

СОГЛАСОВАНО:

ПОДРЯДЧИК:

УТВЕРЖДАЮ:

ЗАКАЗЧИК:

Заместитель главного инженера по инженерной
поддержке и модернизации филиала
АО «Концерн Росэнергоатом»
«Калининская атомная станция»

(должность)

(подпись, Ф.И.О.)

«___» _____ 2021 г.

(должность)

(подпись, Ф.И.О.)

И.А. Лехтман

«___» _____ 2021 г.

Техническое задание

Предмет закупки: «Выполнение работ по модернизации проточной части турбины К-1000-60/3000 с установкой системы контроля вибрации лопаток, для повышения надежности и безопасности эксплуатации турбины на повышенном уровне мощности 104% Nном»

Техническое задание
на выполнение работ по модернизации проточной части турбины К-1000-60/3000
с установкой системы контроля вибрации лопаток, для повышения надежности и
безопасности эксплуатации турбины на повышенном уровне мощности 104%
Nном

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. НАИМЕНОВАНИЕ ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ	2
РАЗДЕЛ 2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЕ	2
РАЗДЕЛ 3. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЯЕМЫМ РАБОТАМ	2
РАЗДЕЛ 4. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОЕКТНОЙ И РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	9
РАЗДЕЛ 5. МЕСТО ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ	9
РАЗДЕЛ 6. ТРЕБОВАНИЯ И УСЛОВИЯ К РАЗРАБОТКЕ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕР И МЕРОПРИЯТИЙ	9
РАЗДЕЛ 7. СРОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ	9
РАЗДЕЛ 8. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ	9
РАЗДЕЛ 9. ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ	9
РАЗДЕЛ 10. ТРЕБОВАНИЯ К ОСОБЫМ УСЛОВИЯМ РАБОТ	10
РАЗДЕЛ 11. ТРЕБОВАНИЯ К СРОКУ И (ИЛИ) ОБЪЕМУ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ГАРАНТИЙ	10
РАЗДЕЛ 12. ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ ...	10
РАЗДЕЛ 13. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ РАБОТ И ПОРЯДКУ ПРИЕМКИ	11
РАЗДЕЛ 14. ТРЕБОВАНИЕ К ФОРМЕ ПРЕДСТАВЛЯЕМОЙ ИНФОРМАЦИИ	11
РАЗДЕЛ 15. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБУЧЕНИЮ ПЕРСОНАЛА ЗАКАЗЧИКА	12
РАЗДЕЛ 16. ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ	12
РАЗДЕЛ 17. ПЕРЕЧЕНЬ ПРИЛОЖЕНИЙ	12

РАЗДЕЛ 1. НАИМЕНОВАНИЕ ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ

Выполнение работ по модернизации проточной части турбины К-1000-60/3000 с установкой системы контроля вибрации лопаток, для повышение надежности и безопасности эксплуатации турбины на повышенном уровне мощности 104% $N_{ном}$ на ЦНД-2 турбоагрегатов К-1000-60/3000 энергоблоков № 3,4.

Подраздел 1.2 Код ОКПД 2

*43.21.10.120 - работы электромонтажные, связанные с установкой приборов.
26.51.66.190 - инструменты, приборы и машины для измерения или контроля, не включенные в другие группировки.*

РАЗДЕЛ 2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЕ

Подраздел 2.1 Сведения об объекте, основание выполнение работ

Калининская АЭС, энергоблок № 3,4. Основанием для выполнения работ является техническое решение от 16.02.2018 34.SB. TP.2602.69 «Об установке системы индикации вибрационного состояния лопаток последних ступеней ЦНД-2 турбоагрегата К-1000-60/3000 энергоблоков № 3,4», а также протокол совещания группы управления проектом по повышению надежности и эффективности ТМО от 01.10.2018 № 9/Ф04-ЗГИИМП/334-Пр.

РАЗДЕЛ 3. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЯЕМЫМ РАБОТАМ

Подраздел 3.1 Цель проведения работ

3.1.1. Выполнить замер и анализ вибрационного состояния лопаток последних ступеней ЦНД-2 с выдачей информации о достижении повышенного и опасного уровня величин резонансных, срывных или автоколебаний в лопатках, опасного изменения взаимного положения периферийных сечений лопаток.

3.1.2. Оформить отчет с заключением возможности эксплуатации турбин К-1000-60/3000 энергоблоков №3,4 Калининской АЭС на повышенном уровне мощности 104% $N_{ном}$ без снижения безопасности эксплуатации.

Замер колебаний лопаток должен осуществляться следующим образом:

В бандажные полки поз. 2 (см. приложение 3) рабочих лопаток поз. 3 (см. приложение 2) устанавливаются магниты поз. 7 (см. приложение 3) в немагнитных корпусах поз. 8 (см. приложение 3) и периферийные отметчики поз. 4,5 (см. приложение 2) в козырьки диафрагм 5-й ступени ЦНД-2. Кроме того, устанавливают оборотный отметчик поз. 1 (см. приложение 2). При вращении ротора турбины бандажные полки поз. 2 лопаток поз. 3 с расположенными в них магнитами поз. 7 проходят мимо последовательно расположенных пар периферийных отметчиков и с помощью регистрирующей и анализирующей аппаратуры определяются исходные расстояния между двумя отметчиками каждой из пар. Изменение показаний любой одной пары периферийных отметчиков на протяжении нескольких оборотов используется для определения амплитуд срывных или автоколебаний лопаток, когда отношение частоты колебаний лопатки к частоте вращения ротора не составляет целого числа и за несколько последующих оборотов лопатка будет подходить к каждой паре отметчиков с различными фазами колебаний.

Система должна обеспечивать контроль вибрационного состояния лопаток, отображение на локальном мониторе СКО среднеквадратичного отклонения амплитуд колебаний лопаток, запись процесса колебаний, обработку записанных данных, предоставление результатов обработки для отображения данных на мониторе ССД.

Система должна использовать дискретно-фазовый метод измерения.

Сущность метода заключается в определении изменения временного интервала, при котором магнитная вставка проходит между индукционными отметчиками. При отсутствии колебаний, лопатка (магнитная вставка) при каждом обороте ротора проходит одно и то же расстояние. При возникновении колебаний лопатки в осевом

направлении периферийное сечение лопатки и бандажная полка имеют осевое смещение. При этом изменение расстояния, которое проходит магнитная вставка между отметчиками, определяется по изменению интервала времени. Измерения проводятся на каждом обороте по всем лопаткам (23 шт.), оснащенным магнитными вставками.

Количество контролируемых (снабженных магнитными вставками) лопаток – по 23 шт на одну ступень (количество лопаток на ступени: 92 шт).

Для каждой ступени из 23-х контролируемых лопаток 5 должны быть снабжены дополнительными калибровочными магнитными вставками.

Два отметчика устанавливаются в районе полумуфты РВД-РНД2 на кронштейне над специальным возбудителем.

Количество каналов сбора информации:

- 12 «лопаточных» каналов (устанавливается по 6 отметчиков над лопатками каждой из двух контролируемых ступеней);
- 2 «оборотных» канала (устанавливаются 2 отметчика в районе полумуфты РВД-РНД2 на кронштейне над специальным возбудителем).

Разрешающая способность сигналов от разных отметчиков должна быть не более 25 нс.

Должны быть предусмотрены меры по защите системы от помех (электрические и магнитные поля).

Система должна обеспечивать настройку каналов отметчиков по усилению и порогу обнаружения отметки с шагом не менее 32 равномерно расположенных значений.

Временная задержка по каналам аналоговых трактов должна отсутствовать или быть одинаковой для всех каналов.

В процессе работы системы должна периодически выполнять проверку работоспособности каждой пары отметчиков. В случае неработоспособности пары система должна автоматически переходить на одну из резервных конфигураций.

Контроллер крейта с помощью программируемого логического блока принимает прецизионные импульсы от всех задействованных каналов, выстраивает их в порядке поступления с разрешающей способностью 12,5 наносекунд, формирует служебную информацию о состоянии базы времени и номере канала и направляет эту отметку в свой буфер. ПО дистанционно считывает этот буфер, формирует буфер заданной длины уже в компьютере комплекса и обрабатывает его в соответствии со своими настройками. Контроллер крейта имеет дополнительные входы прецизионных импульсов, которые могут обрабатываться наряду с импульсами от МФПИ.

Реализованный посредством цифровой аппаратуры метод должен использовать фазовые отметки моментов пересечения магнитами осей одного или нескольких отметчиков.

Для выделения из протяженного сигнала отметчика моментов событий должны использоваться аналоговые модули формирования прецизионных импульсов - МФПИ. Выходным сигналом такого модуля должен являться «прецизионный» импульс, задний фронт которого совпадает с выделяемым событием.

Многоканальные МФПИ должны быть интегрированы в крейт фазоизмерительного комплекса, вместе с логическим устройством, производящим оцифровку всех событий.

Под управлением ПО фазоизмерительный комплекс должен выполнять сбор данных и производить контроль системы.

Подраздел 3.2. Объем выполняемых работ

Выполнить комплекс измерений характеристик турбоустановки при работе турбины на номинальной нагрузке включающих в себя:

3.2.1. Разработка проекта СКВЛ с определением схемы конфигурации;

3.2.2. Разработка конструкторской документации (монтажных чертежей и чертежей дополнительной мехобработки диафрагм и лопаток ЦНД-2 в условиях АЭС);

3.2.3. Изготовить и поставить систему контроля вибрационного состояния рабочих лопаток 5-х ступеней ЦНД-2 (далее – СКВЛ).

В объём СКВЛ входит:

Оборудование (допускается предоставление аналогов комплектующих.

Аналоги должны иметь характеристики в соответствии с требованиями ТЗ или превосходить их):

- 1 Комплекс фазоизмерительный МИС-1200-002 (или аналог): 1 шт;
- 2 Компьютер промышленный Princeps 1U-2FT-10 Prom-PC (или аналог): 1 шт;
- 3 Консоль KVM Procase Unius 19 (или аналог): 1 шт.
- 4 Стойка приборная с поддоном и стеклом БЛИЖ.401202.300.100 (или аналог): 1 шт.
- 5 Устройство кроссировочное (УК) УК-727* (или аналог): 1 шт.

В состав одного УК входит:

- Устройство кроссировочное УК-727-2 БЛИЖ.408320.115.002: 1 шт.
- Устройство кроссировочное УК-727-3 БЛИЖ.408320.115.002-01: 1 шт.

*Устройство кроссировочное УК-727 поставляется в сборе с кабелем 30 м.

- 6 Коммутатор ZYXEL Smart Managed Switch GS1920-8HPV2 (или аналог): 1 шт.

Программное обеспечение для компьютера промышленного:

- 1 Windows 10 Enterprise long-Term Servicing Channel (LTSC) (или аналог, совместимый с Astra Linux Орел, Смоленск): 1 шт.

Программное обеспечение для фиксации и обработки параметров:

- 1 Пакет обработки сигналов WinПОС «Expert» (или аналог, совместимый с Astra Linux Орел, Смоленск): 1 шт;
- 2 BladeRecorderNet (или аналог, совместимый с Astra Linux Орел, Смоленск): 1 шт;
- 3 BladeBlackBox (или аналог, совместимый с Astra Linux Орел, Смоленск): 1 шт;
- 4 DoctorBlade (или аналог, совместимый с Astra Linux Орел, Смоленск): 1 шт;
- 5 BladeProcessor (или аналог, совместимый с Astra Linux Орел, Смоленск): 1 шт.

При проведении финальной сборки и настройки ПО, до поступления на площадку Калининской АЭС, поставляемое оборудование должно пройти автономные испытания с полной проверкой работоспособности (функций, процедур и т.д.) на площадке Поставщика и настройку ПО под конкретный турбоагрегат К-1000-60/3000 Калининской АЭС энергоблоков № 3,4.

Одна система для энергоблока № 3, вторая система для энергоблока № 4.

Всего 2 (две) системы СКВЛ.

3.2.4. Выполнить шефмонтаж СКВЛ, коммутирующей и регистрирующей аппаратуры. Выполнить шефналадку СКВЛ путем проведения комплекса измерений характеристик турбины.

3.2.5. Выполнить шефналадку вибрационного состояния рабочих лопаток 5-х ступеней правого и левого потоков ЦНД-2:

- в режиме нагружения блока и выходе на номинальную нагрузку при различном давлении в конденсаторе;
- в режиме работы энергоблока при повышенном уровне мощности 104% $N_{ном}$ при различном давлении в конденсаторе (в зимний период);
- в режиме работы энергоблока при повышенном уровне мощности 104% $N_{ном}$ при различном давлении в конденсаторе (в летний период);
- анализ и обработка результатов шефналадки вибрационного состояния рабочих лопаток в режиме работы энергоблока при повышенном уровне мощности 104% $N_{ном}$. Составления отчета по результатам шефналадки и выдача заключения о возможности безопасной эксплуатации турбины К-1000-60/3000 блоков № 3, 4 Калининской АЭС на повышенном уровне мощности 104% $N_{ном}$.

Подраздел 3.3. Требования к составным частям, исходным и эксплуатационным материалам

3.3.1. Фазоизмерительный комплекс является распределенной измерительной системой и включает крейт, имеющий то же название, что и комплекс, и составляющий его основу.

Характеристики фазоизмерительного комплекса MIC-1200 (<http://nppmera.ru/mic-1200>):

Количество входных каналов отметок событий, не менее: 16;

Количество дополнительных входов прецизионных импульсов, не менее: 2;

Интерфейс управления: по стандарту 100Base-TX;

Максимальный поток отметок событий, сек⁻¹: 250 000.

Входные каналы отметок событий комплекса должны быть предназначены для подключения отметчиков событий и расположены в 8-ми канальных модулях формирования прецизионных импульсов - МФПИ.

Характеристики входных каналов отметок событий:

Вид входа: дифференциальный, симметричный;

Амплитудный диапазон сигналов отметчиков $U_n, В$: 0,02 – 5,0;

с сохранением линейности сигнала: 0,02 – 1,6.

Разрешающая способность отметок, нсек 12,5 или 25;

Максимальный уровень внеполосной помехи, дБ: не более -90;

Разрядность АЦП контролируемых каналов, не менее: 12;

Частота преобразования (fs) контролируемого канала, кГц: 100, 200 или 500;

Входное сопротивление, МОм 1,0;

Входная емкость, пФ 30;

Питание подключаемых внешних устройств, В до 12;

Защита аналоговых входов, В до 40.

Дополнительные каналы ввода прецизионных импульсов предназначены для ввода отметок событий с помощью ТТЛ импульсов. При этом импульсы считаются прецизионными, т.е. их задние фронты совпадают с событиями.

Характеристики дополнительных входов прецизионных импульсов:

Вид входа: ТТЛ;

Уровень логического нуля, В -0,5 ... 1,0;

Уровень логической единицы, В 2,0 ... 5,0;

Защита входов, В до 10.

Под управлением ПО фазоизмерительный комплекс должен выполнять сбор данных и производить контроль системы.

Функции сбора данных (в темпе измерений):

- Непрерывный прием сигналов от отметчиков событий и от источников прецизионных импульсов, одновременно по каналам, произвольно выбранным из 26 возможных.
- Вычисление сдвига фаз сигналов от выбранных отметчиков для двух выбранных каналов и их отображение. Пересчет в соответствующий размер дуги.
- Прием сигналов единого времени на один из дополнительных каналов;
- Формирование буферов данных и по мере заполнения - передача их в РС для обработки;
- Старт, выбор режима, останов сбора данных по командам от компьютера.

Функции самоконтроля и контроля при настройке системы:

- Генерация и подача на вход каналов тестовых сигналов, имитирующих загрузку процессора, в дистанционном режиме;
- В дистанционном режиме генерация и подача на любой из входов отметчиков событий сигнала, имитирующего работу отметчика;
- Просмотр аналоговых сигналов на входах в прибор по любым двум каналам в режиме осциллографирования с целью проверки полярности сигнала и установки нужной позиции делителя;
- Просмотр прецизионных импульсов в режиме осциллографирования с целью настройки пороговых уровней;

Встроенный в комплекс тестовый режим должен имитировать поток событий. При этом должны имитироваться прецизионные импульсы на всех входных каналах, включая дополнительные каналы.

Характеристики встроенного тестового сигнала:

- *Количество задействованных каналов: 26;*
- *Количество тахоканалов 1;*
- *Частота тахоотметок, об/мин(Гц) 36621,1 (610,35);*
- *Номер тахоканала: первый;*
- *Количество каналов с периферийными отметчиками: 25;*
- *Число лопаток: 8;*
- *Суммарный поток отметок, тыс/с 122,680.*

В состав фазоизмерительного комплекса входит:

1. WinПОС «Expert» (<http://nppmera.ru/winpos>):

Программа общего назначения для обработки файлов формата «tera».

Используется в системе для просмотра и анализа базы данных. Программа работает в интерактивном режиме. Файлы формата «tera» формируются при импорте данных из Bladeprocessor и при работе плагинов.

2. BladeRecorderNet

*Программа обеспечивает настройку и управление аппаратной частью системы сбора данных, измерение положения лопаток турбины, отображение измерений на экране монитора, регистрацию данных в файл и воспроизведение данных из файла. Кроме того, программа может вести журнал событий, поддерживать кольцевой буфер, состоящий из файлов с данными, записанными в специальном формате, подключать встроенный сервер для обслуживания запросов от удаленного клиента на возможность захвата файлов из буфера, обеспечивать программный запуск и перезапуск при зависании компьютера с помощью встроенного в MIC-Dfm сторожевого таймера. При подключении к одному из измерительных каналов источника сигнала единого времени (модуль ME-020) программа обеспечивает индикацию и запись единого времени. Программа запоминает настройки интерфейса программы и характеристики исследуемого объекта в отдельных файлах с расширениями *.ini и *. rbd, соответственно. Программа работает автономно. Совместно с программой BladeRecorderNet может использоваться плагины, разрабатываемые по требованиям отдельных пользователей системы, производящие специальную обработку данных в реальном времени. Программа BladeRecorderNet имеет встроенный OPC - DA сервер, который может использоваться этими плагинами для передачи результатов обработки в другие системы (в частности в системы SCADA). Программа является программой сбора данных. Она способна производить экспресс-обработку основной и дополнительной пары отметчиков, выдавая пределы измерений расстояний для каждой лопатки одной из двух пар.*

3. BladeBlackBox

Предназначено для работы совместно с программой BladeRecorderNet. Оно выполняет детальный расчет колебаний каждой из лопаток и определяет максимальные уровни колебаний по лопаткам, парам, ступеням. Максимальных уровней колебаний лопаток контролируемых ступеней являются диагностическими признаками, для них проводится пороговый контроль. Главной задачей приложения является сохранение картины возникновения и развития опасных ситуаций на жестком диске большой ёмкости.

4. DoctorBlade (<http://www.nppmera.ru/assets/files/dfm/DoctorBladeGuide.pdf>):

Программный модуль, предназначенный для сервисного обслуживания программно-аппаратного комплекса. Она позволяет очистить файлы с измерительной информацией от помех, изменить структуру файла, подготовить тахоканал из канала лопаточного отметчика, разделить файл на фрагменты или слить несколько файлов с данными в один. DoctorBlade позволяет проанализировать распределение угловых положений лопаток относительно тахосигнала, вычислить взаимных сдвиг между парами отметчиков и на

этой основе подготовить файл угловых ворот. Кроме того, утилита позволяет просмотреть диагностическую информацию по аналоговому каналу, импортировать эту информацию в стандартный файл для аналоговых данных и убрать аналоговые данные из обрабатываемого файла. Планируется также использовать эту программу для оценки метрологических характеристик МИС-ДФМ.

При подготовке файла угловых ворот в диалоговом режиме утилита позволяет рассчитать угловые сдвиги между каналами. Этот расчет проводится на основе максимальной корреляции гистограмм распределения канальных фазовых отметок. Для достижения компромисса между быстродействием и точностью вычисления сдвига количество разрядов гистограмм выбрано равным 217. Следовательно, точность вычисления сдвига составляет величину $4,8 \times 10^{-5}$ рад.

Программа также позволяет подготовить файлы сигнатур каналов лопаточных отметчиков для формирования тахосигнала из сигнала лопаточного отметчика. Программа работает в интерактивном режиме. Установщик программы позиционирует её в качестве системного обработчика для файлов *.bld.

5. BladeProcessor:

Программа BladeProcessor является основным обработчиком файлов, записанных с помощью программ BladeRecorderNet. Она позволяет получать зависимости отклонений, скорости колебаний, амплитуды срывных и резонансных колебаний в функции времени (преимущественно для стационарных режимов) и частоты (преимущественно для выбегов турбины). Кроме того, на основе рассчитанных отклонений могут быть подсчитаны собственные частоты колебаний для каждой лопатки, числа узловых диаметров, распределение отклонений по амплитуде и экспорт результатов обработки в стандартный измерительный файл НПП «Мера» для исследования с помощью программы WinPos. Программа запоминает настройки интерфейса программы и характеристики исследуемого объекта в отдельных файлах с расширениями *.ini и *.lfn, соответственно. Программа работает в интерактивном режиме. Установщик программы связывает с этим приложением расширение имени файла *.lfn. При запуске в системе такого файла настройки автоматически запускается приложение Bladeprocessor с настройками из этого файла.

3.3.2. Характеристики компьютера промышленного должны быть не менее:

CPU (минимум) Intel Core i5 10-го поколения и выше;

Threads 6 и выше;

Частота от 2,0 GHz;

или

CPU (минимум) AMD Ryzen 5 3-го поколения и выше;

Threads 6 и выше;

Частота от 2,0 GHz;

Количество ядер 2

Количество потоков 2

RAM 8 GB DDR4 и выше (возможность расширения до 64GB);

HDD 500 GB SATAII и выше — 2 шт.

Оптический привод DVD-

Сетевой адаптер 2×10/100/1000 на базе Intel i210AT

Монтаж в стойку, высота 1U;

Габариты не более (В×Ш×Г) 44.5 мм × 482 мм × 550 мм;

Блок питания 1U 300 Вт;

На каждом компьютере промышленном Princesps должно быть установлено ПО в объёме п. 3.3.3.

3.3.3. Установленное ПО:

- Windows 10 Enterprise long-Term Servicing Channel (LTSC) и выше (или аналог, совместимый с Astra Linux Орел, Смоленск).

- Microsoft Office 2016 и выше (или аналог, совместимый с Astra Linux Орел, Смоленск) (предоставляется Заказчиком).

3.3.4. Консоль KVM Procase Unius 19. Консоль модульная однорельсовая 19". Подробные характеристики: <http://prom-pc.ru/product/procase-unius-19>.

Консоль для монтажа в стойку;

Диагональ монитора 19";

Количество подключаемых системных блоков не менее 1;

Блок питания консоли 12V, 4 А.

Вес 10 кг (± 5 кг).

Размеры не более (ДхШхВ): мм 490х488х49;

3.3.5. Стойка приборная с поддоном и стеклом БЛИЖ.401202.300.100.

Стойка приборная предназначена для размещения измерительного и сетевого оборудования (п. 3.3.1, 3.3.2, 3.3.4).

Стойка приборная обеспечивает:

- прием информационных потоков от подсистем нижнего уровня по локальной сети;
- регистрацию принимаемой информации;
- обработку зарегистрированной аналого-цифровой информации;
- запись обработанных данных;
- хранение файлов с результатами испытаний для последующей постэкспериментальной обработки.

Стойка приборная сохраняет работоспособность в следующих условиях:

- диапазон рабочих температур среды от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$;
- относительной влажности не более 80% при температуре окружающей среды $+25^{\circ}\text{C}$.

Электропитание стойки приборной осуществляется от источника бесперебойного питания, который подключен через силовой трансформатор 380/220 В мощностью 10 кВА.

Конструкция стойки, в которой располагается комплекс фазоизмерительный, располагается вентиляционная панель, комплект патч-корд. Стойка должна предусматривать извлечение фазоизмерительного комплекса и использование в качестве мобильного прибора.

3.3.6. Кроссировочная коробка УК-727 (<http://www.nppmera.ru/assets/files/dfm/UK-727%20RE.pdf>):

- Кроссировочная коробка УК-727-2 (левая) БЛИЖ.408320.115.002 в сборе с кабелем 30 м (<http://www.nppmera.ru/assets/files/dfm/UK-727%20RE.pdf>).

- Кроссировочная коробка УК-727-3 (правая) БЛИЖ.408320.115.002-01 в сборе с кабелем 30 м (<http://www.nppmera.ru/assets/files/dfm/UK-727%20RE.pdf>).

Технические характеристики:

- количество каналов 8;
- напряжение питания (биполярное) от $\pm 11,0$ до $\pm 13,0$ В;
- диапазон частот сигнала отметчика 10-40000 Гц;
- диаметр защитных оболочек проводов отметчиков от 4 до 9 мм;
- габариты, не более: 264х178х55 мм;
- масса, не более: 1,5 кг.

3.3.7. Коммутатор ZYXEL Smart Managed Switch GS1920-8HPV2 (или аналог).

Подробные технические характеристики:

https://www.nix.ru/autocatalog/networking_zyxel/ZYXEL-GS1920-8HPV2_402880.html

Технические характеристики:

- не менее 4 порта LAN 10/100/1000 Мбит/с;
- не менее 1 порт WAN 10/100/1000 Мбит/с;
- Рабочая температура: $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$;
- монтаж в стойку 1U;
- Размеры (ШхВхГ), не более: 267 х 44 х 162 мм;
- Вес, не более: 2,65 кг.

РАЗДЕЛ 4. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОЕКТНОЙ И РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Поставщиком после разработки проекта и КД (п.3.2.1, 3.2.2.) предоставляется:

- Программа испытаний системы;
- Конструкторская документация:
 - Монтажный чертеж на виброоснастку;
 - Чертеж на дополнительную обработку рабочих лопаток;
 - Чертеж на дополнительную обработку диафрагм;
 - Чертеж на дополнительную обработку ротора;
 - Чертежи на кронштейны, штуцера, шайбы;
- Руководство по эксплуатации системы;
- Руководство оператора (пользователя) системы;
- Руководство по эксплуатации комплекса фазоизмерительного;
- Руководство по эксплуатации устройства кроссировочного;
- Технические условия на комплекс фазоизмерительный;
- Паспорт на комплекс измерительно-вычислительный;
- Паспорт на устройство кроссировочное;
- Руководство по эксплуатации на устройство кроссировочное.

РАЗДЕЛ 5. МЕСТО ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ

*Калининская АЭС. Энергоблок № 3. Инв. № 9630938 «Турбоустановка К-1000-60/3000».
Калининская АЭС. Энергоблок № 4. Инв. № 9800103 «Турбоустановка К-1000-60/3000».
Место поставки: Доставка осуществляется транспортом Подрядчика до склада на промплощадке Калининской АЭС, г. Удомля.*

РАЗДЕЛ 6. ТРЕБОВАНИЯ И УСЛОВИЯ К РАЗРАБОТКЕ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕР И МЕРОПРИЯТИЙ

В соответствии с СТО 1.1.1.01.999.0466-2018 «Основные правила обеспечения охраны окружающей среды на атомных станциях» (<https://library.fsetan.ru/doc/sto-111019990466-2008-osnovnyie-pravila-obespecheniya-ohranyi-okruzhayuschej-sredy-na-atomnyih-stantsiyah-s-izmeneniet-n-1-2/>) СКВЛ не должна оказывать негативного воздействия на окружающую среду.

РАЗДЕЛ 7. СРОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

В соответствии с календарным планом (приложение № 8).

РАЗДЕЛ 8. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ

Работы должны выполняться организацией, имеющей программу обеспечения качества (ПОК) на осуществляемый вид деятельности. Подрядчик в порядке и сроки, установленные приложением к договору «Соглашение по обеспечению качества при выполнении работ/оказании услуг», и в соответствии с требованиями ПОР 1.1.3.19.1759-2020 "Порядок согласования, проверки выполнения и оценки результативности выполнения программ обеспечения качества организациями, выполняющими работы и предоставляющими услуги АО «Концерн Росэнергоатом» (<https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/558/558b0779e8a94727b7f83ab8cce41d57.pdf>) предоставляет на Калининскую АЭС (в эл. виде) для рассмотрения и согласования программу обеспечения качества выполняемых работ (ПОК), разработанную в соответствии с НП-090-11 «Требования к программам обеспечения качества для объектов использования атомной энергии». Состав работ, включенных в ПОК, должен соответствовать составу работ по договору» (<https://meganorm.ru/Data2/1/4293795/4293795537.pdf>).

РАЗДЕЛ 9. ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ

Шеф-руководство (шефмонтаж, шефналадка) на площадке Заказчика должны быть проведены в срок до 23.06.2022. Разработанная программа испытаний должна быть согласована с подразделением владельцем оборудования (срок согласования 10 рабочих дней) и должна содержать порядок и способ выполнения проверки правильности, качества подключения кабельных связей и внутрикорпусного монтажа. Минимальные трудозатраты привлекаемого персонала 150 чел./дней на 1 блок.

Шефналадку вибрационного состояния рабочих лопаток 5-х ступеней правого и левого потоков ЦНД-2 осуществляется в период с 24.06.2022 по 21.02.2024, осуществляется в следующих режимах работы энергоблоков № 3,4:

- в режиме нагружения блока и выходе на номинальную нагрузку при различном давлении конденсаторе;
- в режиме работы энергоблока при повышенном уровне мощности 104% $N_{ном}$ при различном давлении в конденсаторе (в зимний период);
- в режиме работы энергоблока при повышенном уровне мощности 104% $N_{ном}$ при различном давлении в конденсаторе (в летний период).

Специалисты обеспечивают:

- техническое руководство по монтажу, наладке;
- надзор за выполнением работ по монтажу и наладке;
- надзор и участие в испытаниях по разработанной программе с целью проверки работоспособности системы в различных режимах, подтверждение соответствия заявленным характеристикам.

Минимальные трудозатраты привлекаемого персонала по шефналадке вибрационного состояния 30 чел./дней на 1 блок.

Минимальные трудозатраты привлекаемого персонала по анализу 2332 нормо-часа на 1 блок.

РАЗДЕЛ 10. ТРЕБОВАНИЯ К ОСОБЫМ УСЛОВИЯМ РАБОТ

Оборудование СКВЛ не должно нарушать герметичность проточной части ЦНД турбоагрегатов К-1000-60/3000 энергоблоков № 3,4.

Категория сейсмостойкости: II по НП-031-01
(<http://www.gostrf.com/normadata/1/4294815/4294815342.pdf>).

РАЗДЕЛ 11. ТРЕБОВАНИЯ К СРОКУ И (ИЛИ) ОБЪЕМУ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ГАРАНТИЙ

Подрядчик должен гарантировать достоверность результатов полученных замеров уровня вибрации последних ступеней ЦНД-2 и возможность эксплуатировать турбины К-1000-60/3000 энергоблоков №3,4 Калининской АЭС на повышенном уровне мощности 104% $N_{ном}$ без снижения безопасности эксплуатации.

Подрядчик обязан за свой счет устранять неполадки в работе системы, если таковые возникнут в течение 24 месяцев с момента ввода в эксплуатацию системы.

Подрядчик обязуется урегулировать своими силами и за свой счёт претензии третьих лиц, предъявленные Заказчиком в связи с нарушением их исключительных прав, а также возместить Заказчику все убытки, вызванные нарушениями исключительных прав третьих лиц на территории России, связанными с установленной Подрядчиком и использованием Заказчиком установленной системы, включая использование обеспечивающих функционирование в установленной системе программ для ЭВМ.

Гарантийный срок эксплуатации фазоизмерительного комплекса 18 месяца с момента ввода в эксплуатацию. Срок службы фазоизмерительного комплекса: не менее 7 лет.

Наработка на отказ: Не менее 10 000 ч. Срок службы системы: не менее 30 лет.

Срок службы между ремонтами: Не менее 18 месяцев.

РАЗДЕЛ 12. ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ

При выполнении работ Подрядчик должен соблюдать действующее законодательство РФ, нормы и правила, в том числе:

- Технический регламент о требованиях пожарной безопасности № 123-ФЗ от 22 июля 2008 (http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/);
- Технический регламент о безопасности зданий и сооружений № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 года (http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/);
- СП 12-136-2002 Безопасность труда в строительстве. Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ (<http://docs.cntd.ru/document/901835428>);
- «Правилами противопожарного режима в Российской Федерации» (утв. постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. № 390) (<http://docs.cntd.ru/document/902344800>);
- СТО 1.1.1.04.001.1500-2018 «Правила пожарной безопасности при эксплуатации атомных станций» (<https://sudact.ru/law/prikaz-oao-kontsern-rosenergoatom-ot-10122018-n/prilozhenie/>);
- ГОСТ 23407-78 «Ограждения инвентарные строительных площадок и участков производства работ» (<http://docs.cntd.ru/document/gost-23407-78>);
- ГОСТ 12.1.046-2014 «Система стандартов безопасности труда. Строительство. Нормы освещения строительных площадок» (<http://docs.cntd.ru/document/1200114236>);
- РД-11-02-2006 «Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения» (<http://docs.cntd.ru/document/902023790>).

РАЗДЕЛ 13. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ РАБОТ И ПОРЯДКУ ПРИЕМКИ

По завершению выполнения работ (этапа) Подрядчик предоставляет Заказчику акт сдачи-приемки работ, протоколы проведенных испытаний, отчет о проведении испытаний, отчет о возможности эксплуатации турбин К-1000-60/3000 энергоблоков №3,4 Калининской АЭС на повышенном уровне мощности 104% Нном без снижения безопасности, счёт-фактуру.

Подрядчик передаёт Заказчику в соответствии с Техническим заданием Заказчика и установленные в поставляемом оборудовании программы, перечисленные в пункте 3.3.3 на условиях простой (неисключительной) лицензии на территории Российской Федерации на весь срок действия исключительного права на эти программы, по акту.

Программы устанавливаются Подрядчиком на поставляемом оборудовании и дополнительно передаются Заказчику на материальном носителе (CD-диске или USB флеш-накопителе). Подрядчик обязан хранить контрольный экземпляр каждой программы, передаваемой Заказчику для использования в поставляемой Продукции, и предоставлять её резервную копию Заказчику по его запросу при необходимости.

Право собственности на указанное программное обеспечение переходит к Заказчику с момента подписания сторонами акта сдачи-приёмки оборудования и программы.

РАЗДЕЛ 14. ТРЕБОВАНИЕ К ФОРМЕ ПРЕДСТАВЛЯЕМОЙ ИНФОРМАЦИИ

Исполнительная документация должна быть оформлена в соответствии с нижеперечисленными требованиями:

- в состав исполнительной документации должен входить перечень исполнительной документации с указанием наименований, номеров документов, количества листов передаваемых документов;
- текстовые материалы должны быть сброшюрованы в отдельные папки с нумерацией страниц;
- папка, содержащая несколько документов, начинается перечнем (описью) вложения с подписью ответственного за комплектацию;
- документы должны быть пригодны для хранения, снятия копий;
- документы должны быть контрастно отпечатаны и хорошо читаемы;
- бумага должна быть хорошего качества, без механических повреждений.

Подрядчик обязан передать Заказчику сканированную копию исполнительной документации в формате PDF.

РАЗДЕЛ 15. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБУЧЕНИЮ ПЕРСОНАЛА ЗАКАЗЧИКА

Не предъявляется.

РАЗДЕЛ 16. ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

1	ДФМ	Дискретно-фазовый метод
2	КК	Клемная коробка
3	МФПИ	Модуль формирования прецизионных импульсов
4	ПО	Программное обеспечение
5	СКВЛ	Система контроля вибрационного состояния лопаток
6	СКО	Среднеквадратичное отклонение амплитуд колебаний лопаток
7	ССД	Станция сбора данных

РАЗДЕЛ 17. ПЕРЕЧЕНЬ ПРИЛОЖЕНИЙ

Приложение 1. Состав и схема расположения СКВЛ;
Приложение 2. Принципиальная схема устройства для замера колебаний лопаток турбины;
Приложение 3. Принципиальная схема размещения магнитов в бандажных полках лопаток;
Приложение 4. Пример размещения основной и дополнительной калибровочной магнитной вставки;
Приложение 5. Принципиальная схема расположения одной пары периферийных отметчиков;
Приложение 6. Принципиальная схема магнитной вставки.
Приложение 7. Спецификация на поставку оборудования СКВЛ.
Приложение 8. Календарный план.

Начальник ОИТПЭ

И.И. Кузьменко

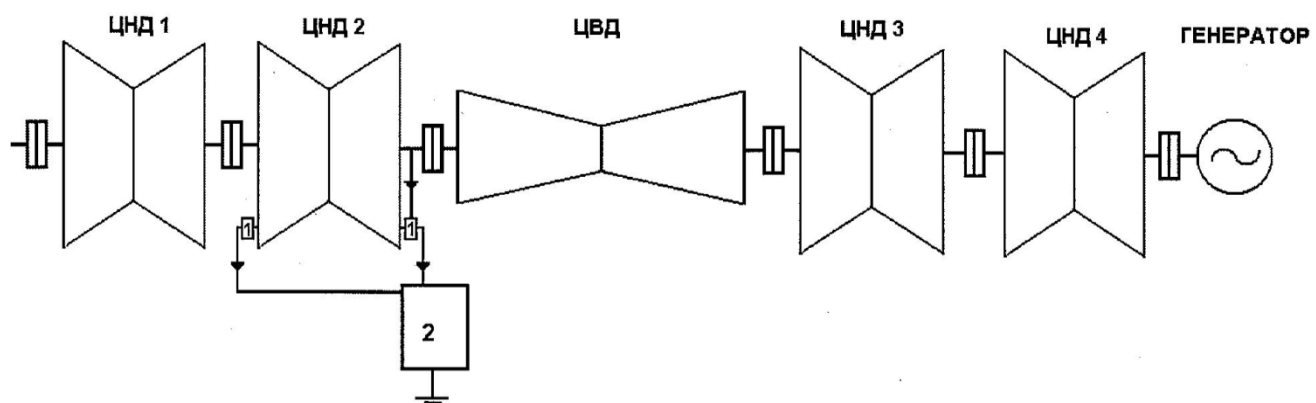
Визы:

И. о. начальника ТЦ-2

Д.И. Иванов

Исполнитель Саванин Александр Витальевич

ГС ОИТПЭ, +7(48255)6-83-38

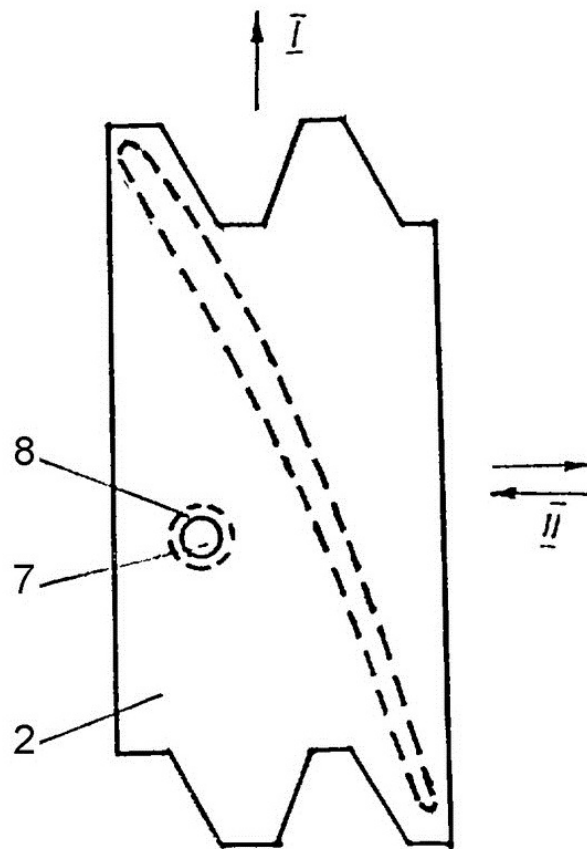
Состав и схема расположения СКВЛУсловные обозначения:

- 1 клеммные коробки (КК) для отметчиков частоты вращения ротора и отметчиков измерения вибрации лопаток 5-х ступеней ЦНД-2;
- 2 станция сбора данных (ССД).

A schematic diagram of a circular machine, possibly a turbine or a pump. The diagram shows a cross-section of a circular assembly. At the center is a small circle labeled '1'. Surrounding it is a larger circle with radial lines extending from the center to the outer edge, labeled '2'. The outer edge of this circle is divided into segments, with one segment labeled '3'. To the left of the main circular assembly, there is a vertical structure with a horizontal pipe or duct labeled '4' and a component labeled '5'. Below the main assembly, there is a rectangular block labeled '6' connected to the main structure by a vertical line.

- 1 оборотный отметчик;
- 2 бандажные полки;
- 3 лопатки;
- 4 периферийный отметчик;
- 5 периферийный отметчик;
- 6 анализирующая аппаратура.

Принципиальная схема
размещения магнитов в бандажных полках лопаток



Условные обозначения:

- 2 бандажная полка;
- 7 магнит;
- 8 немагнитный корпус;
- I – направление вращения ступени;
- II – направление виброперемещения лопатки.

Пример размещения основной и дополнительной калибровочной
магнитной вставки

направление вращения



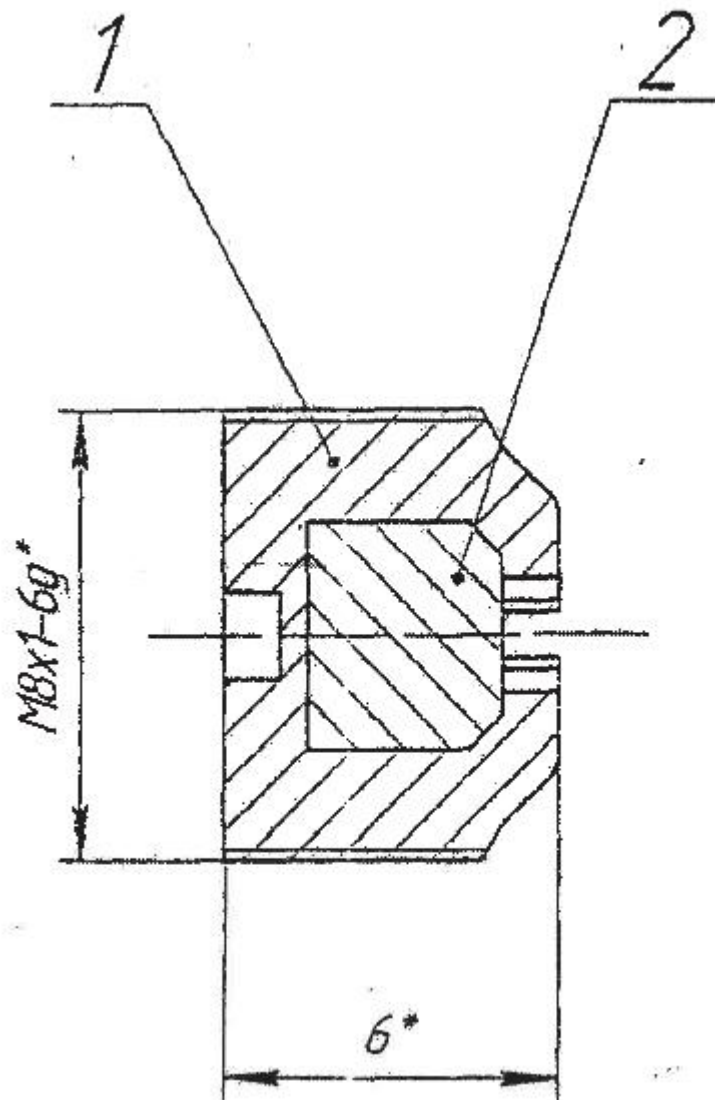
направление
колебаний

The diagram illustrates the operation of a magnetic sensor with two states:

- Initial State (Top):** Labeled "исходное положение магнита" (initial position of the magnet). The magnet (10) is tilted at an angle $-\alpha$ relative to the vertical axis. The vertical distance between the magnet's ends and the center line is ΔU_2 . The horizontal distance from the center line to the magnet's tip is ΔA . The sensor housing is labeled 12.
- Changed State (Bottom):** Labeled "измененное положение магнита" (changed position of the magnet). The magnet (11) is tilted at an angle α relative to the vertical axis. The vertical distance between the magnet's ends and the center line is ΔU_1 . The sensor housing is labeled 9.

A vertical arrow on the left indicates the direction of the magnetic field I . A horizontal arrow labeled \vec{II} indicates the direction of the magnet's movement between the two states.

9 сердечник;
10 сердечник;
11 корпус;
12 корпус.

Принципиальная схема магнитной вставкиУсловные обозначения:

- 1 немагнитный конкурс;
- 2 магнит;

СПЕЦИФИКАЦИЯ
на поставку оборудования СКВЛ

№ п/п	Наименование продукции	Категория сейсмостойкости	Класс безопасности по НП-001-15	Ед. изм.	Кол-во	Срок поставки
1	Комплекс MIC-1200-002 <i>(или аналог)</i>	-	-	шт.	2	с 07.04.2022 по 22.04.2022
2	Компьютер Princeps 1U-2FT-10 Prom-PC (п. 3.3.2) с установленным ПО (п. 3.3.3) <i>(или аналог)</i>	-	-	шт.	2	с 07.04.2022 по 22.04.2022
3	Консоль KVM Procase Unius19 <i>(или аналог)</i>	-	-	шт.	2	с 07.04.2022 по 22.04.2022
4	Стойка приборная с поддоном <i>(или аналог)</i>	-	-	шт.	2	с 07.04.2022 по 22.04.2022
5	Устройство кроссировочное УК-727 <i>(или аналог)</i>	-	-	шт.	2	с 07.04.2022 по 22.04.2022
6	Коммутатор ZYXEL Smart Managed Switch GS1920-8HPV2 <i>(или аналог)</i>	-	-	шт.	2	с 07.04.2022 по 22.04.2022

Начальник ОИТПЭ

И.И. Кузьменко

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

работ по теме:

«Выполнение работ по модернизации проточной части турбины К-1000-60/3000 с установкой системы контроля вибрации лопаток, для повышения надежности и безопасности эксплуатации турбины на повышенном уровне мощности 104% N_{ном}»

№ этапа	Наименование работ по договору	Сроки начала	Сроки окончания	Перечень отчетной документации, передаваемой Заказчику
1.	Разработка проекта СКВЛ с определением схемы конфигурации	<i>T0</i>	T0+8 месяцев	Комплект документации, акт сдачи-приемки работ, счет-фактура
2.	Разработка конструкторской документации (монтажных чертежей и чертежей дополнительной мехобработки диафрагмы и лопаток 5-й ступени ЦНД в условиях АЭС)	<i>T0</i>	T0+10 месяцев	Комплект документации, акт сдачи-приемки работ, счет-фактура
3.	Поставка оборудования СКВЛ на площадку Калининской АЭС	07.04.2022	22.04.2022	Счет-фактура, товарная накладная ТОРГ-12
4.	Шефмонтаж и шефналадка СКВЛ: руководство монтажом вибрационной оснастки силами ремонтного персонала заказчика; настройка системы.	25.04.2022	23.06.2022	Акты сдачи-приемки выполненных работ, счет-фактуру, справки о стоимости выполненных работ и затрат формы КС, исполнительскую документацию, протоколы проведенных испытаний, отчет о проведенных испытаниях
5.	Шефналадка вибрационного состояния рабочих лопаток 5-х ступеней правого и левого потоков ЦНД-2: - в режиме нагружения блока и выходе на номинальную нагрузку при различном давлении конденсаторе; - в режиме работы энергоблока при повышенном	24.06.2022	21.02.2024	Акт сдачи-приемки работ, протоколы проведенных испытаний, отчет о проведении испытаний, отчет, счет-фактура.

№ этапа	Наименование работ по договору	Сроки начала	Сроки окончания	Перечень отчетной документации, передаваемой Заказчику
	<p>уровне мощности 104% Nном при различном давлении в конденсаторе (в зимний период);</p> <p>- в режиме работы энергоблока при повышенном уровне мощности 104% Nном при различном давлении в конденсаторе (в летний период);</p> <p>- анализ и обработка результатов шефналадки вибрационного состояния рабочих лопаток в режиме работы энергоблока при повышенном уровне мощности 104% Nном. Составления отчета по результатам шефналадки и выдача заключения о возможности безопасной эксплуатации турбины К-1000-60/3000 блоков № 3, 4 Калининской АЭС на повышенном уровне мощности 104% Nном.</p>			

Начальник ОИТПЭ

И.И. Кузьменко