



БОНДАРЕНКО Ю.Н., ген. директор,
КУЗЬМИН В.В., докт. техн. наук, проф.,
ШПАТЕНКО Т.В., канд. техн. наук,
БОНДАРЕНКО Я.Ю., ШПАТЕНКО В.С., инженеры,
 Консорциум "НПО "Укргідроенергострой",

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

Статья посвящена изложению современных подходов к решению проблемы повышения технико-экономических характеристик гидрогенераторов.

Введение. В СССР организация строительства новых ГЭС и модернизация действующих велась в директивном порядке согласно решениям Госплана, согласованным с отраслевыми Министерствами и ведомствами.

Заводы-изготовители получали плановые задания (обычно на срок 5–7 лет) с указанием типа оборудования, и объектов назначения плюс некоторые данные по предварительным значениям параметров (для гидрогенераторов — мощность, напряжение и т.п.). Дальнейшие этапы организации работ устанавливались отраслевыми и государственными стандартами. Эта система разработки новой техники действует и поныне [1–3].

Проектные работы вели государственные проектные организации ("Укргідропроект") и отраслевые НИИ и КБ.

В мировой практике сложилась совершенно иная ситуация с организацией таких работ, основанная на принципе свободной конкуренции между исполнителями отдельных этапов.

В начале текущего столетия мы неожиданно столкнулись с новым (зарубежным) для нас подходом, когда на совещании в представительстве GE в Москве мы попросили регионального менеджера Ф.Фишера взять на себя работы по обследованию гидрогенераторов ст. № 1–3 ДнепротЭС-1 американского производства и предложить объем работ по их модернизации. На это Ф.Фишер ответил, что "только у М.Твена работает тандем мальчик с рогаткой, а за ним — стекольщик". И далее пояснил, что согласно мировым нормам потенциальный исполнитель ремонтных работ (завод-изготовитель) не имеет права выступить в роли "самозванца". На этом же принципе построен и "Опросник Альстома", титульный лист которого приведен в [4].

Такая практика была принята и при работе "Укргідренерго" с Мировым Банком, когда в процессе развертывания работ по реконструкции гидрогенераторов Днепровского каскада сопровождали тендерных процедур осуществляли специалисты из Канады.

1. Этап обследования состояния оборудования и подготовки тендерного запроса (тендера) на выполнение работ их реабилитации (либо на поставку нового оборудования).

1.1. Обследование и разработка предложений.

Исполнителя этого этапа работы определяет Заказчик. По поручению Заказчика Исполнитель составляет и согласовывает Техническое задание на выполнение этапа. (Приложение 1)

В ходе согласования ТЗ и выполнения работ по этапу в этих процедурах участвует представитель Заказчика (Куратор).

Предложения по составу Проекта и методах его реализации обсуждаются на совместном заседании НТС. Решение НТС берется за основу для разработки Тендера.

1.2. Разработка Тендера.

Выполнение этого этапа Заказчик обычно поручает квалифицированной независимой организации, имеющей соответствующие референции либо положительный опыт сотрудничества с Заказчиком.

1.2.1. Техническая часть тендера (по нашим стандартам — расширенный вариант технического задания) включает в себя требования:

- к параметрам и характеристикам оборудования,
- гарантийные обязательства,
- требования к конструкции и вспомогательному оборудованию,
- обеспечение монтажной, эксплуатационной и ремонтной документацией,
- правила, методы и программы приемки, в том числе программа контроля качества [5, 6],
- организационно-инспекционные мероприятия (приемка представителями Заказчика, надзор за сборкой на объекте представителями Исполнителя),
- сроки поставки оборудования и выполнения работ на объекте,
- порядок и сроки оплаты, штрафные санкции.

1.2.2. "Квалификационный" тендер.

Включает перечень объективных данных об Исполнителе в части,

- его финансового состояния (независимый аудит),
- опыта проведения подобных работ (отзывы с мест эксплуатации),
- научно-технического уровня разработок,
- технического уровня производственной базы, включая, испытательные стенды и лаборатории.

2. Организация торгов

2.1. Объявление о начале и сроках завершения подачи тендерных предложений публикуется в прессе и Интернете.



2.2. **Тендерный запрос** может приобрести любая фирма за наличный расчет по цене, указанной в п. 2.1.

2.3. **Организация работ** тендерного комитета и определение победителя.

В состав тендерной комиссии (ТК) включаются представители Заказчика и независимых фирм-экспертов.

По опыту торгов в ОАЭ (Абу-Даби, 1988 г.) процедура оценки предложений проводилась в следующем порядке:

- оценивается потенциал Исполнителей по параграфам предквалификационного тендера,

- вскрытие конвертов "А" (цены), предложение с наибольшей и наименьшей ценой откладываются.

- вскрытие конвертов "В" (сроки), предложения, в которых сроки выше предельных, снимаются с торгов.

- вскрываются конверты "С" (технические характеристики).

Победитель определяется тайным голосованием членов ТК.

2.4. **Переговоры по заключению контрактов.**

С победителями по п. 2,3 начинаются переговоры по заключению контрактов.

Фирмы, занявшие 2-е и 3-е места, извещаются об этом и остаются в резерве на случай, если с победителем не удастся решить спорные вопросы (и он добровольно "сойдет с дистанции").

2.5. **Подписание контракта.**

После объявления результатов по п. 2.4 разворачиваются переговоры по согласованию всех деталей контракта, которые заканчиваются его подписанием (либо переговорам с последующими по очередности "призерами" торгов).

3. **Достижения зарубежных фирм**

3.1 **Общие тенденции.**

Процесс в конструировании турбо- и гидрогенераторов в послевоенный период основывался на решении нижеперечисленных задач проблемного характера.

1. Обеспечение заданной электрической прочности и долговечности высоковольтной электрической изоляции.

К концу 80-х годов ведущими фирмами разработаны и освоены новые виды изоляции статорных обмоток, обладающие как уменьшенной толщиной, так и повышенной теплопроводностью ("Микадур — Плюс").

2. Получение высококачественных конструкций по параметрам динамики и прочности. Задача решена примерно в тот же период как за счет внедрения полевых (3D) методов механических расчетов, так и с помощью использования более качественных материалов.

3. Ограничение нагрева активной зоны до уровня, допустимого по термическим свойствам изоляции.

Наиболее сложная проблема, решение которой

для генераторов с воздушно-водяным и водородно-водяным охлаждением было найдено в начале 80-х годов, а для машин с чисто воздушным охлаждением продолжается и в настоящее время. Здесь в центре комплекса взаимосвязанных задач находятся:

- Получение более качественных расчетных данных как по суммарному уровню составляющих потерь в активной характеру их распределения по объему (3D-методы).

- Разработка более эффективных методов вентиляционных расчетов (также на базе 3D моделей).

- На основе предыдущих получение реального прогноза состояния активной зоны в предельно допустимых эксплуатационных режимах.

Большие успехи достигнуты ведущими фирмами в области серийного освоения асинхронизированных турбогенераторов (России) и гидрогенераторов (заводы Японии и Европы).

В последние годы форсированы работы по снижению массы сил роторов как одного из важнейших ценообразующих факторов — актуального аспекта в обстановке обостряющейся конкурентной борьбы.

3.2 **Достижения и инновации зарубежных фирм**

Упомянутые достижения приведены в Приложении 3 без указания наименования фирм.

Хотя большинство перечисленных мероприятий не нуждается в комментариях, следует отметить, что все фирмы на первое место ставят уровень расчетных процедур, являющихся залогом успеха в конкурентной борьбе [1].

Для иллюстрации в приложениях дан ряд примеров, взятых из доступной информации (остальные новшества приведены на основании информации, полученной в процессе сотрудничества с фирмами "Электросила", "Альстом" и "Сименс"). Далее идут ссылки на пункты приложения 3.

П/п. 1—3. Наиболее комплексный подход изложен в докладе фирмы "Хитачи" [7].

Этим же критериям следовала и "Электросила" [8], считая, что прогресс в освоении новых мощностей достигнут при пересмотре ряда традиционных концепций расчета, проектирования и технологии производства.

П. 4.1.2. и 4.1.3. — преимущества современных типов высоковольтной изоляции изложены в обзорной статье [9].

П. 4.2. Эти инновации широко используются зарубежными фирмами.

П. 4.3.2. Кроме перечисленных в приложении инноваций следует также учесть, что ведущие фирмы наряду с комплектной поставкой генераторного оборудования берут на себя и часть проектно-сервисных работ, с чем мы впервые столкнулись при выполнении контракта на поставку турбогенераторов в Индию.

3.3. **Освоение производства асинхронизированных генераторов-двигателей.**



Асинхронизированные турбогенераторы серийно освоены в РФ, Несмотря на то, что начало этих разработок было положено на Украине в сотрудничестве с институтами Москвы, лидерство в этом направлении нами потеряно. Объявление о начале и сроках завершения подачи тендерных предложений публикуется в прессе и Интернете.

Асинхронизированные гидрогенераторы-двигатели. Теоретические основы этого направления также были заложены в 80-х годах и реализованы на Кольской АЭС, дальнейшее развитие было отодвинуто на задний план после трагедии на Чернобыльской АЭС.

За это время серийное производство гидрогенераторов-двигателей для ГАЭС на переменную частоту вращения освоения рядом форм Японии и Европы.

Несмотря на востребованность внедрения таких инноваций на ГАЭС Украины, Литвы и Польши НИОКР в этом направлении не ведутся, хотя научно-технический потенциал для решения этой проблемы у нас еще имеется [10].

3.4 Традиции последних лет (по публикациям СИГРЭ). Ниже приведен перечень наиболее интересных докладов на сессиях СИГРЭ – 2008, 2010 и 2012 гг., посвященных инновациям в рассматриваемом направлении.

СИГРЭ–2008:

A1-101 Большой опыт эксплуатации и новые технологии на регулируемых (по скорости вращения) ГАЭС в Японии.

A1-103 Экспериментальное исследование последних разработок в области проектирования статоров мощных турбогенераторов с воздушным охлаждением.

A1-105 Возможности повышения мощности и КПД гидрогенератора.

A1-114 Применение принципа моделирования синхронных генераторов для определения внутренних повреждений и оценки защиты.

СИГРЭ–2010:

A1-101 Применение магнитных клиньев в пазах статоров гидрогенераторов.

A1-108 Опыт разработки и эксплуатации новых типов турбогенераторов с векторной системой возбуждения для широкого диапазона регулирования реактивной мощности.

A1-201 Оптическая система для мониторинга гидрогенераторов.

A1-204 Опыт непрерывного контроля величины частичного разряда при техническом обслуживании трёх аналогичных гидрогенераторов.

A1-205 Полевой анализ частичных разрядов вращающихся машин.

A1-206 Обнаружение короткозамкнутых витков обмотки ротора в турбогенераторах и гидрогенераторах.

A1-207 Модернизация и увеличение мощности гидрогенераторов на ГЭС в Египте.

A1-210 Углубленный анализ использования генераторов для ГЭС.

A1-213 Проверка, ремонт и перемотка генераторов высокого напряжения с воздушным охлаждением.

СИГРЭ–2012:

A1-102 Инерция гидрогенераторов. Влияние на измерение, цены, КПД и исполнение частей.

A1-104 Вычисление электромагнитного усилия на демпферные обмотки для гидрогенератора мощностью 1000 МВт, используя метод последовательных интегралов.

A1-108 Динамическое наблюдение за температурой и оценка продолжительности работоспособности техники для электрических машин.

A1-109 Прямое измерение температуры турбогенераторов с помощью датчиков FBG.

A1-202 Групповые анализы частичных разрядов в электрических машинах.

A1-206 Повышение надежности генераторов гидроэлектростанций, основанное на одновременной записи и анализе критических переменных.

A1-207 Программа для улучшения и модернизации гидроэлектростанций Gemig GT.

Приложение 1. Выписка из программы контроля качества турбогенератора для поставки на АЭС в Индию.

Испытания генератора и оборудования системы возбуждения на заводе-изготовителе

1. Общие требования

1.1. Турбогенератор и вспомогательное оборудование, на которые распространяется настоящее техническое задание, должны пройти испытания ПРОДАВЦОМ при изготовлении. Следует, однако, отметить, что успешное прохождение любого такого испытания не лишит ПОКУПАТЕЛЯ права забраковать установку, если она не будет отвечать требованиям настоящего технического задания. Расходы на проведение всех испытаний, упаковку, оплату фрахта и страхование при любом способе транспортировки, а также расходы на проведение повторных испытаний должен нести ПРОДАВЕЦ. Настоящее положение распространяется и на испытания и проверки, проводимые на заводе Субподрядчика ПРОДАВЦА.

Перед упаковкой или отгрузкой любого оборудования/установки с завода ПРОДАВЦА должны быть проведены все требуемые испытания.

При готовности оборудования/установки для проверки или испытания ПОКУПАТЕЛЮ должно быть направлено заблаговременное взаимно согласованное уведомление, и ПРОДАВЕЦ и его Субподрядчик должны предоставить представителю ПОКУПАТЕЛЯ все необходимое оборудование и условия для проведения проверки и присутствия при испытаниях на заводе-изготовителе.

Список субподрядчиков должен быть предоставлен покупателю на согласование на стадии разработки рабочих чертежей.

1.2. Программа испытаний на заводе-изготовителе должна включать электрические, механические и гидравлические испытания в соответствии с действующими стандартами, а также нормативными документами ПОКУПАТЕЛЯ, и, кроме того, любое испытание, затребованное представителем ПОКУПАТЕЛЯ для того, чтобы обеспечить соответствие поставляемой установки требованиям настоящего технического задания. Для установок, на которые упомянутые действующие стандарты не распространяются, программа испытаний должна согласовываться с представителем ПОКУПАТЕЛЯ. Если ПОКУПАТЕЛЬ сочтет это нужным, сборки из нескольких деталей должны быть полностью выполнены на заводе-изготовителе перед упаковкой и отгрузкой к месту назначения. Для испытания генератора могут при необходимости в этом использоваться имеющиеся подшипники и токосъемные контактные кольца. Поставщик должен обеспечить, чтобы вибрации были в допустимых пределах.

1.3. Показания, снятые при проведении электрических испытаний, отмеченные результаты и выполненные расчеты



должны быть включены в протокол испытаний, в котором должны также приводиться описание метода испытания, использованного оборудования и любых ограничений испытательной установки.

1.4. Вместе с тендерным предложением Участник тендера должен предоставить подробные данные относительно заводских испытаний, которые он предлагает провести. В программу этих испытаний должны среди прочих включаться испытания, указанные в последующих пунктах/QAP (программа обеспечения качества). В тендерном предложении должно четко указываться любое отступление.

1.5. Все контрольные и типовые испытания должны проводиться в присутствии ПОКУПАТЕЛЯ или его уполномоченного представителя. УЧАСТНИК ТЕНДЕРА должен подготовить подробное описание методики испытаний и предоставить его покупателю на согласование на стадии разработки рабочих чертежей.

2. Испытания генератора

а) *Контрольные электрические испытания на каждом генераторе*

1) Измерение сопротивления изоляции перед каждым испытанием высоким напряжением: вводов; обмоток статора; обмоток ротора; встроенных термопреобразователей сопротивления; подшипников и соединений маслопроводов на стороне возбуждения.

2) Показатель поляризации для обмотки статора.

3) Измерение тангенса угла диэлектрических потерь для обмотки статора.

4) Измерение сопротивления по постоянному току: - обмотки статора; - обмотки ротора; - встроенных термопреобразователей сопротивления.

5) Определение характеристик генератора на холостом ходу.

6) Проверка последовательности чередования фаз для статора.

7) Измерение потерь в сердечнике при номинальных напряжениях и частоте.

8) Измерение механических потерь.

9) Определение характеристик КЗ и потерь в меди.

10) Определение синхронного реактивного сопротивления по продольной оси.

11) Определение реактивного сопротивления Потье.

12) Эквивалентное тепловое испытание для определения повышенных температур, включая нулевое возбуждение, испытание холостого хода при 110% от номинального напряжения статора с последующим опытом КЗ при номинальном токе статора.

13) Определение КПД генератора путем разделения потерь при разных нагрузках.

14) Испытание обмотки статора и вводов статора высоким напряжением переменного тока после теплового испытания.

15) Измерение полного сопротивления обмотки ротора.

16) Испытание обмоток возбуждения высоким напряжением переменного тока после теплового испытания.

17) Проверка сопротивления изоляции и целостности термопреобразователей сопротивления после теплового испытания.

18) Измерение сопротивления изоляции компонентов, перечисленных в подпункте (1), после испытания высоким напряжением.

19) Расчет повышения температуры статора и ротора.

20) Опыт самоторможения для определения GD2 (?).

21) Измерение емкости фазы — нуль и междуфазной емкости для всех трех фаз статора и расчет эквивалентной емкости генератора, если смотреть со стороны выводов генератора; кроме того, измерение емкости между полной обмоткой и корпусом и коэффициента рассеяния.

22) Измерение тока утечки через подшипник.

23) Проверка магнитного потока в подшипнике

24) Испытание на герметичность (отсутствие утечки водорода).

25) Измерение вибрации.

б) *Типовые испытания на одном генераторе.*

1) Акт о типовом испытании для испытания на стойкость к внезапному трехфазному КЗ при 50 % от номинального напряжения и измерения всех реактивных сопротивлений и постоянных времени, ССР (сопротивление при КЗ?) и синхронного реактивного сопротивления. Должен быть также представлен акт о типовом испытании для опыта КЗ при 105 % от номинального напряжения в течение 3 секунд.

2) Опыт однофазного КЗ при пониженном возбуждении для определения реактивного сопротивления нулевой и обратной последовательности.

3) Коэффициент телефонных помех и гармонический анализ формы волны напряжения.

в) *Механические испытания на каждом генераторе*

1) Механическая проверка.

2) Измерение вибраций подшипника.

3) Испытание при повышенной частоте вращения.

4) Испытания газоохладителей давлением.

5) Испытание корпусов машины повышенным давлением.

6) Равновесие ротора.

г) *Испытания термопреобразователей сопротивления/термопар.*

д) *Непрерывность потока для обмотки якоря.*

е) *Испытания теплообменников / охладителя*

3. Испытания оборудования системы возбуждения

3.1. Контрольные испытания

Программа этих испытаний должна быть разработана с таким расчетом, чтобы показать, что различные механические, электрические и функциональные требования к оборудованию в соответствии с применимыми параметрами, затребованными в настоящем техническом задании, и применимыми нормами и стандартами [выполнены].

а) *Механическая часть*

Механические характеристики должны быть проверены путем визуального осмотра и сравнением с соответствующими чертежами. Должны быть проверены все механические компоненты, например, дверцы шкафов, рамы, монтажные приспособления и т.п. Должно быть проверено следующее: - отделка поверхности панелей; - окраска панелей; - все винтовые и втычные соединения; - все размерные и монтажные решения; - правильная ориентация и монтаж стоек, печатных плат на стойках и т.п.; - тип прокладки кабелей внутри шкафов и между шкафами и способ прокладки / заделки кабелей.

б) *Электрическая и электронная часть*

1) Соответствующие визуальный контроль и функциональные испытания для таких компонентов, как кабели, измерительные приборы, ключи, выключатели, микровыключатели, таймеры, резисторы, конденсаторы, печатные платы, микропроцессорные интегральные схемы.

2) Высоковольтные испытания и измерения сопротивления изоляции силовых блоков / цепей.

3) Проверка электрического монтажа оборудования на соответствие чертежам.

15.01.02 Для качества воздуха

а) взвешенные частицы пыли, то есть нагрузка на дымовой патрубке - Максимум 90 мг/м³ (при худшем угле и одном поле на каждом дымоходе) без добавления аммиака

б) NO_x - не должна превышать 260 г/ГДж при 6 %-ном избытке O₂ сухой на дымовой патрубке.

в) SO₂ - концентрация, основанная на стандарте, 2000 мг/м³, нагрузка, основанная на стандарте, 0,2 метрических тонны/МВт/день

При отсутствии индийского стандарта для выбросов от электростанций по состоянию на текущую дату, для определенных газообразных выбросов необходимо следовать международно признанному стандарту Всемирного банка.

15.02.00. Требования к уровню шума.

Электростанция и оборудование в рамках данного проекта по восстановлению и техническому обслуживанию



должны быть спроектированы, произведены и обеспечены надлежащими мерами для гарантии соответствия критерия уровня шума по следующим положениям.

а) Максимальный уровень шума не должен превышать 85 дБ (А) при измерении в 1,0 м от источника излучения шума.

б) максимальный уровень шума от источника внутри помещений не должен превышать 70 дБ (А) в соответствии с Правилами по защите окружающей среды 1986 г. "Стандарты качества атмосферного воздуха" в отношении шума.

с) Во-время исполнения контракта Участник торгов должен соответствовать требованиям любых изменений в уставных положениях относительно ограничения шума, которые могут возникнуть в будущем в соответствии с Положениями (Комитета по контролю борьбы с загрязнением Западной Бенгалии или Центральным Комитетом по борьбе с загрязнением и Министерством охраны окружающей среды и лесного регулирования).

Исключение будет сделано для электростанции при запуске и других крупных редуцирующих устройств эксплуатируемых во время аварийных периодов и для предохранительных клапанов.

16.00.00 Проверки и испытания

16.01.0 Проверки и испытания в процессе производства

16.01.1 Техники и методы, используемые Участником торгов для контроля качества во время производства всех основных средств должны быть согласованы с Владельцем до присуждения контракта.

16.01.2 Общие требования Владельца по контролю качества указаны в разделе VIII что го тома, и заводские испытания указаны в соответствующих томах этого тендерного документа.

16.01.3 Владелец должен быть информирован о необходимости присутствия на заводских испытаниях любого элемента электростанции или оборудования для проверки на соответствие требованиям спецификации и / или соответствующих стандартов перед транспортировкой с места производства.

16.01.4 Владельцу перед началом этапа производства должно быть предоставлено предварительное уведомление, как это предусмотрено в договоре, и часть электростанции должна быть приостановлена на данном этапе, пока Владелец на осмотрел эту часть, или не посоветовал в письменной форме пропустить проверку. Если после консультации Владельца и предоставления уведомления в разумные сроки в письменном виде о дате, на которую часть электростанции будет доступна для осмотра, Владелец не посетит ее, Участник торгов может приступить к производству, направив Владельцу надлежащим образом заверенные копии своих проверок и результатов испытаний. Участник торгов незамедлительно должен направить Инженеру должным образом заверенные копии Сертификатов испытаний в шести экземплярах (одну для Покупателя и пять для консультирующего Инженера) для утверждения. Остальные девять (9) копий Сертификатов заводских испытаний должны быть прикреплены к Инструкции по эксплуатации, указанной в другом месте.

16.01.5 Ни при каких обстоятельствах ремонт или сварка поковок не должны осуществляться без разрешения Инженера. Инженеру должны быть предоставлены доказательства эффективности каждого ремонта методом рентгенографического и/или другого неразрушающего испытания.

16.01.6 Все отдельные и собранные вращающиеся части должны быть статически и динамически сбалансированы в работе. Если необходима точная наладка составных частей механического оборудования обычно монтируемого на монтажной площадке, Участник торгов должен обеспечить пробную сборку перед отправкой с места производства.

16.01.7 Все материалы, используемые для изготовления оборудования покрываемые данной Спецификацией должны быть проверены на соответствие качества. Соответствующие сертификаты испытаний должны быть доступны для

покупателя. Сертификаты должны включать испытания механических свойств и химический анализ представляемого материала.

16.01.8 Все детали подвергаемые давлению, соединенные с насосной магистралью должны подвергаться гидравлическим испытаниям при давлении 150 % напора выключения насоса в течение не менее одного часа. Другие части должны быть проверены давлением в полтора раза большим, чем максимальное рабочее давление, в течение не менее одного часа.

16.01.9 Все необходимые неразрушающие испытания должны проводиться в соответствии с применяемыми нормами и правилами.

16.01.10 Все сварочные процедуры, одобренные для выполнения сварочных работ должны быть квалифицированы в соответствии с требованиями раздела IX стандарта ASME или IBK в зависимости от обстоятельств. Все сварные соединения элементов работающих под давлением, должны быть испытаны на утечку в соответствии с методом, изложенным в стандарте ASME "Котлы и резервуары высокого давления". В случае необходимости рекомендации соответствующего стандарта должны быть проведены: рентгенография, измерение магнитных частиц магнитного потока, рассмотрение и ультразвуковое испытание. По крайней мере 10 % всех основных сварных швов должно быть подвержено радиографическому испытанию. Оплата утверждений в отношении IBR, включая проверку должна быть произведена компанией WBPDCI. Объем поставки участника торгов должен быть ограничен до подготовки всех необходимых документов, координации и соблюдения выше указанных утверждений.

16.02.00 Испытания производительности на монтажной площадке

16.02.01 Все требования предъявляемые к системе испытаний должны быть согласованы между Владельцем и Участником торгов до присуждения контракта. Полностью смонтированная система должна быть проверена Участником торгов на монтажной площадке при нормальных условиях эксплуатации. Участник торгов также должен обеспечить правильную работу системы при аномальных условиях, т. е. правильную работу различных аварийных устройств и устройств безопасности, блокировки и т.д.

16.02.02 Участник торгов должен предоставить полную информацию о своих стандартных процедурах проверки, качестве монтажа и эксплуатационных характеристиках смонтированной электростанции. Эти испытания должны включать испытание под давлением на монтажной площадке всех смонтированных трубопроводов, чтобы продемонстрировать качество труб и должное исполнение соединений, выполненных на монтажной площадке.

16.02.03 Участник торгов должен предоставить качество процедуры, которые будут приняты для обеспечения качества с момента получения материала на монтажной площадке, в процессе хранения, монтажа, пуско-наладочных работ до финальных испытаний и ввода в эксплуатацию всей системы/оборудования.

16.03.00 Более подробную информацию о конкретных испытаниях, требующих отдельного оборудования см. в соответствующем разделе данной спецификации,

17.00.00 Обучение кадров владельца по эксплуатации

Участник торгов должен оказывать Покупателю всяческую помощь и сотрудничество в обучении в области техники эксплуатации и обслуживания модернизированной электростанции завода. Количество человеко-дней обучения, как указано ниже должно быть включено в Тендер.

17.01.00 Обучение в помещениях Участника торгов / Производственных площадях Участник торгов должен проводить обучение в течение двенадцати (12) человеко-месяцев для инженеров владельца по эксплуатации и техническому обслуживанию электростанции в помещении участника торгов или на их производственных площадях, где имеются соответствующие учебные заведения на этапе проектирова-



Приложение 2. Достижения зарубежных фирм в области расчета, проектирования и технологии изготовления мощных генераторов для ТЭС, АЭС, ГЭС, ГАЭС и ВЭУ

№	Содержание	Эффективность
1	Методология расчетных процедур	
1.1	Электромагнитные, вентиляционные, тепловые и механические расчеты ведутся: – комплексно; – полевыми методами (3D) с учетом анизотропных характеристик материалов; – принимаемые в расчетах запасы строго нормированы и часто находятся на минимально допустимом уровне, обеспечивающем расчетный срок службы	Минимизация массо-габаритных показателей машины
1.2	После окончательного выбора концепции исполнения конструкции с помощью методов по п. 1.1 выполняются работы по ее оптимизации	
1.3	Подразделения, выполняющие расчеты, активно участвуют в стендовых и эксплуатационных испытаниях в целях апробации и совершенствования методик. Повышение единичной мощности (uprating) за счет снижения запасов по нагреву до уровня 10–15 К.	Повышение единичной мощности (uprating) за счет снижения запасов по нагреву до уровня 10-15 К
2	Процедуры проектирования	
2.1	Разработка концепции (ТЗ) на разработку машины ведется в целях: – максимально возможной унификации с освоенными машинами; – внедрения результатов собственных исследований; – учета достижений конкурирующих фирм.	Достижение высокого научно-технического уровня
2.2	Проведение обширного информационно-патентного поиска, разработка мероприятий по обходу действующих патентов конкурентов и защита собственных инноваций	Патентная защита разработок
2.3	Отработка ТЗ на предмет достижения высоких показателей технологичности	Снижение себестоимости
2.4	Обсуждение на НТС и утверждение ТЗ	
3	Организационные вопросы разработки	
3.1	Финансирование НИОКР - от 2 до 2,5% от товарного выпуска	Обеспечение высокого научно-технического уровня
3.2	Привлечение известных Университетов к решению проблемных вопросов	
4	Конструктивные инновации	
4.1	Для всех типов турбо- и гидрогенераторов	
4.1.1	Повышение коэффициента заполнения сердечника статора для листа 0,35 мм с 0,9 до 0,94, а для 0,5 мм – с 0,93 до 0,96	Экономия лака за счет уменьшения толщины пленки в 1,5 - 2 раза
4.1.2	Уменьшение толщины высоковольтной изоляции обмотки статора	Уменьшение расхода изоляционных материалов на 30-40%
4.1.3	Применение изоляции обмотки статора с повышенным коэффициентом теплопроводности и пропиткой по типу Single VPI	Повышение единичной мощности
4.1.4	Применение материала с более высокими механическими свойствами для хвостовиков призм	Исключение отрыва хвостовиков в процессе эксплуатации
4.2	Для турбогенераторов с воздушным охлаждением	
4.2.1	Вытяжная система вентиляции с радиальными каналами в сердечнике статора и щелевыми радиальными в обмотке ротора (подпазовые каналы)	Повышение единичной мощности
4.2.2	Применение вентиляционных каналов в сердечнике статора 3 мм вместо 5 мм	Повышение мощности
4.2.3	Применение пропитанного полупроводящего "фетрика" при укладке стержней в паз	
4.2.4	Компоновка со стоячковым подшипником и безкорпусным статором	Резкое снижение массы корпусных узлов (в 2-3 раза)
4.2.5	Применение устройств, регулирующих распределение расхода воздуха по длине сердечника статора	Повышение мощности за счет обеспечения более равномерного нагрева
4.3	Для турбогенераторов с водородно-водяным охлаждением	
4.3.1	Система вентиляции по п. 4.2.1	
4.3.2	Применение нержавеющей трубок вместо медных в стержнях обмотки статора	Повышение надежности, уменьшение количества трубок в 1,5-2 раза
4.4	Для гидрогенераторов	
4.4.1	То же , что и по п.4.2.3	
4.4.2	Шихтовка статора "в кольцо" на месте монтажа	Повышение надежности, снижение заводской трудоемкости
4.4.3	Применение в катушках обмотки ротора прокладок из пропитанного листового материала вместо микаленты	Снижение расхода изоляционных материалов
4.5	Для высокоскоростных асинхронных двигателей и генераторов	
4.5.1	Применение роторов с шихтованными сердечниками и медной короткозамкнутой обмоткой в закрытых пазах (без клиньев)	Обеспечение высокого технического уровня
4.5.2	Применение магнитных подшипников (вместо скольжения)	– ‘ –



Приложение 2. продолжение

5	Технологические инновации	
5.1	Шихтовка пакетов сердечника статора роботом вне статора, приварка их к ребрам после установки и прессовки (Альстом)	Резкое снижение трудоемкости
5.2	Пропитка и запечка обмотанного статора ("Global VPI)	Повышение надежности и мощности, снижение трудоемкости
5.3	Приобрести многофункциональный обрабатывающий центр для обработки крупногабаритных узлов турбо- и гидрогенераторов на базе горизонтально-расточного станка с перемещением шпинделя по вертикали 6000 мм, по оси "Z" 2500 мм, стойка по горизонтали 18000 мм, стол	— ' —
5.4	Приобрести многофункциональный токарно- карусельный станок с ЧПУ 0 планшайбы 6000x7000.	— ' —
5.5	Приобрести координатно-револьверный пробивной пресс для пробивки отверстий и гибки деталей различной сложности.	— ' —
5.6	Приобрести оборудование для изготовления катушечных обмоток для малых турбогенераторов и гидрогенераторов. Определить перспективу их применения.	— ' —
5.7	Приобрести лазерную установку с ЧПУ для раскроя листов толщиной до 25 мм (исключение механической обработки, изготовление деталей без штампов).	— ' —
5.8	Приобрести токарный станок с ЧПУ повышенной точности грузоподъемностью 220 т.	— ' —
5.9	Приобрести линию для изготовления стержней турбогенераторов в составе: автоматической порезки проводников, транспозиции, запечки пазовой части, формовки эвольвенты.	— ' —
5.10	Приобрести роторно-фрезерный станок для роторов малой мощности турбогенераторов (вес до 30 т).	— ' —
5.11	Использование технологии индукционной сварки обмотки ротора (п.4.5.1).	— ' —
5.12	Приобретение разгонно-балансировочного станка для асинхронных двигателей по п. 4.5.	— ' —
5.13	Освоение технологии заливки роторов медью (совместно с УкрНИИВЭ, Донецк).	— ' —

ния и производства по контракту.

Приложение 3. Основные требования Заказчика к Исполнителю контракта в части обеспечения работы Инспектора.

1. Представитель Заказчика (Инспектор) осуществляет контроль за соблюдением требований контракта в процессе изготовления оборудования на предприятии (предприятиях) Исполнителя (Генерального Исполнителя) по заранее согласованной Программе Контроля качества (ПК), которая является обязательной.

2. Продолжительность процедуры инспектирования - до момента от-грузки оборудования. Инспекторы командироваться сроком на 2 месяца. Данные о каждом Инспекторе Заказчик сообщает заранее.

3. Согласно Контракту Исполнитель обязан обеспечить условия для работы Инспектора на предприятии исполнителя, в том числе:

- рабочий кабинет с комплексом мебели и средств климатического обеспечения, санитарно-технических устройств и т.п.,
- средств связи (внутренней и междугородной),
- компьютерной техники с выходом в интернет,
- питанием в процессе пребывания,
- услугами проводника, ассистента и т.п.

4. Исполнитель обязан заранее извещать Инспектора о готовности к началу испытаний или сдаче их результатов согласно ПК, а при необходимости и обеспечить транспортом.

5. Спорные вопросы по реализации ПК выносятся на решение руководителей, подписавших контракт.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ ГОСТ 15.001:2009 "Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения".
2. ДСТУ ГОСТ 3973-2000 "Система разработки и постановки продукции на производство. Правила выполнения научно-исследовательских работ".
3. ДСТУ ГОСТ 3974-2000 "Система разработки и постановки продукции на производство. Правила выполнения опытно-конструкторских работ".
4. Бондаренко Ю.Н., Бондаренко Я.Ю., Кузьмин В.В., Шпатенко В.С., Шпатенко Т.В. Цели и методы оценки технического состояния гидрогенераторов, отработавших расчетный ресурс // Гидроэнергетика Украины. — 2013. — № 2. — С. 40–44.
5. Программа контроля качества (в приложении 1).
6. Основные требования Заказчика к Исполнителю контракта в части обеспечения работы Инспектора (в приложении 3).
7. Hattoji K., Takahashi K., Semba A., Kakimoto T., Watanabe T. Hitachi, Ltd. Japan, "Air-cooled Generators Having Competitive Performances to Conventional H2-cooled Machines". Доклад AI-104 на СИГРЭ — 2006 г.
8. Антонюк О.В. Турбогенераторы с воздушным охлаждением мощностью до 350МВт /Сб. Электросила.
9. Алексеев Б.А. Турбогенераторы большой мощности в докладах СИГРЭ 2001–2004 гг. // "Электро". — 2006. — № 2.
10. Кузьмин В.В., Шпатенко Т.В. Перспективы создания асинхронизированных гидрогенераторов-двигателей на основе опыта разработки и внедрения синхронных генераторов-двигателей // "Гидроэнергетика Украины". — 2012. —