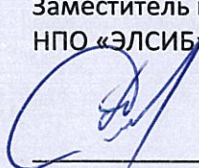


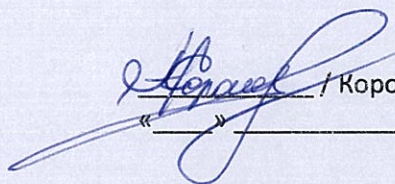
УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель генерального директора  
НПО «ЭЛСИБ» ПАО

 / Федоренко К.С. /  
«    »    2024 г.

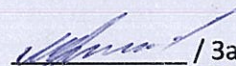
СОГЛАСОВАНО:

Начальник отдела продаж генераторов  
НПО «ЭЛСИБ» ПАО

 / Королев П.А. /  
«    »    2024 г.

Руководитель проектов:

НПО «ЭЛСИБ» ПАО

 / Занозин М.С. /  
« 27 » сентября 2024 г.

**Техническое задания**  
**на выполнение комплекса технических услуг по обследованию**  
**гидрогенераторного оборудования в период капитального ремонта и**  
**комплекса испытаний после завершения монтажных и пусконаладочных**  
**работ гидрогенератора СВ 1160/180–72 гидроагрегата №4**  
**Усть-Каменогорской ГЭС**

Настоящее Техническое задание (далее ТЗ) составлено на выполнение комплекса технических услуг по обследованию гидрогенераторного оборудования в период капитального ремонта и комплекса испытаний после завершения монтажных и пусконаладочных работ гидрогенератора СВ 1160/180–72 гидроагрегата №4 Усть-Каменогорской ГЭС.

Основные технические параметры гидрогенератора:

| № п/п | Наименование параметра                                                                                                                                                                                               | Значение параметра                                               |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                                                                                                                                                                                                                    | 3                                                                |
| 1     | Тип гидрогенератора                                                                                                                                                                                                  | вертикальный синхронный                                          |
| 2     | Мощность номинальная, МВА/МВт                                                                                                                                                                                        | 118,75/95                                                        |
| 3     | Напряжение номинальное, кВ                                                                                                                                                                                           | 13,8                                                             |
| 4     | Коэффициент мощности, о.е.                                                                                                                                                                                           | 0,8                                                              |
| 5     | Частота электрического тока, Гц                                                                                                                                                                                      | 50                                                               |
| 6     | Направление вращения по ГОСТ 27471–87                                                                                                                                                                                | Левое (против часовой стрелки, если смотреть со стороны турбины) |
| 7     | Частота вращения, об/мин:<br>- номинальная<br>- угонная                                                                                                                                                              | 83,33<br>167                                                     |
| 8     | Номинальный ток,<br>- возбуждения генератора, А                                                                                                                                                                      | 1 511                                                            |
| 9     | Ток возбуждения при холостом ходе, А                                                                                                                                                                                 | 812                                                              |
| 10    | Номинальное напряжение, В<br>- возбуждения генератора                                                                                                                                                                | 369                                                              |
| 11    | Кратность форсировки возбуждения, о.е.<br>- по напряжению<br>- по току                                                                                                                                               | 2,5<br>2                                                         |
| 12    | Удельное давление на сегмент подпятника при номинальной нагрузке, МПа(кгс/см <sup>2</sup> )                                                                                                                          | 4,95 (50,5)                                                      |
| 13    | Маховой момент GD <sup>2</sup> , не менее, тм <sup>2</sup>                                                                                                                                                           | 35 500                                                           |
| 14    | Класс изоляции по ГОСТ 8865–93:<br>ротора                                                                                                                                                                            | F                                                                |
| 15    | Синхронное индуктивное сопротивление по продольной оси X <sub>d</sub> , о.е.                                                                                                                                         | 0,942                                                            |
| 16    | Синхронное индуктивное сопротивление по поперечной оси X <sub>q</sub> , о.е.                                                                                                                                         | 0,674                                                            |
| 17    | Переходное индуктивное сопротивление по продольной оси X' <sub>d</sub> , о.е.                                                                                                                                        | 0,396                                                            |
| 18    | Переходное индуктивное сопротивление по поперечной оси X' <sub>q</sub> , о.е.                                                                                                                                        | 0,674                                                            |
| 19    | Сверхпереходное индуктивное сопротивление по продольной оси X'' <sub>d</sub> , о.е.                                                                                                                                  | 0,282                                                            |
| 20    | Сверхпереходное индуктивное сопротивление по поперечной оси X'' <sub>q</sub> , о.е.                                                                                                                                  | 0,292                                                            |
| 21    | Отношение короткого замыкания (ОКЗ), о.е.                                                                                                                                                                            | 1,258                                                            |
| 22    | Статическая перегружаемость (W <sub>n</sub> ), не менее, о.е.                                                                                                                                                        | 3,0                                                              |
| 23    | Термическая устойчивость ротора, не менее, с                                                                                                                                                                         | 40                                                               |
| 24    | КПД генератора в номинальном режиме не менее, %                                                                                                                                                                      | 97,9                                                             |
| 25    | Параметры, определяемые особенностями режимов работы ГЭС в энергосистеме:<br>- наибольшая емкостная нагрузка генератора, кВар<br>- наибольшая индуктивная нагрузка генератора при номинальном токе возбуждения, кВар | 91 300<br>72 560                                                 |
| 26    | Уровень шума (средний уровень звука) генератора на расстоянии 1 м от верхней крестовины не должен превышать (при отсутствии шума от соседних агрегатов), дБА                                                         | 85                                                               |
| 27    | Общая масса генератора, т                                                                                                                                                                                            | 1027*                                                            |

| №<br>п/п                                                                                                 | Наименование параметра                                                            | Значение параметра |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1                                                                                                        | 2                                                                                 | 3                  |
| 28                                                                                                       | Наибольшая монтажная масса ротора без приспособления для его проноса, не более, т | 480                |
| 29                                                                                                       | Наибольшая транспортная масса, т<br>- вал с центральной частью остова ротора      | 123,3              |
| Примечание - * Указана ориентировочная масса. Окончательная масса уточняется при рабочем проектировании. |                                                                                   |                    |

**Технические услуги по обследованию гидрогенераторного оборудования в период капитального ремонта и комплекс испытаний после завершения монтажных и пусконаладочных работ**

Обследование гидрогенераторного оборудования до модернизации и комплекс испытаний после завершения монтажных и пусконаладочных работ включает в себя следующие этапы:

- Проверка состояния стыковых зон частей статора с проверкой крепежных элементов на ослабление и дефекты;
- Проверка состояния прессовки железа статора;
- Проверка клиновки обмотки статора;
- Проверка состояния лобовых частей обмотки статора (ослабление, состояние покраски);
- Обследование состояния бетона фундамента гидрогенератора, с выдачей заключения о техническом состоянии фундамента;
- Определение состояния крепежа статора к фундаменту (контроль металла анкерных (фундаментных) шпилек, болтов крепления корпуса статора к фундаментным плитам) с использованием ультразвукового контроля;
- Испытания межвитковой изоляции обмотки статора, согласно СТ РК 2776–2015;
- Испытания стали статора, согласно СТ РК 2776–2015;
- Определение индуктивных сопротивлений и постоянных времени генератора;
- Испытания на нагревание генератора по РД 34.45.309–92.
- Проведение обследования вибрационного состояния генератора до и после модернизации;
- Проведение обследования изоляции обмотки статора методом снятия характеристик частичных разрядов до и после модернизации.

По результатам проведения каждого из этапов услуг должны формироваться акты выполненных работ (оказанных услуг), протоколы и отчеты, содержащие рекомендации по устранению выявленных дефектов, недостатков, несоответствий.

**Объем работ, квалификационные требования, предлагаемый период и продолжительность проведения**

| Наименование Услуги                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Объем работ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Квалификационные требования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Предлагаемый период и продолжительность проведения |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>1. Обследование:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                    |
| 1.1 Составление и согласование подробной программы обследования гидрогенератора гидроагрегата № 4                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Разработка «Программы обследования гидрогенератора гидроагрегата №4». Программу обследования гидрогенератора гидроагрегата №4 разрабатывает завод-изготовитель оборудования и согласовывает с Заказчиком.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Наличие Генеральной лицензии на изготовление, монтаж и ремонт энергетического оборудования, подъемных сооружений, котлов, сосудов и трубопроводов, работающих под давлением выданной Министерством энергетики РК<br><br>Наличие лицензии I категории на выполнение строительно-монтажных работ выданное ГУ «Управление государственного архитектурно-строительного контроля РК» по месту регистрации                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | I квартал 2025 г.                                  |
| 1.2 Проверка состояния стыковых зон статора и прессовки железа, заклиновки обмотки статора, а также: проверка состояния лобовых частей обмотки статора гидрогенератора гидроагрегата № 4 и подготовка отчета по факту выполнения работ, испытания межвитковой изоляции обмотки статора, испытания стали статора, определение индуктивных сопротивлений и постоянных времени генератора | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Выявление распушения и выкрашивания листов в зубцах крайних и сопряженных с ними пакетах активной стали сердечника;</li> <li>- Проверка момента затяжки стяжных шпилек и отжимных болтов;</li> <li>- Проверка крепления сердечника статора, с уложенной обмоткой, к корпусу статора;</li> <li>- Выявление мест появления контактной коррозии активной стали;</li> <li>- Выявление мест деформации на пакетах сердечника, местных перегревов, смещения листов в пакетах, перекрытиях вентиляционных каналов;</li> <li>- Проверка элементов крепления и запрессовки обмотки в пазах сердечника и лобовых частях;</li> <li>- Проверка опрессовки сердечника статора;</li> <li>- Проверка крепления нажимных гребенок, стяжных шпилек, а также бандажных колец лобовых частей обмотки статора;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Наличие Генеральной лицензии на изготовление, монтаж и ремонт энергетического оборудования, подъемных сооружений, котлов, сосудов и трубопроводов, работающих под давлением выданной Министерством энергетики РК</li> <li>– Специалист из числа инженерно-технического состава электробезопасности не ниже IV, в качестве Руководителя работ по ремонту электрических машин.</li> <li>– Специалист из числа рабочих специальностей электромонтер-обмотчик с группой по электробезопасности не ниже IV, в качестве Производителя работ по ремонту электрических машин.</li> <li>– Специалист из числа рабочих специальностей электромонтер-обмотчик с группой по электробезопасности не ниже III, в качестве Члена бригады по ремонту электрических машин.</li> <li>– Специалист по неразрушающему контролю не менее II (второго) уровня. Метод не разрушающего контроля – Ультразвуковой</li> </ul> | в течение 2026 г.                                  |

| Наименование Услуги | Объем работ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Квалификационные требования                                                                                                                                                                                | Предлагаемый период и продолжительность проведения                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Проверка паяных соединений;</li> <li>- Проверку момента затяжки выполнить, согласно Приложению Б, «Моменты затяжки ответственных резьбовых соединений» ВКИА.650127433 ИМ Инструкция по монтажу и эксплуатации на СТАТОР ГИДРОГЕНЕРАТОРА СВ 1160–180–72 (Приложение 3).</li> <li>- Подготовка поверхности под контроль металла;</li> <li>- Дефектоскопия стяжных шпилек стыковых зон сегментов статора. (132 (сто тридцать две) шпильки)</li> <li>- Подготовка отчета по факту выполнения работ</li> <li>- Испытания межвитковой изоляции обмотки статора, согласно СТ РК 2776–2015;</li> <li>- Испытания стали статора, согласно СТ РК 2776–2015;</li> <li>- Определение индуктивных сопротивлений и постоянных времени генератора, согласно СТ РК 2776–2015;</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1.3                 | <p>Обследование состояния бетона фундамента гидрогенератора гидроагрегата № 4, с выдачей заключения о его техническом состоянии</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- необходимые замеры и исследования прочности бетона;</li> <li>- отчет об инструментальном техническом обследовании несущих конструкций гидроагрегата №4</li> </ul> | <p>Эксперт, имеющий квалификационный аттестат, подтверждающий право на выполнение экспертных работ и инжиниринговых услуг в сфере архитектурной, градостроительной и строительной деятельности по виду: техническое обследование надежности и устойчивости зданий и сооружений</p> <p>I кв 2025 г.</p> |

| Наименование Услуги                                                                                                                                                                                                                                                                      | Объем работ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Квалификационные требования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Предлагаемый период и продолжительность проведения |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1.4 Определение состояния крепежа статора гидрогенератора гидроагрегата № 4 к фундаменту контроль металла анкерных (фундаментных) шпилек, болтов крепления корпуса статора к фундаментным плитам) с использованием ультразвукового контроля с выдачей заключения о техническом состоянии | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Подготовительные работы</li> <li>- Проверка крепления корпуса статора к фундаменту с проверкой момента затяжки;</li> <li>- Проверку момента затяжки выполнить, согласно Приложению Б, «Моменты затяжки ответственных резьбовых соединений» ВКИА.650127433 ИМ Инструкция по монтажу и эксплуатации на СТАТОР ГИДРОГЕНЕРАТОРА СВ 1160–180–72 (Приложение 3).</li> <li>- Подготовка поверхности под контроль металла;</li> <li>- Дефектоскопия анкерных шпилек и болтов крепления фундаментных плит корпуса статора. (24 (двадцать четыре) шпильки М64х1900)</li> <li>- Подготовка отчета по факту выполнения работ</li> </ul> | Наличие лаборатории, имеющей свидетельство об оценке состояния измерений в лаборатории, осуществляющей испытания металлов элементов поверхностей и деталей оборудования, металлоконструкций, сварных соединений выданное РГП «Казахстанский институт метрологии» Специалист по неразрушающему контролю не менее II (второго) уровня. Метод не разрушающего контроля – Визуальный<br>– Специалист по неразрушающему контролю не менее II (второго) уровня. Метод не разрушающего контроля – Ультразвуковой | I кв 2025 г.                                       |
| 1.5 Проведение обследования вибрационного состояния гидрогенератора гидроагрегата № 4 до модернизации                                                                                                                                                                                    | Обследование проводится по утвержденной программе Приложение 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Наличие Генеральной лицензии на изготовление, монтаж и ремонт энергетического оборудования, подъемных сооружений, котлов, сосудов и трубопроводов, работающих под давлением выданной Министерством энергетики РК Специалист вибродиагност 2-го уровня                                                                                                                                                                                                                                                     | I кв. 2025 г.                                      |
| 1.6 Проведение обследования вибрационного состояния гидрогенератора гидроагрегата № 4 после модернизации с выдачей заключения о техническом состоянии, испытания на нагревание генератора с выдачей заключения                                                                           | Обследование проводится по утвержденной программе Приложение 2<br>– Испытания на нагревание генератора по РД 34.45.309–92.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Наличие Генеральной лицензии на изготовление, монтаж и ремонт энергетического оборудования, подъемных сооружений, котлов, сосудов и трубопроводов, работающих под давлением выданной Министерством энергетики РК Специалист вибродиагност 2-го уровня<br>Специалист из числа ИТР по ремонту электрических машин                                                                                                                                                                                           | в течение 2027 г.                                  |
| 1.7 Проведение обследования изоляции обмотки статора гидрогенератора гидроагрегата № 4                                                                                                                                                                                                   | - Проведение анализа с детальной разбивкой по результатам замеров ЧР предыдущих периодов, снятых с                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Наличие лицензии I категории на выполнение строительно-монтажных работ выданное ГУ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | I квартал 2025 г.                                  |

| Наименование Услуги |                                                                                                                                                                                                              | Объем работ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Квалификационные требования                                                                                                                                                  | Предлагаемый период и продолжительность проведения |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                     | методом снятия характеристик частичных разрядов до модернизации                                                                                                                                              | <p>применением оборудования УК ГЭС (IRIS PDA IV)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Замер характеристик ЧР на статоре остановленного гидрогенератора с подачей напряжения от постороннего источника</li> <li>- Проведение полного анализа полученных результатов, проведенных на диагностическом оборудовании Поставщика с подготовкой выводом и раскладкой визуальных графиков</li> <li>- Подготовка отчета по факту выполнения работ</li> </ul> | «Управление государственного архитектурно-строительного контроля РК» по месту регистрации                                                                                    |                                                    |
| 1.8                 | Проведение обследования состояния изоляции обмотки статора гидрогенератора гидроагрегата № 4 методом снятия характеристик частичных разрядов после модернизации с выдачей заключения о техническом состоянии | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Замер характеристик ЧР на статоре остановленного гидрогенератора с подачей напряжения от постороннего источника</li> <li>– Проведение полного анализа полученных результатов, проведенных на диагностическом оборудовании Поставщика с подготовкой выводом и раскладкой визуальных графиков</li> <li>– Подготовка отчета по факту выполнения работ</li> </ul>                                                      | Наличие лицензии I категории на выполнение строительно-монтажных работ выданное ГУ «Управление государственного архитектурно-строительного контроля РК» по месту регистрации | в течение 2027 г.                                  |

**Программа вибрационных испытаний гидроагрегата №4  
Усть-Каменогорской ГЭС перед проведением капитального ремонта**

**Цель испытаний:**

- Оценка вибрационного состояния узлов гидроагрегата перед ремонтом в соответствии с СТО 70238424.27.140.001-2011 «Гидроэлектростанции. Методики оценки технического состояния основного оборудования» и «Правил организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций, тепловых и электрических сетей»

**Особые условия**

- Испытания гидроагрегата выполняются по заявке в соответствии с графиком ремонта основного оборудования.
- Изменение режима работы гидроагрегата выполняет оперативный персонал по согласованию с руководителем работ.
- По решению специалистов некоторые опыты могут быть повторены.
- Аварийная готовность гидроагрегата: 20 минут.

**Измеряемые величины**

- Биение вала в зоне турбинного, нижнего и верхнего генераторного подшипников в двух взаимно-перпендикулярных направлениях;
- Радиальная и вертикальная вибрация корпусов нижнего и верхнего генераторного подшипников;
- Вертикальная, радиальная и тангенциальная вибрация корпуса турбинного подшипника и опорной крестовины;
- Вертикальная, радиальная вибрация нижней крестовины;
- Вертикальная вибрация крышки турбины;
- Радиальная вибрация спинки сердечника статора;
- Вертикальная вибрация корпуса статора;
- Открытие направляющего аппарата;
- Активная и реактивная мощности;
- Напряжение и ток статора;
- Ток ротора;
- Температура меди обмотки и сердечника статора;

**Порядок проведения обследования вибрационного состояния гидрогенератора гидроагрегата № 4  
после модернизации с выдачей заключения о техническом состоянии  
(испытания на нагревание генератора)**

| №  | Пункт программы                                                                                                | Длительность | Примечание                                    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------|
| 1  | Гидроагрегат подготавливается к пуску                                                                          |              |                                               |
| 2  | Режим холостого хода без возбуждения с частотами вращения ротора 0,8; 0,9; 1; 1,1 от номинальной               | 60 минут     |                                               |
| 3  | Устанавливается режим холостого хода без возбуждения                                                           | 20 минут     | Сердечник «холодный»<br>(не выше 30 град)     |
| 4  | Устанавливается режим холостого хода на номинальной частоте вращения с напряжением возбуждения $U_b = U_{ном}$ | 20 минут     | Сердечник «холодный»<br>(не выше 30 град)     |
| 5  | Агрегат включается в сеть                                                                                      | 20 минут     |                                               |
| 6  | Режим параллельной работы с сетью при нагрузках от нуля до номинальной ступенями по 10 МВт                     | 60 минут     |                                               |
| 7  | Режим параллельной работы с сетью при номинальной нагрузке                                                     | 60 минут     | Для нагрева<br>сердечника (если<br>требуется) |
| 8  | Гидроагрегат отключен от системы                                                                               |              |                                               |
| 9  | Устанавливается режим холостого хода без возбуждения                                                           | 20 минут     | Сердечник «горячий»<br>(выше 50 град)         |
| 10 | Устанавливается режим холостого хода на номинальной частоте вращения с напряжением возбуждения $U_b = U_{ном}$ | 20 минут     |                                               |
| 11 | Гидроагрегат остановлен                                                                                        |              |                                               |
| 12 | Собирается схема для перехода ГА в режим СК (ДП)                                                               |              |                                               |
| 13 | Режим синхронного компенсатора с камерой рабочего колеса, освобожденной от воды                                | 20 минут     |                                               |
| 14 | Гидроагрегат остановлен                                                                                        |              |                                               |

Примечание:

При необходимости дополнительных замеров любой из этапов может быть пройден дополнительно