в Стандарте, следует пользоваться вновь введенными требованиями до внесения в Стандарт соответствующих изменений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем Стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании»

ГОСТ 23956-80 Турбины гидравлические. Термины и определения

ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов

ГОСТ 2.602-2013 Единая система конструкторской документации. Ремонтные документы

ГОСТ 8.050-73 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений

ГОСТ 8.051-81 Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров от 1 до 500 мм

ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений

ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 10-88 Нутромеры микрометрические. Технические условия

ГОСТ 577-68 (СТ СЭВ 3138-81) Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия

ГОСТ 10197-70 Стойки и штативы для измерительных головок. Технические условия

ГОСТ 6507-90 Микрометры. Технические условия

ГОСТ 9392-89 Уровни рамные и брусковые. Технические условия

ГОСТ 10528-90 Нивелиры. Общие технические условия

ГОСТ 8026-92 Линейки поверочные. Технические условия

ГОСТ 10905-86 Плиты поверочные и разметочные. Технические условия

ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия термины и определения

ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 18322-78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения

ГОСТ Р ISO 9000-2011 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь

ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения

СТО 17330282.27.010.001-2008 Электроэнергетика. Термины и определения

СТО РусГидро Тепловые и гидравлические электростанции. Методика оценки качества ремонта энергетического оборудования. Основные положения

СТО 17330282.27.140.001-2006 Методики оценки технического состояния основного оборудования гидроэлектростанций

СТО 17330282.27.140.005-2008 Гидротурбинные установки. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 17330282.27.140.006-2008 Гидрогенераторы. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО РусГидро 02.03.69-2011 Гидрогенераторы. Общие технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования

СТО РусГидро 02.03.70-2011 Гидротурбины. Общие технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования

СТО РусГидро 02.01.62-2012 Гидроэлектростанции. Ремонт и техническое обслуживание оборудования, зданий и сооружений. Организация производственных процессов. Нормы и требования

СТО РусГидро 02.03.79-2013 Гидротурбины. Методические рекомендации по ведению технической документации при выполнении ремонтов

СТО РусГидро 02.03.81-2013 Гидрогенераторы. Методические рекомендации по ведению технической документации при выполнении ремонтов.

П р и м е ч а н и е – при пользовании Стандартом целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования, стандартов – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании Стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, сокращения и обозначения

Термины и определения

В Стандарте применены понятия по Федеральному закону от 27.12.2002 № 184-ФЗ, термины по – ГОСТ 23956, ГОСТ 15467, ГОСТ 16504, ГОСТ 18322, ГОСТ 27.002, ГОСТ Р ИСО 9000, ГОСТ 2.102, ГОСТ 2.602, СТО 17330282.27.010.001-2008, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1. биеение вала: перемещение вала относительно неподвижных частей гидроагрегата при вращении.

3.2. валопровод гидроагрегата: система валов гидроагрегата, составленная из нескольких частей, соединенных болтовыми фланцевыми соединениями от рабочего колеса гидротурбины до верха гидрогенератора; перемещение валопровода ограничено направляющими и опорным подшипниками.

3.3. выверка: монтажная операция, обеспечивающая точное соответствие проектному положению отдельных элементов конструкций гидроагрегата относительно друг друга при сборке.

3.4. гидротурбина: турбина, в которой в качестве рабочего тела используется вода.

3.5. гидротурбинная установка: установка, предназначенная для преобразования энергии воды в механическую, включающая гидравлическую турбину и вспомогательное оборудование.

3.6. излом линии вала гидроагрегата: параметр валопровода гидроагрегата, характеризующий взаимное отклонение геометрических осей валов гидротурбины и гидрогенератора, и возникающий из-за неточности изготовления и сборки фланцевых соединений валов гидроагрегата.

3.7. измеренное значение параметра: значение параметра, установленное в результате его измерения определенным средством контроля.

3.8. инструментальный контроль: контроль, осуществляемый с применением средств измерений.

3.9. испытания: экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий.

3.10. карта измерений: технологический документ контроля (формуляр), предназначенный для регистрации результатов измерения контролируемых параметров, с указанием подписей исполнителя операции, руководителя участка и контролирующего лица.

3.11. конструкторская документация: графические и текстовые документы, которые в совокупности или в отдельности, определяют состав и устройство оборудования и содержат необходимые сведения для его разработки, изготовления, контроля, эксплуатации, ремонта и утилизации.

3.12. линия вала гидроагрегата: совокупность осей валов гидроагрегата полученная при сборке.

3.13. маяки: базовые точки на неподвижных частях корпусов подшипников или других неподвижных частях гидроагрегата, относительно которых фиксируются линейные размеры, определяющие пространственное положение вала.

3.14. неперпендикулярность опорной плоскости подпятника оси генераторного вала: параметр линии вала гидроагрегата, вызванный отклонением взаимного положения от прямого угла оси генераторного вала и опорной плоскости диска подпятника.

3.15. несоосность валов гидроагрегата: параметр линии вала гидроагрегата, вызванный несовпадением геометрических осей вала турбины и вала генератора (либо ротора генератора).

3.16. нормативная документация: документы, устанавливающие обязательные требования, правила и нормы к созданию и использованию объектов на всех этапах их жизненного цикла. К нормативной документации относятся стандарты, технические регламенты, нормативные документы

органов государственного надзора и контроля, нормативные документы, действующие в электроэнергетике (правила, противоаварийные и эксплуатационные циркуляры, положения, нормы и нормативы, методики, инструкции и другие документы), технические условия на ремонт, руководства по ремонту.

3.17. относительное биение вала: биение вала, приведенное к длине вала.

3.18. ремонтная документация: текстовые и графические документы, которые в отдельности или в совокупности дают возможность обеспечить подготовку ремонтного производства, произвести ремонт изделия и его контроль после ремонта.

3.19. ротор гидротурбины: элемент гидроагрегата состоящий из вращающихся частей гидротурбины – вала гидротурбины и рабочего колеса.

3.20. ротор гидроагрегата: элемент гидроагрегата состоящий из ротора гидрогенератора, валов гидрогенератора и ротора гидротурбины.

3.21. техническая документация: в целях данного Стандарта – совокупность технических документов, подлежащих применению при выполнении технического обслуживания и ремонта. К технической документации относятся проектная документация, относящаяся к гидротурбинной установке, конструкторская документация изготовителей оборудования, эксплуатационная и ремонтная документация.

3.22. технологическая документация: в целях данного Стандарта – совокупность документов, описывающих технологические процессы ремонта. К технологической документации относятся маршрутные, операционные карты, технологические инструкции, относящиеся к конкретной гидротурбинной установке.

3.23. уклон вала гидроагрегата: параметр гидроагрегата, характеризующий отклонение валопровода от вертикальной оси.

3.24. формуляр: бланк документа контроля, предназначенный для регистрации результатов измерений контролируемых параметров, подписанный исполнителем операции, руководителем участка и контролирующим лицом.

3.25. центровка ротора гидроагрегата: операция, состоящая из последовательных действий по установке рабочего колеса турбины в центр камеры или лабиринтного уплотнения с установкой допустимых зазоров между статором и ротором гидрогенератора с последующей проверкой общей линии и уклона вала гидроагрегата с устранением повышенных биений, приведением вала в вертикальное положение.

3.26. элемент оборудования: составная часть единицы оборудования и(или) технической системы, выполняющая определенные технологические функции.

Сокращения

ГЭС – гидравлическая электрическая станция;

ПЛ – поворотнлопастная (-ое) (гидротурбина, рабочее колесо);

РО – радиально–осевая (-ое) (гидротурбина, рабочее колесо).

Обозначения

I, II ... XII – точки (риски), обозначающие разбивку окружности вала;

I-V, II-VI, III-VII, IV-VIII – диаметральные плоскости (при разбивке окружности на 8 частей), в которых подсчитываются биения отдельных компонентов линии вала - (при разбивке окружности на 12 частей наименование плоскостей изменится: I-VII, II-VIII и т.д.);

I_r – показания приборов, регистрирующих биение линии вала в зоне генераторного подшипника (верхнего);

I_d – показания приборов, регистрирующих биение по зеркальной поверхности диска подпятника;

I_ϕ – показания приборов, регистрирующих биение линии вала по фланцу вала;

I_t – показания приборов, регистрирующих биение линии вала в зоне турбинного подшипника;

$\Delta_\phi = I_\phi - I_r$ – отклонения фланца вала с учетом перемещения в генераторном подшипнике;

$\Delta_t = I_t - I_r$ – отклонения шейки вала в зоне турбинного подшипника с учетом перемещения в генераторном подшипнике;

$\delta_d = I_{d\ n} - I_{d\ (n+IV)}$ – биение (размах) зеркальной поверхности диска подпятника в четырех диаметральных плоскостях, где n - от I до IV;

$\delta_\phi = \Delta\phi_n - \Delta\phi_{(n+IV)}$ – радиальное биение (размах) фланца вала, где n - от I до IV;

$\delta_t = \Delta t_n - \Delta t_{(n+IV)}$ – радиальное биение (размах) шейки вала в зоне турбинного подшипника, где n - от I до IV;

$\delta_t/2; \delta_\phi/2$ – смещение бьющей точки от оси вращения;

l – расстояние между верхним генераторным подшипником и рассматриваемым сечением (l_t и l_ϕ);

D – диаметр расположения на зеркальной поверхности диска подпятника регистрирующего биение прибора;

D_d – диаметр диска подпятника;

$D_{окр.б}$ – диаметр окружности регулировочных болтов сегментов;

K – излом линии вала;

f – зазор (на диаметр) в турбинном подшипнике;

ε – уклон, мм/м.

4 Общие технические требования к центровке гидроагрегатов

4.1 Общие положения

4.1.1. Основные требования к методам контроля и оценки центровки вертикальных гидроагрегатов, включая ротор гидротурбины и гидрогенератора, установлены СТО 17330282.27.140.001-2006.

4.1.2. Общие технические условия к выполнению операций по центровке гидроагрегата установлены СТО РусГидро 02.03.70-2011 (подраздел 5.9) и СТО РусГидро 02.03.69-2011(раздел 5).

4.1.3. Организация и подготовка центровки гидроагрегата при проведении капитального ремонта осуществляются в соответствии с требованиями СТО 02.01.62-2012. В соответствии с номенклатурой и регламентированного объема работ при капитальном ремонте гидротурбины и механической части гидрогенератора должны выполняться следующие операции по проверке центровки и линии вала гидроагрегата:

- проверка и исправление центровки гидроагрегата;
- замер положения вала относительно базовых поверхностей;
- проверка соосности валов;
- проверка излома во фланцевом соединении валов;
- проверка неперпендикулярности генераторного вала и диска подпятника;
- проверка линии вала поворотом ротора на 360°;
- проверка уклона линии вала.

Перечисленные операции выполняются до ремонта гидроагрегата в случае отсутствия данных на момент начала ремонта.

4.1.4. Оценка качества выполнения центровки гидроагрегата установлены Стандартом в соответствии с СТО РусГидро Тепловые и гидравлические электростанции. Методика оценки качества ремонта энергетического оборудования. Основные положения.

4.1.5. Планирование объема работ по центровке гидроагрегата при ремонте гидроагрегата осуществляют на основании данных предыдущих ремонтов, эксплуатационного состояния оборудования, результатов испытаний с измерением вибрации и биения вала, проводимых с целью оценки его состояния.

4.1.6. Для планирования операций по исправлению центровки и линии вала гидроагрегата на начальном этапе ремонта должны быть измерены параметры, характеризующие состояния центровки и линии вала гидроагрегата, и выполнено сравнение полученных результатов с данными формуляров последнего капитального ремонта (в случае первого капитального ремонта

сравнение с данными монтажа). При этом выявляется необходимость устранения неперпендикулярности зеркального диска подпятника, излома валов во фланцевых соединениях, уклона валов.

4.1.7. Выполнение операций по центровке гидроагрегата при выполнении ремонтных работ должно производиться в соответствии с требованиями конструкторской и ремонтной документации, разработанной предприятием-изготовителем оборудования, производителем ремонтных работ и согласованной с заказчиком.

4.1.8. Оценку состояния центровки гидроагрегата производят в соответствии с нормами, приведенными в конструкторской документации, а при ее отсутствии – в соответствии с СТО РусГидро 02.03.70-2011 и СТО РусГидро 02.03.69-2011.

4.1.9. Результаты центровки (измеренные значения параметров) должны быть зафиксированы в соответствующей ремонтной документации (в акте дефектации, в картах измерений – вертикальности турбинного вала, проверки общей линии вала, вертикальности валопровода гидроагрегата после сборки, центровки ротора в статоре гидрогенератора, рабочего колеса гидротурбины в камере рабочего колеса или лабиринтном уплотнении, зазоры в подшипниках, в протоколе послеремонтных испытаний с измерением вибрации и биения вала). Формы документации, применяемой при ремонте, должны соответствовать требованиям СТО РусГидро 02.03.79-2013, СТО РусГидро 02.03.81-2013.

4.1.10. Операции по центровке гидроагрегата при первоначальном монтаже нового гидроагрегата выполняются в соответствии с документацией предприятий-изготовителей гидротурбины и гидрогенератора (инструкция по монтажу гидротурбины, инструкция по монтажу гидрогенератора).

4.1.11. Номенклатура операций по центровке гидроагрегата различна для первоначального монтажа гидроагрегата, для ремонта с разборкой и выемом ротора, для ремонта без выема ротора гидроагрегата, а также зависит от конструктивного исполнения гидроагрегата.

4.1.12. При измерениях по определению и исправлению линии вала, уклона вала и др., необходимо выбирать места установки средств инструментального контроля с учетом сведений завода-изготовителя на обработку деталей гидротурбины и гидрогенератора (валы, втулка подпятника, диск подпятника, надставка вала). Участки поверхностей деталей, по которым производятся измерения, следует выбирать, ориентируясь на требования точности изготовления указанные в чертежах. При ремонтах так же необходимо оценивать степень износа и повреждений поверхностей, по которым производятся измерения, и выбирать для измерений неповрежденные участки. Для установки приборов (индикаторов), при измерении линии вала,

следует выбирать неповрежденные поверхности, для которых в чертежах на обработку указан допуск биения необходимой точности.

4.2 Виды нарушений центровки вертикальных гидроагрегатов

4.2.1. Нарушения центровки гидроагрегата относятся к дефектам механического характера и разделяются на группы:

- нарушения линии вала гидроагрегата;
- нарушение взаимного концентричного положения вращающихся частей гидроагрегата относительно неподвижных;
- отклонения высотного положения ротора относительно статора гидрогенератора, рабочего колеса турбины относительно камеры или фундаментных и закладных частей.

4.2.2. Нарушение общей линии вала относится к наиболее серьезным дефектам изготовления и монтажа. Вызываемые им нерасчетные знакопеременные нагрузки на направляющие подшипники, подпятник и фланцевые соединения валов действуют постоянно при любых режимах работы гидроагрегата и практически не компенсируются.

4.2.2.1 В конструкциях гидроагрегатов с генераторным валом (генераторным и промежуточным валами) основными нарушениями линии вала являются комбинации излома во фланцевых соединениях, несоосности валов и неперпендикулярность зеркала диска подпятника генераторному валу.

4.2.2.2 Для «одновальных» агрегатов (при соединении турбинного вала непосредственно к ступице ротора гидрогенератора) характерными можно считать следующие варианты нарушений линии вала:

- вал надставки генератора имеет излом во фланцевом соединении со ступицей ротора или вал надставки расположен эксцентрично относительно оси ступицы генератора. Вал турбины и ступица расположены соосно, зеркало диска подпятника перпендикулярно оси турбинного вала;
- вал надставка и ступица генератора соосны. Имеется излом во фланцевом соединении турбинного вала со ступицей гидрогенератора, зеркало подпятника перпендикулярно линии вала надставки и ступице ротора гидрогенератора;
- вал надставки, ступица ротора генератора и вал турбины соосны, зеркало диска подпятника неперпендикулярно оси ступицы гидрогенератора;
- несоосность турбинного вала и вала надставки гидрогенератора.

4.2.3. Нарушения взаимного положения вращающихся и неподвижных частей гидроагрегата могут быть следующие:

- эксцентричное расположение относительно вертикальной оси турбинного и генераторных подшипников;
- эксцентричное расположение ротора в расточке статора

гидрогенератора;

- несовпадение магнитных осей (высотного положения) статора и ротора гидрогенератора;
- неконцентричность взаимного расположения корпусов подшипников, подпятника, уплотнений, выгородок маслованн относительно вала;
- эксцентричность расположения рабочего колеса гидротурбины относительно его камеры или лабиринтных уплотнений;
- несовпадение высотного положения рабочего колеса и его камеры.

4.3 Последовательность операций по центровке гидроагрегата при ремонте без полной разборки (без выема ротора)

4.3.1. При ремонте вертикальных гидроагрегатов без разборки валопровода и выема ротора гидрогенератора должны быть выполнены следующие операции:

- проверено состояние линии вала гидроагрегата поворотом на 360°, измерены зазоры между вращающимися и неподвижными частями гидроагрегата, характеризующее состояние центровки, заполнены формуляры (карты измерений) в соответствии с 4.1.9;
- измерены зазоры по отдельным составным частям гидроагрегата: маслоприемнику, уплотнению вала, регуляторному генератору, возбuditелю, генератору, всем направляющим подшипникам и рабочему колесу с занесением полученных данных в соответствующие карты измерений в графу «до ремонта» и «после ремонта»;
- измерены маяки положения шеек вала направляющих подшипников гидроагрегата относительно опорных крестовин;
- определены маяки высотного положения ротора гидроагрегата (диска подпятника относительно стола и рабочего колеса гидротурбины);
- измерен уклон вала гидроагрегата при помощи уровней или струн;
- выполнены работы по исправлению дефектов линии вала и центровки гидроагрегата.

4.4 Последовательность операций по центровке гидроагрегата зонтного исполнения при ремонте с полной разборкой

4.4.1. В случае отсутствия достоверных данных на момент начала ремонта должны быть выполнены следующие работы :

- проверено состояние линии вала гидроагрегата поворотом на 360°, измерены зазоры между вращающимися и неподвижными частями гидроагрегата, характеризующее состояние центровки, заполнены формуляры (карты измерений) в соответствии с п. 4.1.9;
- измерены зазоры по отдельным составным частям гидроагрегата: маслоприемнику, регуляторному генератору, возбuditелю, гидрогенератору,

всем направляющим подшипникам и рабочему колесу с занесением полученных данных в соответствующие карты измерения в графу «до ремонта»;

- удалены прокладки, установленные при предыдущих ремонтах во фланцевые соединения валов и между диском и ступицей подпятника для корректировки линии вала;

- измерены маяки положения шеек вала направляющих подшипников гидроагрегата относительно опорных крестовин;

- определены маяки высотного положения ротора гидроагрегата (диска подпятника относительно стола и рабочего колеса гидротурбины);

- измерен уклон вала гидроагрегата при помощи уровней или струн;

- составлен план работ по исправлению дефектов линии вала и центровки гидроагрегата, предусматривающий при необходимости обработку фланцев на клин на разобранном гидроагрегате.

4.4.2. После выема вращающихся частей должна быть выполнена проверка по струне центровки неподвижных частей гидроагрегата и горизонтальности опорных поверхностей закладных частей.

4.4.3. При сборке гидроагрегата должны быть выполнены:

- выставление вала гидротурбины в вертикальное положение;

- установка опоры подпятника (нижней крестовины) и подпятника с его выверкой;

- установка ротора гидрогенератора на подпятник и регулировка высотного положения ротора гидрогенератора;

- сборка и установка верхней крестовины;

- установка вала надставки гидрогенератора;

- установка и центрирование генераторного подшипника;

- проверка перпендикулярности вала гидрогенератора относительно плоскости подпятника; зазоры в генераторном подшипнике для прокрутки устанавливаются минимально возможными (нулевыми или близкими к нулевым);

- выверка вала гидрогенератора относительно вала гидротурбины с поворотом вала;

- выверка зазоров между ротором и статором гидрогенератора;

- спаривание валов гидрогенератора и гидротурбины;

- центровка вращающихся частей гидроагрегата относительно неподвижных;

- поворот спаренных валов гидроагрегата с рабочим колесом турбины, ротором гидрогенератора и выверка общей линии вала;

- составление итоговых формуляров по линии вала и центровке гидроагрегата;

- регулировка нагрузки на сегменты подпятника и выверка высотного положения ротора гидроагрегата;
- регулировка зазоров в направляющих подшипниках гидроагрегата.

4.5 Последовательность операций по центровке гидроагрегата подвешенного исполнения при ремонте с полной разборкой

4.5.1. Работы по 4.4.1.

4.5.2. Работы по 4.4.2.

4.5.3. При сборке гидроагрегата должно быть выполнено:

- выставление вала гидротурбины в вертикальное положение;
- сборка и установка нижней крестовины гидрогенератора;
- установка ротора гидрогенератора на тормоза;
- установка подпятника на опорной верхней крестовине и его выверка;
- установка втулки подпятника на вал гидрогенератора;
- регулировка высотного положения ротора гидрогенератора;
- установка и центрирование верхнего генераторного подшипника;
- проверка перпендикулярности вала гидрогенератора относительно плоскости подпятника; зазоры в генераторном подшипнике, расположенном ближе к подпятнику, для прокрутки устанавливаются минимально возможными;
- выверка вала гидрогенератора относительно вала турбины с поворотом вала;
- выверка зазоров между ротором и статором гидрогенератора;
- спаривание валов гидрогенератора и гидротурбины;
- центровка вращающихся частей гидроагрегата относительно неподвижных;
- выверка общей линии вала; поворот спаренных валов гидроагрегата с рабочим колесом гидротурбины, ротором гидрогенератора;
- составление итоговых формуляров по линии вала и центровке гидроагрегата;
- регулировка нагрузки на сегменты подпятника и выверка высотного положения ротора гидроагрегата;
- регулировка зазоров в направляющих подшипниках гидроагрегата.

5 Технические требования к выполнению операций по проверке центровки и устранению ее дефектов

5.1. Проверка общей линии вала, шеек подшипников, фланцев и фланцевых соединений, контрольных поясков, защитных облицовок, штанг маслоприемника и их направляющих должна производиться с учетом следующих требований:

- проверка линии вала гидроагрегата должна производиться в соответствии с настоящим Стандартом;
- проверка линии вала гидроагрегатов с подпятниками на гидравлической опоре должна производиться в соответствии требованиями конструкторской документации и в соответствии с п.6.4;
- контрольная проверка линии вала в целях ее исправления должна производиться только после удаления из фланцевых соединений всех временных прокладок;
- проверку общей линии вала гидроагрегата следует проводить путем поворота ротора с одним установленным с минимально возможным зазором для поворота подшипником гидрогенератора, наиболее близко расположенным к подпятнику; наличие излома линии вала и величины биения контролируют приборами измерения линейных перемещений (далее – приборы). Допускаемое биение валов и места замеров приведены в таблице 1;

Во всех случаях, независимо от допускаемого относительного биения вала, величина абсолютного биения вала у турбинного подшипника при проверке поворотом ротора гидроагрегата на подпятнике не должна превышать 0,4 мм для гидроагрегатов с частотой вращения до 250 об/мин и 0,3 мм для гидроагрегатов с частотой вращения более 250 об/мин.

5.2. Базой для центровки гидроагрегата является выставленный в вертикальное положение вал гидротурбины с присоединенным рабочим колесом. Рабочее колесо при этом должно быть отцентрировано относительно камеры рабочего колеса (для РО-гидротурбин относительно лабиринтного уплотнения и фундаментного кольца). Вертикальность положения турбинного вала достигается регулировкой длин подвесок рабочего колеса ПЛ-гидротурбин в камере, для РО-гидротурбин регулировка осуществляется при помощи прокладок или клиньев под ободом рабочего колеса.

Таблица 1 - Допуски на биение вала гидроагрегата при проверке поворотом ротора агрегата

Характер биения вала	Место замера	Допускаемое биение вала, при частоте вращения гидроагрегата			
		до 100 об/мин	до 250 об/мин	до 375 об/мин	до 500 об/мин
Относительное биение вала гидротурбины*, мм/м	Шейка вала у турбинного подшипника	0,05	0,05	0,04	0,03
Относительное биение вала гидрогенератора**, мм/м	Фланец вала генератора	0,03	0,03	0,02	0,015
Абсолютное биение надставки вала генератора, мм	Посадочная шейка для якоря возбуждателя	0,3	0,2	0,15	0,15
* Относительное биение вала гидротурбины – отношение амплитуды биения вала у турбинного подшипника к расстоянию между отметками измерения биения у турбинного подшипника и генераторного подшипника, относительно которого подсчитывается					

абсолютное биение вала гидротурбины.

** Относительное биение вала гидрогенератора - отношение амплитуды биения вала у фланца генераторного вала к расстоянию между отметками измерения биения у фланца генераторного вала и генераторного подшипника, относительного которого подсчитывается абсолютное биение фланца.

5.3. Проверка вертикального положения турбинного вала осуществляется по струнам или уровню с ценой деления не более 0,02 мм/м.

5.3.1. С верхнего фланца турбинного вала опускаются четыре струны в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Струны должны быть электроизолированы от вала. Проволоку для струн применяют калиброванную стальную диаметром от 0,3 до 0,5 мм. Для придания струнам вертикального положения к ним подвешиваются грузы. Соответствующий груз для проволоки этих диаметров от 6 до 15 кг. Для уменьшения времени колебаний струн от касания грузы погрузить в открытую емкость с турбинным маслом.

Струны рекомендуется подвешивать на одинаковых расстояниях от вала, чтобы в процессе замеров в одной горизонтальной плоскости не изменять величину набора микрометрического нутромера.

5.3.2. Вертикальность положения вала определяется замером расстояний между струнами и валом в двух горизонтальных плоскостях, разница уровней между которыми должна быть наибольшей в пределах возможного.

5.3.3. Для выявления эллипсоидности поверхности и внесения соответствующих корректив в результаты измерений по струне, диаметры всех приводимых к соосности расточек замеряются микрометром на скобе, соответствующего диаметра, в двух взаимно перпендикулярных направлениях ориентированных по осям гидроагрегата.

5.3.4. Результаты измерений расстояний от вала до струн записывают в таблицу, приведенную в карте измерений в соответствии с А.1 (Приложение А), а затем обрабатывают для определения положения турбинного вала.

5.3.5. Допустимая погрешность измерений при сопоставлении замера в восьми точках – не более 0,04 мм.

$$\{[(a_1 + b_1) + (c_2 + d_2)] - [(c_1 + d_1) + (a_2 + b_2)]\} \leq 0,04 \quad (5.1)$$

Величины отклонений вала δ_x и δ_y от вертикали в плоскости X-X и Y-Y определяется из соотношений:

$$\delta_x = [(a_2 - b_2) - (a_1 - b_1)]/2 \quad (5.2)$$

$$\delta_y = [(c_2 - d_2) - (c_1 - d_1)]/2, \quad (5.3)$$

где «а» и «b» – замеры в плоскости X-X;

«с» и «d» – замеры в плоскости Y-Y.

Направление отклонения вала определяется знаками при величинах δ_x и δ_y .

Абсолютная величина отклонения:

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \quad (5.4)$$

Величина отклонения на 1 м длины вала не должна превышать 0,02 мм, т.е.

$$\varepsilon = \delta / l \leq 0,02 \text{ мм/м}, \quad (5.5)$$

где l – расстояние между плоскостями замеров.

5.4. После окончания центровки ротора гидротурбины и фиксации рабочего колеса относительно неподвижных частей, необходимо определить величину подъема ротора гидротурбины. Эта величина определяется из расчета, что после подъема рабочее колесо должно находиться на проектной отметке.

5.5. Проверка биения вала и диска пяты гидрогенератора.

5.5.1. Биение вала гидрогенератора проверяется приборами путем вращения вала гидрогенератора на подпятнике с одним подшипником, расположенным наиболее близко к подпятнику. Сегменты генераторного подшипника устанавливаются с минимально возможным для прокрутки зазором. При этих условиях относительное биение вала гидрогенератора на образующих его фланца допускается в пределах, указанных в таблице 1. Результаты проверки биения вала гидрогенератора вносят в карты измерений.

5.6. Прицентрирование вала гидрогенератора к валу гидротурбины:

5.6.1. Прицентрирование вала гидрогенератора к валу гидротурбины осуществляют после выверки вала гидрогенератора (приведение уклона и неперпендикулярности в подпятнике к нормативным значениям).

5.6.2. Базой для прицентрирования вала гидрогенератора является выставленный в монтажное положение фланец отцентрированного и выверенного вала гидротурбины.

5.6.3. Для совмещений отверстий под соединительные болты вал гидрогенератора вместе с ротором проворачивают краном, горизонтальные и вертикальные перемещения производят с помощью сегментов подпятника и подшипника.

5.6.4. Вал гидрогенератора должен быть прицентрирован к валу гидротурбины так, чтобы сопрягаемые плоскости их фланцев были между собой параллельны, а образующие фланцев концентричны. Допускаемые отклонения на прицентрирование приведены в таблице 2. Прицентрирование вала гидрогенератора должно производиться при совмещенных заводских

метках на фланцах обоих валов. Результаты прицентрирования заносятся в карту измерений в соответствии с А.2 (Приложение А).

5.7. Соединения валов гидротурбины и гидрогенератора производить в соответствии с указаниями заводов-изготовителей гидротурбины и гидрогенератора.

Таблица 2 Допустимые отклонения вала гидрогенератора при прицентрировании его по валу гидротурбины.

Характер отклонения	Место замера	Допустимое отклонение, мм
Смещение оси вала генератора относительно вала гидротурбины	По образующим фланца валов	до 0,1
Непараллельность сопрягаемых плоскостей фланцев валов при диаметре фланца, мм:		
до 1000		0,03
до 1500		0,04
2000 и более		0,05
Совмещение отверстий во фланцах валов для соединительных болтов	Внутренние поверхности отверстий во фланцах валов	0,10

5.8. Проверка общей линии валов методом поворота ротора гидроагрегата на 360°. Инструктивные указания по проверке представлены в 6.1.

5.9. При полной разборке гидроагрегата проверка по струне центровки его неподвижных частей и, при необходимости, приведение к соосности всех расточек. Соответствующие требования приведены в 6.3.

5.10. Устранение неперпендикулярности зеркального диска подпятника и излома линии валов во фланцах с последующей перепроверкой общей линии валов.

5.11. Проверка уклона валов; устранение уклона. Соответствующие требования для гидроагрегатов с подпятниками на жесткой опоре приведены в 6.2.

5.12. Центровка неподвижных частей гидроагрегата (расточки под направляющие подшипники, статор гидрогенератора и пр.) предварительно выполняется относительно ротора и подтверждается результатами его поворота на 360°.

6 Технологические требования к проверке центровки и устранению ее дефектов

Проверка центровки должна производиться в следующих случаях:

- при проведении капитального ремонта;
- при возникновении вибраций, связанных с повышенными биениями вала;
- при замене или ремонте с разборкой звеньев валопровода гидроагрегата.

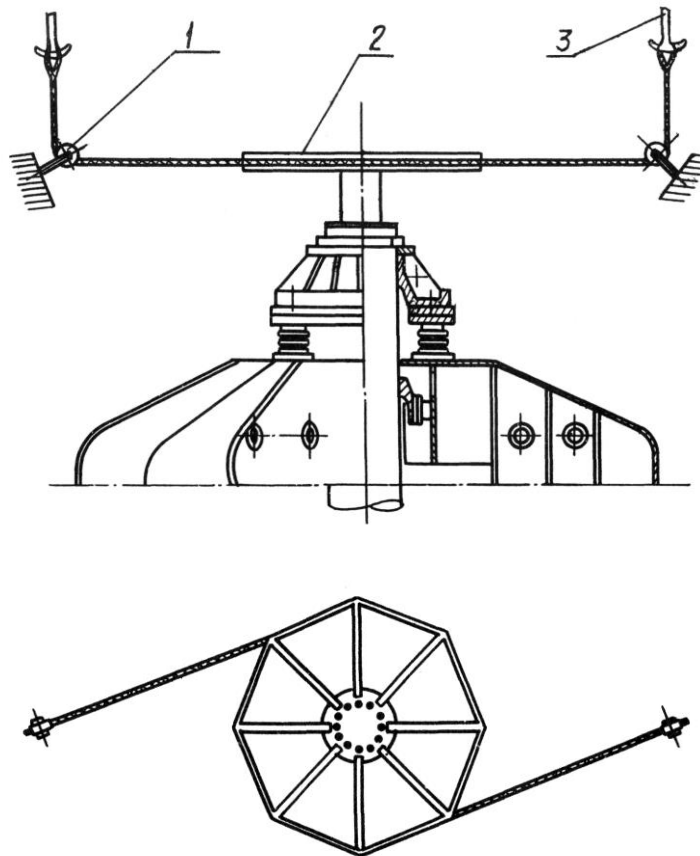
6.1. Проверка общей линии валов методом поворота ротора на 360°

6.1.1. Метод позволяет проверить перпендикулярность зеркального диска подпятника к оси агрегата и излом линии вала во фланцевых соединениях. Метод применим для всех типов исполнения гидроагрегатов. Поворот ротора на 360° позволяет проверить положение ротора гидроагрегата относительно неподвижных частей (рабочее колесо – камера рабочего колеса, ротор - статор гидрогенератора, вал – корпуса подшипников (выгородки, уплотнения). Операции по измерению зазоров между этими частями могут быть совмещены с измерениями по определению линии вала гидроагрегата.

6.1.2. Методы поворота роторов гидроагрегатов.

В качестве основного способа поворота ротора гидроагрегатов рекомендуется «крановый» способ при помощи троса, пропущенного через один или два блока и застропленного за специальные приливы на спицах ротора генератора; в процессе поворота трос последовательно перестропливают. Для небольших гидроагрегатов указанный трос может быть навит на специальный сварной барабан, прикрепленный к верхнему торцу генераторного вала приведенного на рисунке 3. Возможно также использование других способов поворота ротора.

На рисунке 4 показан простейший способ поворота ротора краном. Недостаток его в несимметричности прилагаемого усилия относительно центра ротора, приводящего к обязательному боковому смещению ротора в пределах зазора в направляющем подшипнике. На рисунке 5 представлен способ симметричного поворота, свободный от указанных недостатков и предпочтительный для поворота агрегатов с подпятниками на гидравлической опоре.



1- блок; 2- приспособление для поворота ротора; 3 - гак мостового крана

Рисунок 3 - Схема поворота ротора гидроагрегата

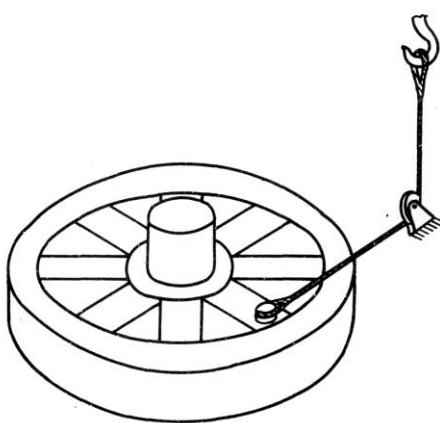


Рисунок 4 - Несимметричный способ поворота ротора гидроагрегата

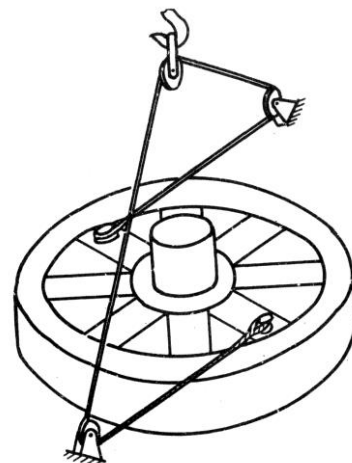


Рисунок 5 - Симметричный способ поворота ротора гидроагрегата

6.1.3. В качестве смазки сегментов баббитового направляющего подшипника и подпятника следует применять:

- для легких роторов – свиное несоленое топленое сало;

- для тяжелых – бараний и говяжий жир, смесь свиного топленого сала с хорошо просеянным серебристым графитом.

При температуре воздуха в машинном зале выше 20°C целесообразно ввести в животный жир порошок дисульфида молибдена (MoS_2).

В качестве смазки ЭМП-сегментов подпятника можно использовать турбинное масло. Для смазки сегментов перед каждым поворотом гидроагрегат поднимается на тормозах и в образовавшийся зазор между зеркальным диском подпятника и поверхностью сегмента при помощи масленки подается турбинное масло.

6.1.4. Подготовительные работы.

6.1.4.1. Разобрать все направляющие подшипника гидроагрегата, за исключением одного, наиболее близко расположенного к подпятнику; в оставшемся подшипнике следует установить минимальные зазоры для уменьшения боковых перемещений ротора при его поворотах.

6.1.4.2. Подготовить к применению следующее:

- такелаж для поворота ротора краном;
- смазку по 6.1.3;
- бесконтактные приборы дистанционного измерения биения или индикаторы со штативами – по одному на каждое фланцевое соединение валов, шейку турбинного вала, зеркальную поверхность диска подпятника (для агрегатов с подпятниками на гидравлической опоре), а также на каждую шейку генераторного вала.

6.1.4.3. Разметить окружность вала на восемь равных частей (Крупногабаритные роторы размечаются на 12 частей) и нанести через каждые 45° риски мелом или белой масляной краской на втулку подпятника или непосредственно на ротор генератора.

Риски нумеруются от I до VIII против направления вращения ротора; при этом точка I ориентируется по какой-либо детали ротора (чаще всего по нумерованным полюсам). В этом случае угол поворота отсчитывается по числу полюсов ротора генератора, приходящихся на 1/8 часть окружности.

6.1.4.4. Установить приборы (индикаторы), регистрирующие биение отдельных компонентов ротора агрегата, согласно схеме приведенной в А.3 (Приложение А). Прибор (индикатор), регистрирующий торцевое биение зеркального диска, устанавливается между сегментами подпятника в одной вертикальной плоскости со всеми остальными приборами на расстоянии около 50 мм от наружного края диска.

Правила установки приборов следующие:

- приборы устанавливаются перпендикулярно натяжению троса;
- штатив приборов закрепляется надежно и не должен смещаться;
- при измерении индикатором натяг измерительного стержня

подбирается так, чтобы большая стрелка ориентировалась на "нуль", а малая находилась в середине шкалы; в этом случае индикатор будет иметь возможность отсчитывать показания на "плюс" и на "минус". Движение вала на индикатор записывается со знаком "плюс", от индикатора со знаком "минус".

6.1.4.5. Произвести пробный поворот ротора, уделяя особое внимание отсутствию его задеваний за неподвижные части агрегата, что выражается в плавном изменении показаний приборов. Операция заканчивается подведением точки I ротора к выбранному месту начала отсчета (контрольная метка на статоре генератора).

6.1.5. Измерение и обработка полученных данных.

6.1.5.1. Произвести поворот ротора гидроагрегата с остановами в каждой точке разметки по окружности, снятием показаний всех приборов, регистрирующих биение отдельных компонентов ротора, и записью результатов в карту измерения согласно А.3 (Приложение А). При каждом останове ротора обязательно следует ослабить натяжение тягового троса, для устранения бокового смещения. Поворачивание ротора заканчивается при возвращении точки I в исходное положение.

Если показания приборов (индикаторов) вернулись к нулю или разница показаний прибора у шейки турбинного подшипника (фланца генераторного вала) и прибора у генераторного подшипника с установленным минимальным для поворота зазором не превышает погрешности измерений, считается, что замеры выполнены правильно. Если же разница показаний приборов превышает величину погрешности измерений, замеры необходимо повторить, так как приборы по какой-то причине сбились. Рекомендуемая величина допустимого отклонения 0,02 мм.

6.1.5.2. Рекомендуются повторять замеры даже при правильном их выполнении. Практика показывает, что повторенные подряд замеры наиболее верны для дальнейших действий по центровке и что еще более точные результаты достигаются установкой двух приборов под углом 90° друг к другу в каждой плоскости.

Наиболее точны для дальнейших расчетов такие результаты, когда показания приборов по точкам при двух последовательных проверках одинаковы или отличаются не более чем на величину от 0,02 до 0,03 мм.

6.1.5.3. Осуществить подсчет биений зеркального диска подпятника и шейки турбинного вала не менее чем в четырех диаметральных плоскостях согласно зависимостям, приведенным в таблицах в А.3 (Приложение А). Полное биение зеркальной поверхности диска не должно превышать 0,08 мм для однорядных, 0,12 мм – для двухрядных и гидравлических подпятников; биение шейки турбинного вала не должно превышать величины суммарного (на диаметр) зазора f в турбинном подшипнике в соответствии с 5.1. Пример

подсчета биений представлен в А.3 (Приложение А).

6.1.5.4. В случае наличия выходящей за пределы допустимого хотя бы одной из указанных величин построить график состояния линии валов в четырех диаметральных плоскостях приведенных на рисунке 6.

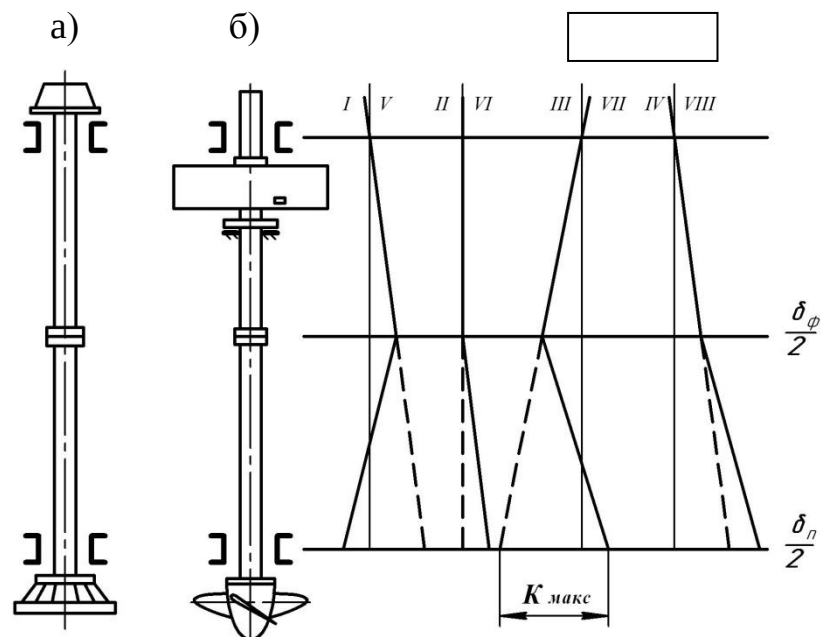
График строится в двух масштабах: длина вала l - в уменьшенном, смещение вала от оси вращения $\delta/2$ - в увеличенном.

У осевых линий вала сверху ставится наименование плоскости; положение цифр наименования плоскости относительно оси позволяет ориентировать на графике направление бьющей точки.

Продолжив геометрические линии вала генератора за фланцевые соединения (на графике - пунктиром), можно по масштабу снять расхождение "К" осевых линий валов на длине $l_T - l_\Phi$ турбинного вала.

Наибольшая величина $K_{\max}$ из всех плоскостей является расчетной для исправления излома в данном фланцевом соединении и указывает плоскость направления излома.

Конкретный пример проверки линии валов приведен в А.3 (Приложение А).



а) гидрогенератор подвесного типа, б) гидрогенератор зонтичного типа

Рисунок 6 - Пример построения графика состояния линии вала для гидроагрегата с гидрогенератором

6.2. Проверка уклона валов

6.2.1. Проверка уклона валов производится непосредственно вслед за проверкой общей линии валов после устранения неперпендикулярности зеркального диска подпятника и излома валов во фланцах.

6.2.2. Стандарт детально не рассматривает широко известную в монтажной практике проверку уклона и определения линии вала гидроагрегата по четырем струнам из-за ее значительной трудоемкости. При применении данного метода требуется руководствоваться общими требованиями 5.3.

6.2.3. Для проверки уклона могут использоваться микрометрические брусковые или рамные уровни с базой 200 или 250мм и ценой деления не более 0,02мм. Требования к измерениям и пример использования микрометрического уровня приведены в Приложении А.4 (Приложение А)

6.3. Центровка неподвижных частей гидроагрегата

6.3.1. При ремонте без выемки ротора гидроагрегата:

6.3.1.1. Произвести измерение радиальных зазоров между:

- ротором и статором генератора;
- якорем и магнитной системой возбуждителя;
- ротором и статором регуляторного генератора;
- штангами и втулками маслоприемника;
- корпусами подшипников гидроагрегата и валом;
- выгородкой масляной ванны подпятника и валом;
- подвижными и неподвижными гребенками лабиринтных уплотнений вала турбины;
- между камерой рабочего колеса и его лопастями или между подвижными и неподвижными кольцами лабиринтных уплотнений рабочего колеса турбины;
- деталями уплотнения вала.

6.3.1.2. В случае проведения наплавочных работ по рабочему колесу и его камере, при замене лопастей, а также отсутствии данных по предыдущим измерениям повторить измерения при повороте ротора агрегата на 360° с остановами через каждый полюс генератора для проверки формы ротора и статора генератора, а также рабочего колеса и камеры или зазоров по лабиринтным уплотнениям. Устранить дефекты формы.

6.3.1.3. Выполнить сравнение диаметрально противоположных зазоров между неподвижными и вращающимися частями гидроагрегата. В случае несоответствия величины разброса зазоров конструкторской документации, определить величину и направление необходимого смещения неподвижных частей гидроагрегата относительно вращающихся. Величина смещения неподвижных частей равна половине разности максимального и минимального зазоров; направление - в сторону минимального зазора.

6.3.1.4. При выполнении центровки ротора относительно статора гидрогенератора следует руководствоваться СТО 17330282.27.140.001-2006 (п.9.4.4.).

6.3.1.5. Перемещением ротора гидроагрегата на подпятнике окончательно отцентрировать рабочее колесо ПЛ-гидротурбины по камере рабочего колеса, РО-гидротурбины по нижнему и верхнему лабиринтному уплотнению. Величина зазоров по верхнему и нижнему лабиринтному уплотнению РК заносится в карту измерений.

6.3.1.6. Базой для центрирования уплотнения вала турбины, ванн и их выгородок сегментных турбинных подшипников, корпусов кольцевых подшипников служит вал турбины.

6.3.1.7. Регулировки зазоров по сегментам масляного турбинного подшипника осуществляются относительно вала турбины. Генераторный подшипник при этом зафиксирован в маяках.

6.3.1.8. При опускании корпуса кольцевого турбинного подшипника на посадочное место необходимо контролировать при помощи двух приборов, расположенных под 90° друг к другу, смещение турбинного вала и при необходимости произвести перештифтовку корпуса турбинного подшипника.

6.3.2. При ремонте с выемкой ротора гидроагрегата

6.3.2.1. Подвесить внутри неподвижных частей агрегата отвес - стальную струну с грузом, опущенным в ведро с вязким маслом, и отцентрировать ее по оси камеры или неподвижного лабиринтного кольца с точностью от 0,2 до 0,5 мм.

6.3.2.2. Измерить нутромером расстояния внутренних поверхностей (неподвижных частей) от струны в четырех направлениях: -х, +х, -у, +у, совпадающих с осями агрегата. Пример представления результатов измерений приведен в А.6 (Приложение А).

6.3.2.3. Произвести совмещение осей неподвижных частей с общей осью гидроагрегата посредством перемещения деталей или корпусов. После закрепления (фиксации) сдвинутых деталей производится повторная проверка их соосности.

6.4. Особенности выполнения центровки на гидроагрегатах с подпятником на гидравлической опоре

6.4.1. Произвести проверку линии вала гидроагрегата при минимальных зазорах в направляющих подшипниках обеспечивающих вращение ротора и установкой дополнительного прибора (для метода поворота на 360°) к зеркальной поверхности диска подпятника. Дополнительный прибор должен быть расположен в одной вертикальной плоскости с остальными приборами. Влияние смещенной части веса гидроагрегата из-за неперпендикулярности и излома воспринимается дополнительным прибором как появление биения зеркального диска. Это дополнительное биение и следует учитывать в показаниях основных приборов.

6.4.2. Общее торцовое биение зеркального диска (по его внешнему диаметру) равно

$$\delta_n = \left(\frac{\delta_D}{D} + \left| \frac{\delta_\phi}{2 \cdot \ell_\phi} \right| \right) \cdot D_D \quad (6.1)$$

при условии отсутствия волнистости рабочей поверхности диска.

Характерным для гидроагрегатов с подпятником на гидравлической опоре следует признать несовпадение показаний приборов после поворота ротора на 360° , в частности невозврат к нулю биения в точке I. Указанное явление имеет место из-за перераспределения соотношения радиальных биений фланца вала и торцевых биений зеркального диска после первого протяжения краном.

Поэтому при подсчетах биений отдельных компонентов линии вала по 6.1.5.3 следует оперировать данными по точке I в самом конце поворота, а не нулевыми в начале отсчета.

6.4.3. Выверка линии вала гидроагрегата производится в соответствии с инструкцией по монтажу заводов-изготовителей гидротурбин и гидрогенераторов и с учетом данных измерений, рекомендованных данным разделом. При прокрутке гидроагрегата с гидравлическим подпятником, для смазки сегментов резинового турбинного подшипника используется вода, тальк.

6.4.4. После выполнения работ по исправлению линии вала гидроагрегата произвести окончательную проверку вертикальности вала по струнам или при помощи уровней. Уклон валов гидроагрегатов с подпятниками на гидравлической опоре проверяется в собранных подшипниках с минимально возможными зазорами.

6.5. Особенности выполнения центровки гидроагрегатов с безвальным исполнением гидрогенератора

6.5.1. Биение шейки турбинного вала и шейки вала надставки гидрогенератора может быть вызвано изломом во фланцевых соединениях с втулкой ротора, неперпендикулярностью плоскости диска зеркала подпятника к оси вращения, несоосностью вала турбины и надставки относительно оси вращения.

6.5.2. При сборке гидроагрегата центровка заключается в достижении параллельности фланцев втулки ротора гидрогенератора и вала гидротурбины. Затем вал надставки гидрогенератора присоединяется к втулке ротора, и проверяется линия вала гидроагрегата поворотом на 360° .

При этом должно быть обеспечено совпадение оси генераторного и турбинного подшипников. Внесение искусственного излома для обеспечения

допустимого биения вала при прокрутке во фланцевых соединениях вала надставки гидрогенератора, турбинного вала и втулки ротора не допускается.

6.5.3. В дополнении к контролю радиальных биений вала у направляющих подшипников и зеркального диска подпятника гидрогенератора с безвальной конструкцией ротора также необходимо по возможности производить измерение биения линии в следующих горизонтальных плоскостях: по обработанному кольцу вала надставки гидрогенератора; по шейке уплотнения масляной ванны подпятника; по контрольному пояску в верхней части турбинного вала.

7 Устранение дефектов центровки

Общие требования к устранению дефектов центровки установлены СТО РусГидро 02.03.70-2011.

Исправление линии вала при ремонте гидроагрегата должно выполняться с учетом следующих требований:

- исправление линии вала должно выполняться шабрением на клин торцевой поверхности фланцев валов и тыльной стороны диска подпятника;
- при исправлении линии вала гидроагрегата должна быть обеспечена равномерность величины зазоров между неподвижными и вращающимися частями гидротурбины и гидрогенератора;
- исправление неперпендикулярности линии вала диску подпятника гидроагрегата шабровкой на клин опорных поверхностей запорного кольца ступицы подпятника не допускается;
- паз кольцевой шпонки, поверхность ступицы в зоне контакта и рабочие поверхности шпонки не должны иметь повреждений;
- разнотолщинность шпонки допускается в пределах, установленных конструкторской документацией;
- устранение повышенного биения вала у турбинного подшипника за счет перемещения фланца надставки из центра вращения или ее наклона не допускается;
- подшипник гидротурбины должен быть прицентрирован относительно вала турбины (шейки), установленного вертикально. Принудительное смещение вала, путем создания дополнительного уклона, для установки подшипника в посадочное место не допускается;
- допускается параллельное перемещение вала гидроагрегата на подпятнике в пределах допустимых отклонений зазора в лабиринтных уплотнениях РО рабочих колес или зазора камера–лопасть для ПЛ гидротурбин. При этом необходимо контролировать равномерность воздушного зазора ротор-статор гидрогенератора, между валами и корпусами (выгородками) подшипников и уплотнений.

7.1. Устранение неперпендикулярности диска подпятника

7.1.1. Дефект устраняется посредством шабрения (шлифования) опорной поверхности втулки подпятника или тыльной стороны диска.

7.1.2. Для гидрогенератора с гидравлической опорой подпятника максимальная толщина сшабриваемого клинового слоя h должна находиться со стороны положительного биения диска и рассчитывается по формуле (7.1):

$$h = \left(\frac{\delta_D}{D} + \left| \frac{\delta_\phi}{2 \cdot \ell_\phi} \right| \right)_{\text{макс}} \cdot D_D \quad (7.1)$$

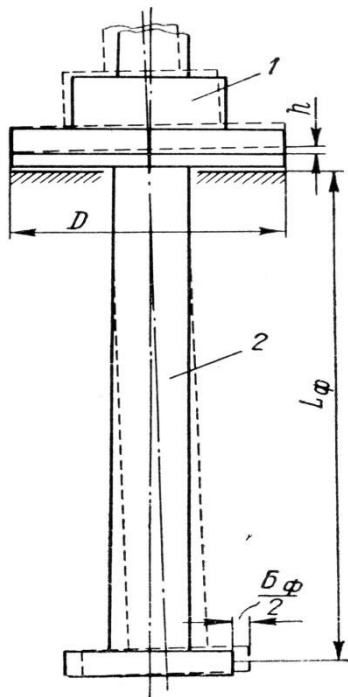
Для подпятника с жесткой опорой, приведенного на рисунке 10, максимальная толщина сшабриваемого клинового слоя h должна находиться со стороны максимального биения фланца вала и рассчитывается по формуле (7.2):

$$h = \frac{D \cdot \delta_\phi}{2 \cdot \ell_\phi} \quad (7.2)$$

7.1.3. Перед операцией по шлифовке клина на втулке или диске подпятника перпендикулярно к плоскости максимального биения наносят равномерно отстоящие одна от другой параллельные линии, приведенные на рисунке 11, вдоль которых вышабривают шабером (мерным керном) маяки такой глубины, при которой их вершины будут лежать на одной плоскости, образующей вместе с первоначальной нешлифованной поверхностью подлежащий снятию клин. Глубину маяков проверяют с помощью прибора установленного на стойке, перемещаемой по плоскости.

7.1.4. Шлифовку выполняют шлифовальными машинками ориентируясь на маяки. Контроль поверхности осуществляется проверочной линейкой (с базой не менее чем внутренний диаметр диска подпятника) и проверочной плитой на краску.

7.1.5. Независимо от способа устранения биения вала после окончательной выверки необходимо проверить макронеровности (волнообразность) на зеркальной поверхности диска. Проверка производится приборами при прокрутке ротора на подпятнике на наружной, средней и внутренней окружности диска подпятника. Приборы устанавливаются между сегментами подпятника. При использовании индикатора, чтобы не повредить рабочую поверхность диска подпятника, на измерительный стержень индикатора надеть бронзовый или фторопластовый наконечник.



1- втулка подпятника; 2- генераторный вал
(пунктиром показано первоначальное
положение вала до сшабривания клина)

Рисунок 10 - Схема для расчета клина,
снимаемого с тыльной стороны диска
подпятника или с опорной плоскости
втулки.

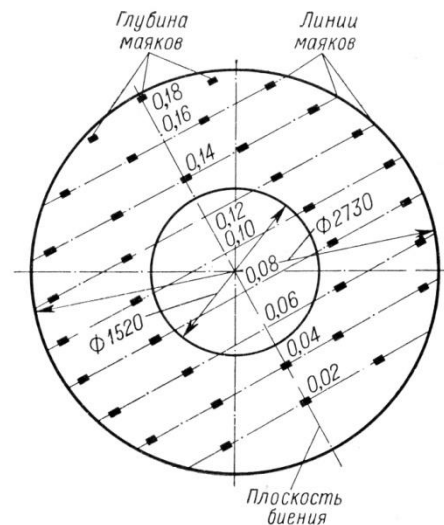


Рисунок 11 - Пример разметки
мест нанесения маяков для
шлифовки клина тыльной
стороны диска подпятника.

7.1.6. При наличии на тыльной стороне зеркального диска или опорной поверхности втулки подпятника изоляционной прокладки, по согласованию с заводом-изготовителем, сшабривание клинового слоя может быть выполнено по свободной поверхности изоляционной прокладки.

7.2. Устранение излома линии валов во фланцах

7.2.1. Дефект устранить посредством шабрения торца одного из фланцев (как правило, нижнего); при этом максимальная высота сшабриваемого клинового слоя h_1 , рассчитывается по формуле (7.3) и должна располагаться со стороны отрицательного отклонения шейки турбинного вала:

$$h_1 = \frac{D_\phi \cdot K_{\max}}{\ell_T - \ell_\phi} \quad (7.3)$$

7.2.2. Установка между фланцами валов клиновой ступенчатой прокладки для устранения излома запрещается.

7.2.3. Устранение влияния излома во фланцевом соединении валов внесением искусственной неперпендикулярности зеркального диска

подпятника не допускается.

7.2.4. При выполнении операций шабрения торца фланца следует руководствоваться требованиями 7.1.3 и 7.1.4.

7.3. Устранение уклона валов

7.3.1. Дефект устранить посредством регулировки высоты отдельных сегментов подпятника согласно схеме на рисунке 12.

На проекции сегментов, перпендикулярной вектору уклона, строится треугольник высот подъема сегментов ($h_1, h_2, h_3, \dots$ и т.д.) с максимальной высотой $h_{\text{макс}} = \varepsilon \cdot D_{\text{окр.Б}}$, расположенной прямо противоположно вектору уклона (в данном случае, максимальный подъем сегмента №2).

Операция заканчивается регулировкой равномерности нагрузки на сегменты подпятника.

7.3.2. При значительной величине уклона линии вала гидроагрегата (более 0,3...0,5мм на метр длины валопровода) для его исправления может потребоваться перемещение корпуса статора гидрогенератора. Решение о необходимости и возможности выполнения этих работ принимается техническим руководителем ГЭС и согласовывается с заводом-изготовителем гидрогенератора.

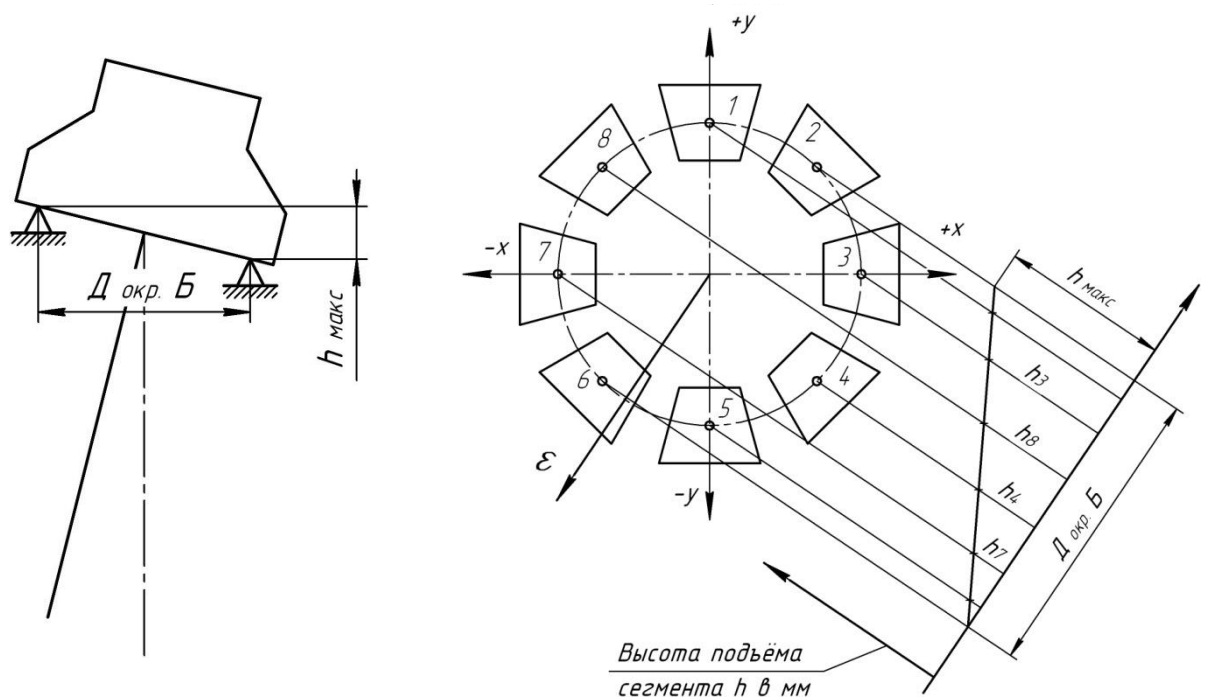


Рисунок 12 - Схема регулировки высоты элементов подпятника для устранения уклона линии валов

7.3.3. Проверку уклона линии вала рекомендуется производить как при осушенной, так и при заполненной проточной части гидроагрегата с увязкой результатов с данными по осадкам строительных конструкций блока.

Выполнение работ по исправлению уклона линии вала гидроагрегата из-за неравномерных осадок гидротурбинного блока должно планироваться и осуществляться при наличии достоверного прогноза изменения осадки блока на ближайший капитальный ремонт.

8 Технические требования к средствам контроля и регистрации при центровке гидроагрегатов

8.1. Средства измерений, применяемые при инструментальном контроле и испытаниях, не должны иметь погрешности, превышающие установленные ГОСТ 8.051 с учетом требований ГОСТ 8.050 и ГОСТ 8.563.

8.2. При инструментальном контроле линейных размеров и зазоров в подшипниках, направляющих и сопрягаемых деталях должны использоваться методики, инструменты и приспособления, рекомендованные инструкцией по ремонту предприятия-изготовителя оборудования и приведенные в приложении Б.

8.3. Применяемые средства измерений должны быть проверены в установленном порядке в соответствии с требованиями СТО 17330282.27.140.001-2006, стандартов СТО РусГидро 02.03.79-2013, СТО РусГидро 02.03.81-2013 и пригодны к эксплуатации.

8.4. Допускается замена средств измерений, предусмотренных в нормативной и технической документации на ремонт, если при этом не увеличивается погрешность измерений и соблюдаются требования безопасности выполнения работ.

8.5. Допускается применение дополнительных вспомогательных средств контроля, расширяющих возможности измерительного контроля испытаний, не предусмотренных в конструкторской документации, если их использование повышает эффективность технического контроля.

8.6. При выполнении центровки гидроагрегата используют средства технического контроля, приведенные в приложении Б.

9 Рекомендации по проверке и выявлению дефектов центровки гидроагрегата при выполнении экспресс-оценки состояния центровки и общей линии вала гидроагрегата при испытаниях

9.1. Биение вала и вибрации опорных конструкций гидроагрегата (крышка турбины, корпус турбинного подшипника, опора подпятника, крестовина, генераторный подшипник) не должны превышать значений, установленных документацией завода изготовителя, СТО 17330282.27.140.001-

2006, СТО17330282.27.140.005-2008 , СТО 17330282.27.140.006-2008 и правилами [1].

9.2. Нарушения линии вала гидроагрегата и несовпадение осей ротора и статора гидрогенератора возможно выявить при проведении эксплуатационных вибрационных испытаний гидроагрегата выполняемых в соответствии с СТО 17330282.27.140.001-2006 (Приложение И). Основным режимом для оценки состояния линии вала является останов гидроагрегата на выбеге, для оценки центровки ротора в статоре гидрогенератора – холостой ход генератора с возбуждением и без возбуждения.

9.3. Неперпендикулярность оси вала генератора к плоскости диска подпятника определяется по наличию вертикальной вибрации корпуса маслованны подпятника (или опоры подпятника) с оборотной частотой в противофазе в двух диаметрально противоположных точках маслованны, а так же противофазе показаний датчиков биения вала, установленных в одной плоскости на валопроводе выше и ниже подпятника. При проведении испытаний дефект определяется качественно. Для определения значения неперпендикулярности требуются измерения при помощи поворота на 360° или по четырем струнам.

9.4. Определение излома во фланцевом соединении валов требует установки датчиков биения вала в одной вертикальной плоскости у направляющих подшипников гидроагрегата и фланца генераторного и турбинного вала. Измерения производятся в режиме останова агрегата на выбеге без торможения на последних оборотах. Величина излома определяется по отношению максимальных амплитуд биения вала в измеряемых точках к расстоянию между ними. Направление излома по максимальной разнице амплитуды (с учетом направления) между измерениями биения вала фланец – турбинный подшипник и фланец - генераторный подшипник. При наличии двух генераторных подшипников – верхнего и нижнего сравниваются величины и направления биения вала у верхнего генераторного подшипника и фланца и по изменению величины и направления амплитуды биения вала по высоте от верхнего генераторного подшипника к нижнему генераторному подшипнику и к фланцу.

9.5. Эксцентричное расположение ротора в расточке статора гидрогенератора определяется при помощи двух датчиков биения вала установленных под 90° у генераторного подшипника по изменению положения центра вращения вала на режиме холостого хода с возбуждением и без возбуждения. При подаче возбуждения центр вращения ротора перемещается в сторону меньшего воздушного зазора в генераторе. Косвенными признаками являются повышенная температура группы сегментов генераторного направляющего подшипника в направлении меньшего зазора, односторонний

износ втулок маслоприемника, повышенная вибрация активного железа статора с частотой 100 Гц в зоне минимального зазора, повышение температуры железа и меди статора, ослабление крепления полюсов и обода ротора гидрогенератора.

9.6. Наличие значительного уклона от вертикальности валопровода гидроагрегата может быть определено по изменению траектории (годографу) движения центра вращения вала у турбинного подшипника при остановках гидроагрегата. При наличии этого дефекта, центр вращения вала будет стремиться занимать на остановленной машине положение в одном направлении из опыта к опыту. Перемещение центра вращения вала определяется при помощи двух датчиков биения вала установленных под 90° .

9.7. Размещение датчиков перемещений, фиксирующих биение вала, при испытаниях должно быть выполнено вдоль линии вала в одной плоскости на неподвижных частях гидроагрегата. У направляющих подшипников устанавливают датчики перемещений под 90° . Для фазирования показаний датчиков должен быть установлен датчик углового положения ротора (отметчик оборотов). Пример установки бесконтактных датчиков биения вала для проведения экспресс оценки состояния линии вала для гидроагрегата зонтичного типа приведен на рисунке 13.

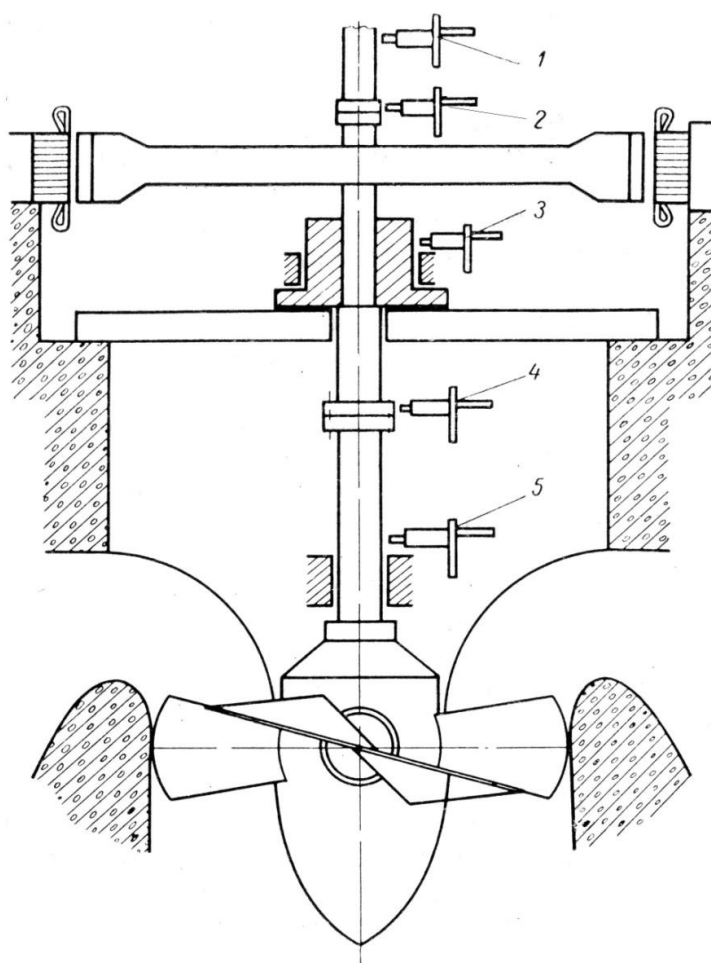


Рисунок 13.

Схема установки бесконтактных датчиков биения вала для проведения экспресс-оценки состояния линии вала при испытаниях

10 Требования к оформлению технической документации по центровке гидроагрегата

10.1. При выполнении центровки следует использовать конструкторскую документацию заводов-изготовителей оборудования (чертежи, инструкции, формуляры, технологические карты и др.). При отсутствии конструкторской документации следует использовать настоящий стандарт, руководящие документы и технологические инструкции общего назначения, разработанные специализированными организациями, а также ранее разработанную ремонтную документацию.

10.2. Результаты центровки гидроагрегата должны быть оформлены в соответствии с требованиями стандартов СТО РусГидро 02.03.79-2013, СТО РусГидро 02.03.81-2013.

11 Требования к обеспечению безопасности

11.1. При выполнении работ по центровке гидроагрегата должны выполняться требования по безопасному производству работ в соответствии с требованиями безопасности, охраны труда и производственной санитарии по ГОСТ 12.1.003, ГОСТ 12.2.003 и правил [2].

11.2. Не допускается выполнение ремонтных работ на узлах и деталях гидроагрегата при выполнении поворота ротора, кроме операций по осмотру железа статора, измерению зазоров между статором и ротором гидрогенератора с заполнением карт измерений (формуляров) и иных работ, непосредственно связанных с центровкой.

11.3. При прокрутке гидроагрегата при помощи крана должны быть обеспечено надежное крепление троса и блока, отсутствие ремонтного персонала в зоне движения троса. Не допускается нахождение персонала на вращающихся частях гидроагрегата, установка лестниц с опорой на валопровод.

11.4. При проведении эксплуатационных испытаний по проверке линии вала и центровки гидроагрегата не допускается установка измерительных датчиков на работающем оборудовании.

11.5. Гидроагрегат должен быть оснащен исправным специальным инструментом для проверки центровки, а также приспособлениями для механизации работ, обеспечивающими удобство и безопасность обслуживающего персонала при выполнении монтажных и ремонтных работ.

11.6. Для выполнения работ по центровке гидроагрегата на основе проекта организации ремонта (ПОР) должен быть разработан проект производства работ кранами машинного зала ГЭС (ППРк). При его разработке следует руководствоваться методическими рекомендациями [3]. ППРк должен

быть в установленном методическими рекомендациями [3] порядке согласован с территориальным органом надзора в области промышленной безопасности.

Приложение А

(рекомендуемое)

Примеры представления информации при выполнении операций по центровке гидроагрегата

А.1. Пример проверки вертикальности турбинного вала при помощи струн

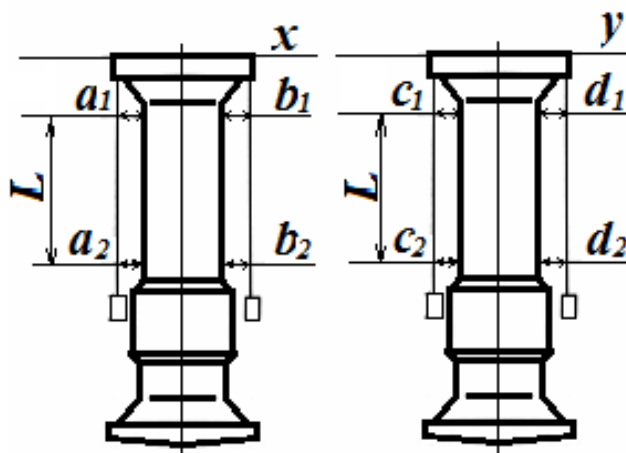
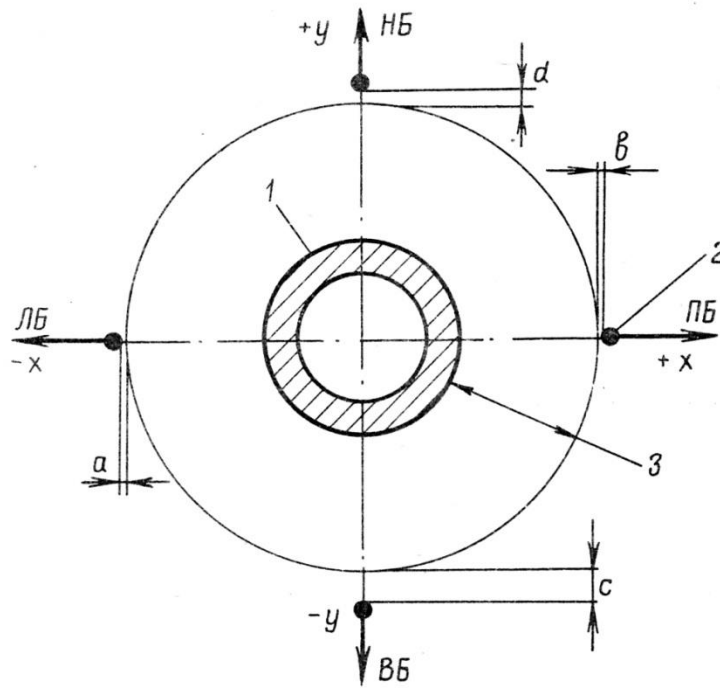


Таблица А.1

Места измерений	-X	+X	-Y	+Y
Верх турбинного вала, мм	$a_1=25,45$	$b_1=20,20$	$c_1=15,16$	$d_1=18,45$
Низ турбинного вала, мм	$a_2=25,31$	$b_2=20,35$	$c_2=15,30$	$d_2=18,31$
Уклон, мм (Направление отклонения вала определяется знаками при величинах δ_x и δ_y)	В плоскости X-X $\delta_x = [(a_2 - b_2) - (a_1 - b_1)]/2$ $\delta_x = -0,29\text{ мм}$		В плоскости Y-Y $\delta_y = [(c_2 - d_2) - (c_1 - d_1)]/2$ $\delta_y = +0,28\text{ мм}$	
Абсолютный уклон, мм	$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2}$		$\delta=0,40\text{ мм}$	
Относительный уклон, мм/м	$\varepsilon = \delta / l \leq 0,02\text{ мм/м}$		$\varepsilon=0,40\text{ мм}/5\text{ м}=0,08\text{ мм/м}$ требуется корректировка положения вала (при неизменном положении нижней части вала, перемещение верха вала на 0,29 мм в сторону ЛБ, на 0,28 мм в сторону НБ)	



1 – сечение вала; 2- струна в плане; 3- нераздвижной набор микрометрического нутромера (нулевой отчет)

Рисунок А.1 - Схема измерения расстояния от троса до струны

А.2. Пример проверки осевой и радиальной центровки по фланцам валов гидрогенератора и турбины относительно фланца турбины (измерение перед спариванием)

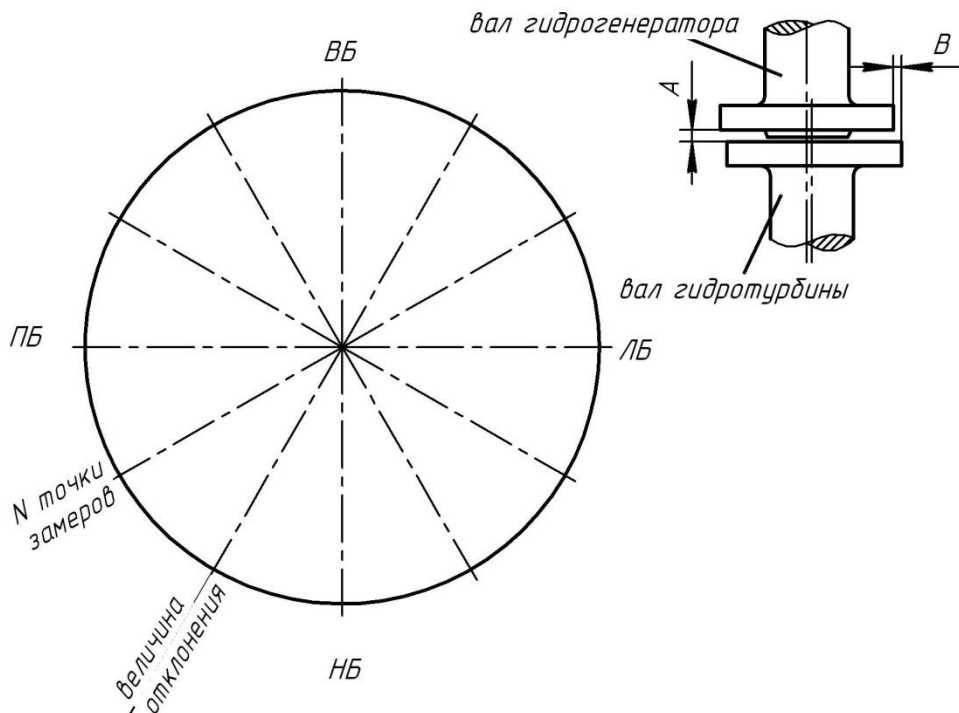


Таблица А.2

Замеры между фланцами валов А			Замеры между фланцами валов В		
№№ точек замеров	Абсол. величина, мм	Отклонение, мм	№№ точек замеров	Абсол. величина, мм	Отклонение, мм
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		

1. Точки замеров нумеровать по часовой стрелке, если смотреть сверху
2. Величина отклонения А не должна быть более 0,01мм
3. Величина отклонения В не должна быть более 0,05мм
4. Первой точкой замера по окружности считать точку, лежащую со стороны нижнего бьефа

А.3 Пример проверки общей линии вала методом поворота ротора агрегата на 360°

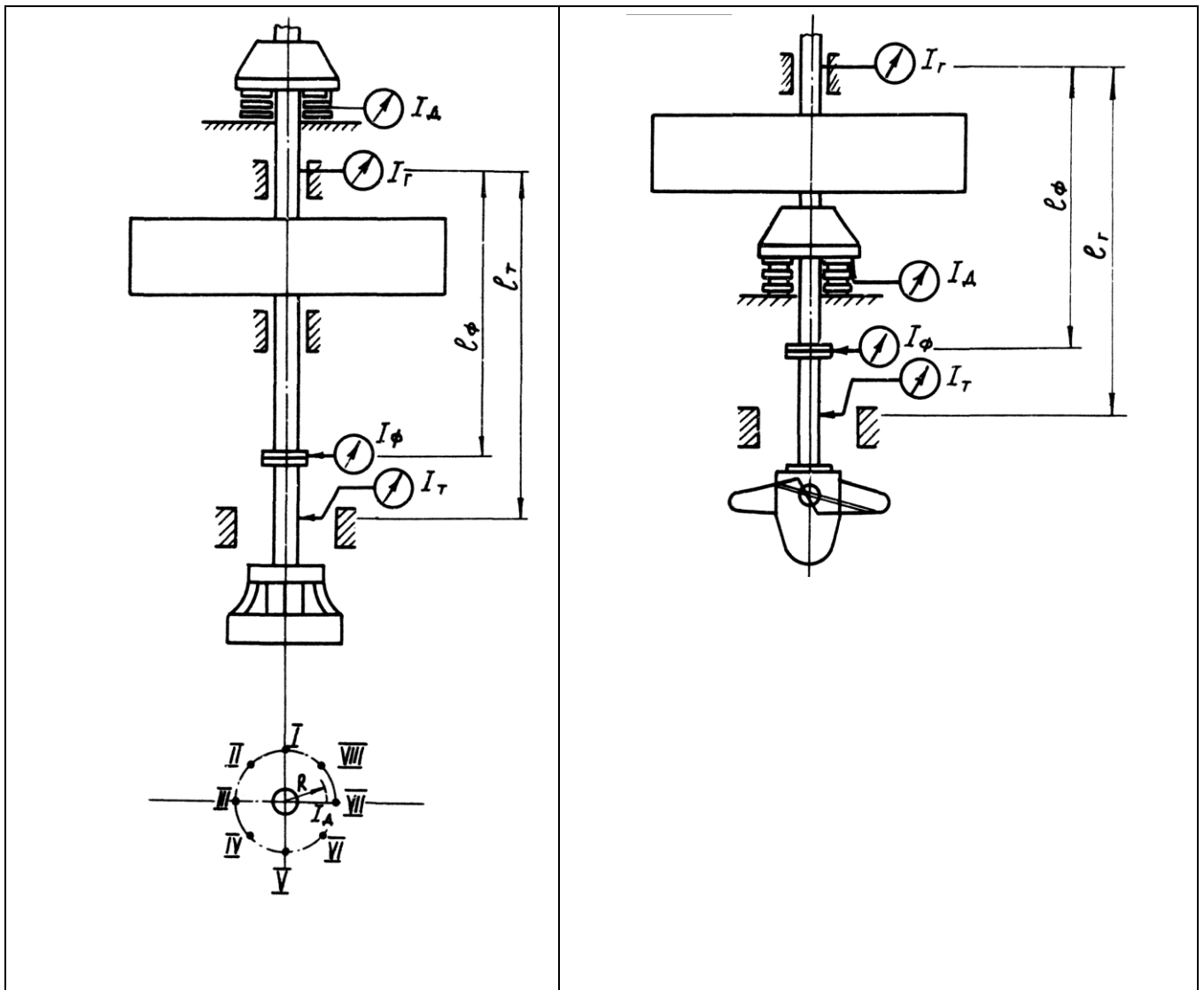


Таблица А.3.1

Обозначение приборов и отклонений вала	Показания приборов, регистрирующих биение и подсчет отклонений в точках по окружности								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I
I _Г	0	+0,02	+0,015	+0,010	+0,010	-0,005	+0,012	+0,028	+0,03
I _Д *	0	-0,08	-0,05	0,00	+0,02	+0,01	+0,03	+0,01	-0,02
I _Ф	0	-0,23	-0,185	+0,04	+0,15	+0,325	+0,212	-0,042	+0,01
I _Т	0	+0,21	+0,35	+0,18	+0,01	-0,23	-0,18	-0,11	+0,07
Отклонения шейки вала в зоне турбинного подшипника $\Delta T = I_T - I_G$	0	+0,19	+0,335	+0,17	0,00	-0,225	-0,192	-0,138	+0,04
Отклонения фланцевого соединения $\Delta \Phi = I_\Phi - I_G$	0	-0,25	-0,20	-0,06	+0,14	+0,33	+0,21	-0,07	-0,02
Максимальное относительное биение вала турбины, мм/м	В плоскости III-VII $e_{T \max} = \delta_{T \max} / l_T = (\Delta T_{III} - \Delta T_{VII}) / l_T = (+0,335 - (-0,192)) \text{ мм} / 12 \text{ м} = +0,527 \text{ мм} / 12 \text{ м} = +0,044 \text{ мм/м} *$								
Максимальное относительное биение вала генератора, мм/м	В плоскости II-VI $e_{\Phi \max} = \delta_{\Phi \max} / l_\Phi = (\Delta \Phi_{II} - \Delta \Phi_{VI}) / l_\Phi = (-0,25 - (+0,33)) \text{ мм} / 8,8 \text{ м} = -0,58 \text{ мм} / 8,8 \text{ м} = -0,066 \text{ мм/м} *$								

* - в данном случае знаки « + » и « - » показывают бой в направлении точек III и VI соответственно.

Таблица А.3.2

Диаметральные плоскости	Биение δ , мм				
	Фланца вала	Шейки турбинного вала	Торцовое зеркального диска для гидроагрегата с подпятником на жесткой опоре	Для гидроагрегата с подпятником на гидравлической опоре	
	$\delta_{\phi} = \Delta_{\phi i} - \Delta_{\phi i+4}$	$\delta_{\tau} = \Delta_{\tau i} - \Delta_{\tau i+4}$	$\delta_n = \frac{\delta_{\phi}}{2 \cdot \ell_{\phi}} \cdot D_D$	Торцовое зеркального диска δ_{∂}	Общее торцовое биение зеркального диска $\delta_n = \left(\frac{\delta_D}{D} + \left \frac{\delta_{\phi}}{2 \cdot \ell_{\phi}} \right \right) \cdot D_D$
I-V	-0,16	+0,04	-	-0,04	-0,077
II-VI	-0,58	+0,415	-	-0,09	-0,22
III-VII	-0,41	+0,527	-	-0,08	-0,17
IV-VIII	+0,01	+0,308	-	-0,01	-0,008

$[\delta_n] \leq 0,12$ Подсчет δ_n произведен при $\ell_{\phi} = 8,8$ м; $l_m = 12$ м; $D = 3,9$ м; $D_D = 4,0$ м; $f = 0,2$ мм для агрегата с подпятником на гидравлической опоре.

$$[\delta_{\tau}] < f$$

В ы в о д: Следует устранить неперпендикулярность зеркального диска в плоскости II-VI и излом валов во фланцах в пл. III-VII.

А.4 Требования к измерениям и пример использования микрометрического уровня для определения уклона линии вала.

А.4.1. Используются брусковые или рамные уровни с базой 200 или 250мм и ценой деления не более 0,02мм

А.4.2. В случае проверки по нерабочей поверхности вала закрепить на генераторном валу (непосредственно над фланцевым соединением) три хомута с расстоянием 350 мм по высоте друг от друга (При едином вале хомуты крепятся непосредственно над турбинным подшипником). Указанное мероприятие осуществляется для осреднения показаний по соответствующим сечениям 1,2,3 приведенным в рис.А.4.1. и ослабления тем самым влияния дефектов профиля по высоте вала. Схема крепления с угольником необходима для брускового уровня. Рамный уровень возможно крепить при помощи хомутов непосредственно к валу.

При проверке по хорошо обработанной поверхности (шейке вала) достаточен один хомут.

А.4.3. Для фиксации мест установки угольника с уровнем нанести на вал в зоне обозначенных сечений 4 вертикальных линии, соответствующие направлениям осей: +х (правый берег); -х (левый берег); +у (ВБ); -у (НБ). Нанести также наименования указанных осей на рисунке 7.

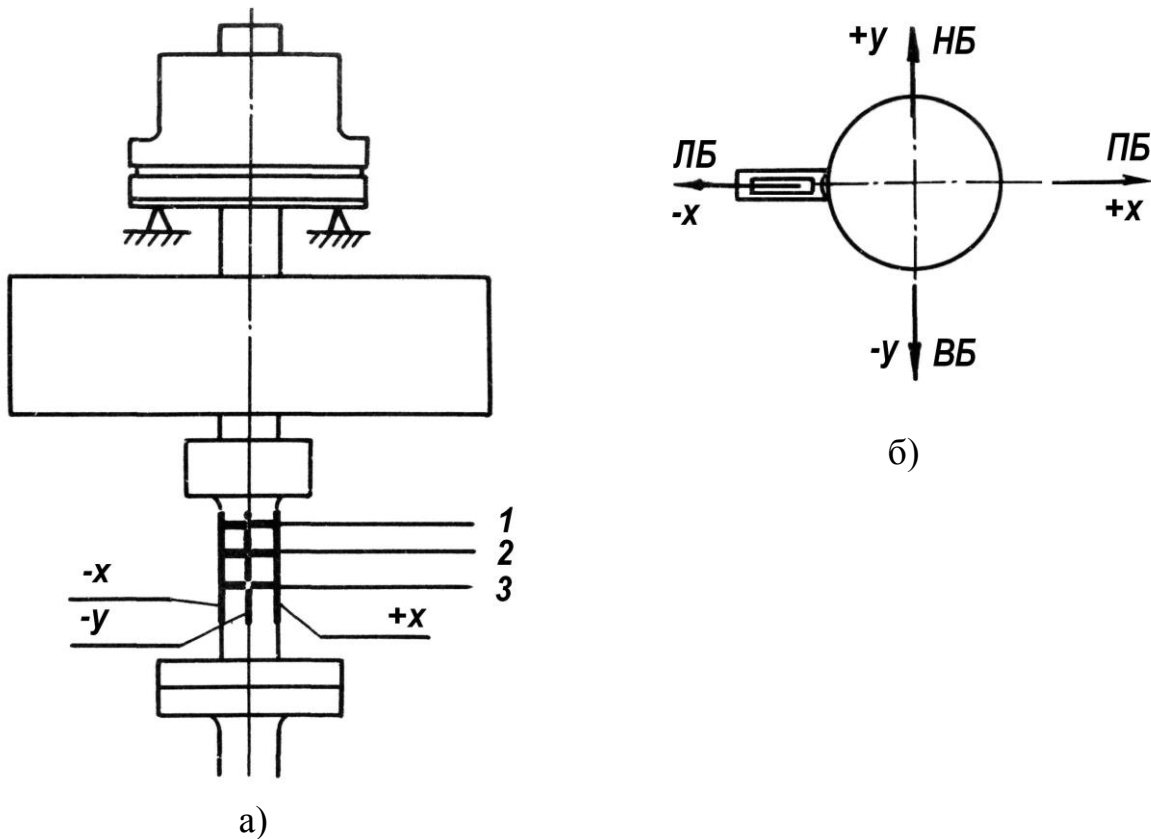
Последующие измерения уклона по каждой из этих осей (т.е. с двух сторон вала) предусмотрены в целях устранения влияния погрешности изготовления прямого угла угольника.

А.4.4. Установить угольник, приведенный на рисунке 8, поочередно на каждый хомут в места его пересечения с обозначенными вертикальными линиями, притягивая его каждый раз к валу стяжным тросиком, например, показанным на рисунке 9, или другим устройством.

В каждом из фиксируемых положений установить на горизонтальную полку угольника брусковый микрометрический уровень, очертить карандашом его положение и произвести измерение уклона.

Развернуть уровень на 180°, оставив его на очередной площадке, и повторить измерение.

Таким образом, всего должно быть произведено 24 измерения (8 измерений - при проверке по шейке вала), результаты которых следует внести в таблицу, пример заполнения карты измерения приведен пункте А.4.6. Если результаты измерений в одном из сечений (по одному из хомутов) резко отличаются по значению и знаку от двух других сечений, то следует произвести повторный замер в каком-либо новом сечении.



-X,+X, -Y,+Y - места закрепления угольника для установки уровня;

а) – разметка; б) – сечение вала в месте установки уровня;

1, 2, 3 - места установки хомутов

Рисунок А.4.1 - Разметка вала гидроагрегата для проверки уклона уровнем

А.4.5. Произвести подсчет уклона согласно указаниям, приведенным в А.4.6. Усреднение результата измерений 0 и 180° (среднее внутриосевое) производится алгебраическим сложением показаний и делением суммы пополам. У среднего значения ставится знак большего по абсолютному значению показания.

Аналогичным образом рассчитывается усреднение показаний между положительными и отрицательными осями при получении осевых составляющих уклона ε_x и ε_y .

При проверке по нерабочим поверхностям производится усреднение по сечениям 1,2,3.

Подсчет завершается переводом результирующей величины уклона из делений шкалы в миллиметры на метр.

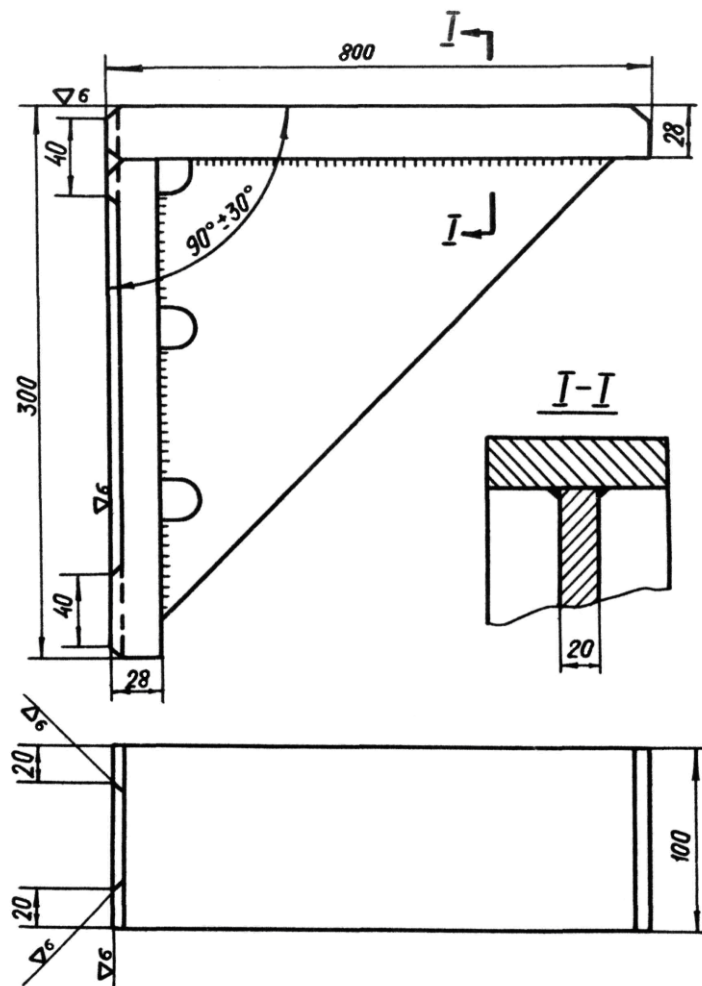
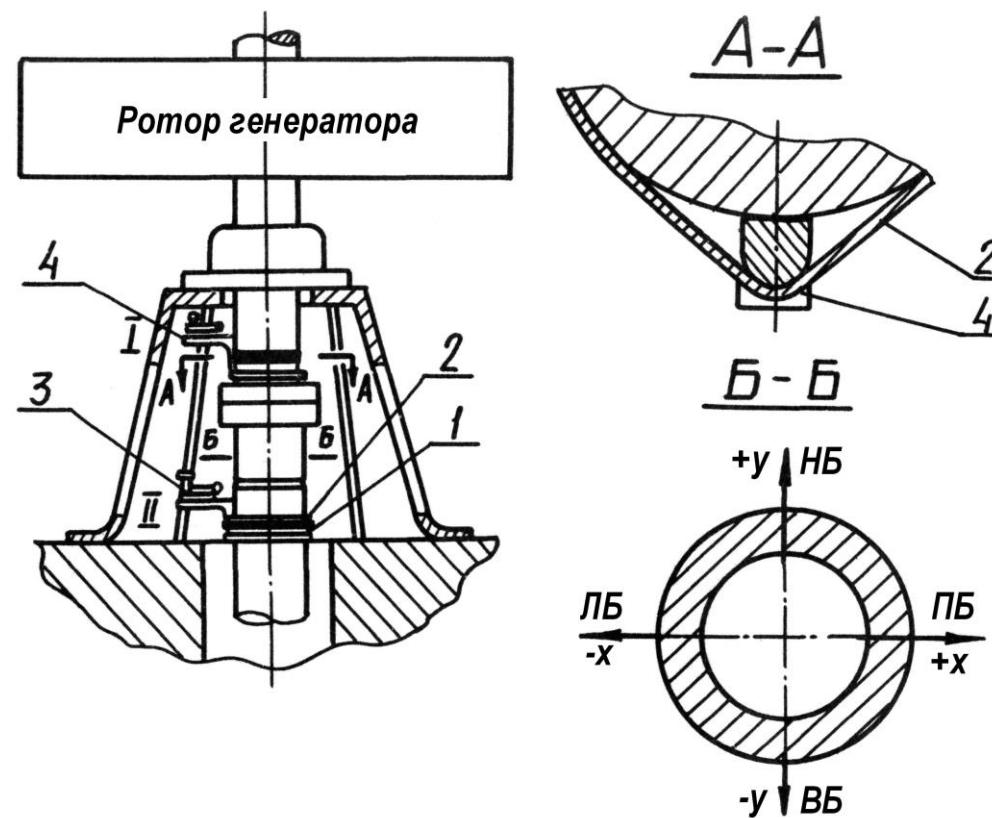


Рисунок А.4.2 - Угольник для проверки линии валов с помощью брускового уровня



1- хомут; 2 – стяжной тросик; 3 – уровень; 4- угольник

Рисунок А.4.3– Установка уровня для проверки уклона вала.

А.4.6 Пример расчета уклона валов с помощью микрометрического уровня

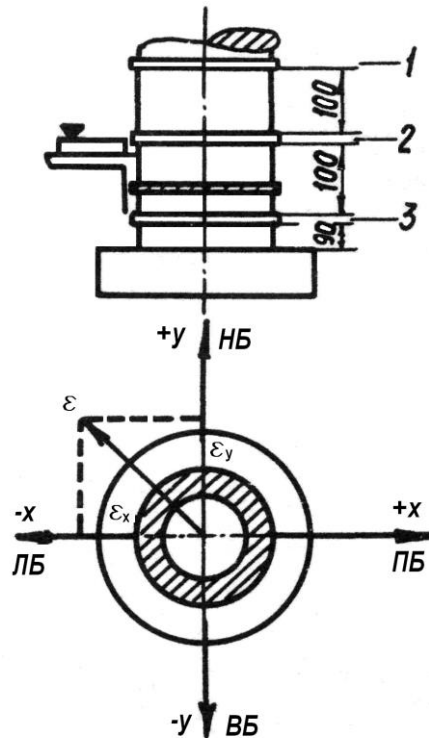


Таблица А.4 Пример проверки и расчета уклона линии валов с помощью микрометрического уровня

Сечения замеров	Места замеров по окружности вала	-X		+X		-Y		+Y	
		0	180	0	180	0	180	0	180
1	Положение уровня на плоскости угольника (градусов)								
	Показания с исправлением ухода пузыря	← -5	← -7	← -10	← -12	→ +8	→ +6	→ +16	→ +14
	Среднее внутреосевое	← -6		← -11		→ +7		→ +15	
	ε _{1x} , ε _{1y}	← -8,5				→ +11			
2	Число делений с направлением ухода пузыря	← -3	← -4	← -6	← -7	→ +2	← -1	→ +6	→ +8
		← -3,5		← -6,5		→ +0,5		→ +7	
	ε _{2x} , ε _{2y}	← -5				→ +3,75			
3	Деления	← -8	← -9	← -9	← -11	→ +5	→ +3	→ +10	→ +12
	Среднее	← -8,5		← -10		→ +4		→ +11	
	ε _{3x} , ε _{3y}	← -9,25				→ +7,5			
Уклоны ε _x и ε _y		← В дел. ε _x = -7,58				→ ε _y = +7,42			

$$\varepsilon_x = -0,76 \text{ мм/м} \quad \varepsilon_y = +0,74 \text{ мм/м}$$

$$\text{Абсолютная величина уклона генераторного вала: } \varepsilon = \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2} = 1,06 \text{ мм/м}$$

Примечания: 1. Показания записываются в делениях прибора (цена деления 0,1 мм/м) с

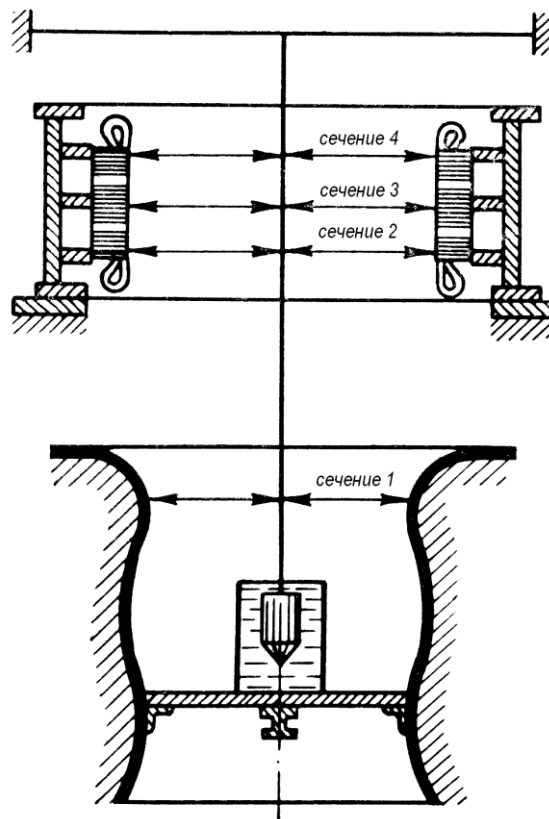
проставлением над цифрой стрелки, указывающей направление ухода пузырька (направление ухода вала). Знак "+" перед цифрой ставится при ориентации этой стрелки по положительной оси и "-" в противном случае. Окончательные результаты составляющих уклонов переводятся в миллиметры на метр.

2. Направление уклона проставляется на принятой системе координат путем построения векторной суммы составляющих ϵ_x и ϵ_y .

3. Данный метод проверки уклона следует принять только после устранения неперпендикулярности зеркала пяты.

А.5 Пример проверки центровки неподвижных частей гидроагрегата

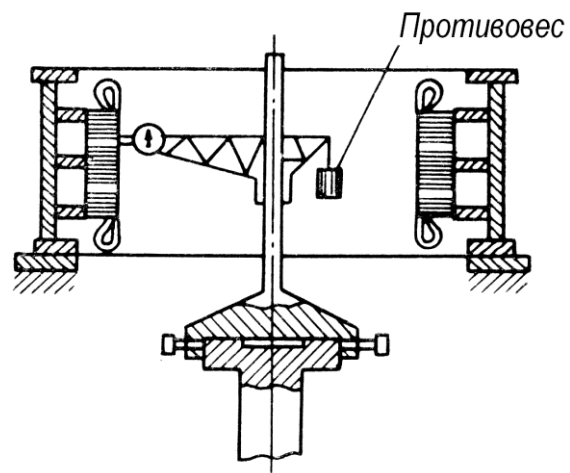
А.5.1 Проверка центровки статора гидрогенератора относительно закладных частей гидротурбины по струне



Расстояние измеряются нутромером или рулеткой с натягом по динамометру

№ сечения по эскизу	Места измерений	Зазоры по осям							
		До ремонта				После ремонта			
		Дата				Дата			
		-X	+X	-Y	+Y	-X	+X	-Y	+Y
1	Камера рабочего колеса гидротурбины								
2	Низ расточки статора гидрогенератора								
3	Середина расточки статора гидрогенератора								
4	Верх расточки статора гидрогенератора								

А.5.2. Проверка центровки статора гидрогенератора относительно вала гидротурбины



Приложение Б

(рекомендуемое)

Средства измерений и технического контроля

Таблица Б.1 – Средства измерений и контроля, рекомендуемые для применения в целях настоящего Стандарта

Средства измерения	Наименование и условное обозначение средств измерений, ГОСТ
Индикатор часового типа, штатив для индикатора	ГОСТ 577 ГОСТ 10197
Нутромеры микрометрические	ГОСТ 10-88
Микрометр	ГОСТ 6507
Уровень	ГОСТ 9392
Нивелир	ГОСТ 10528
Набор щупов пластинчатый № 2	ТУ 2–034–225–87 Щупы. Технические условия.
Линейка поверочная ДД–1–125 Линейка поверочная ШП–1–400	ГОСТ 8026
Плита поверочная 630х630 мм	ГОСТ 10905
Рулетка стальная	ГОСТ 7502
Измеритель биения вала	Основные технические требования: Частотный диапазон от 0 до 20 Гц; Диапазон размаха биений от 30 до 2000 мкм; Неравномерность АЧХ в рабочем диапазоне частот 10%

Библиография

- [1] СО153-34.20.501–2003 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Утверждены приказом Минэнерго РФ от 19.06.2003 № 229.
- [2] СО 153-34.03.205-2001 (РД 153-34.0-03.205-2001) Правила безопасности при обслуживании гидротехнических сооружений и гидромеханического оборудования энергоснабжающих организаций. Утверждены приказом Минэнерго России от 13.04.2001 № 113.
- [3] РД-11-06-2007 Методические рекомендации о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ. Утверждены приказом Ростехнадзора от 10.05.2007 № 317. Зарегистрированы Ростехнадзором 11.05.2007, рег. № 431.

обозначение стандарта

УДК _____ ОКС _____

код продукции

Ключевые слова: гидроагрегат вертикальный, инструкция, центровка, центрирование, гидроэлектростанция (ГЭС), гидротурбина, гидрогенератор, линия вала, методы контроля.

Руководитель организации-разработчика:

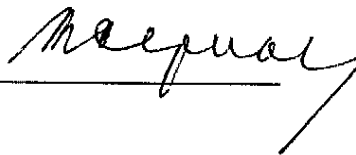
Некоммерческое партнерство «Гидроэнергетика России»

Исполнительный
директор



Р.М. Хазиахметов

Руководитель
разработки, главный
эксперт, к.т.н.



В.С. Серков

Эксперт



В.Н. Байков