

СТО ИНТИ S.130.9-2022

RU

ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ

Общие технические условия



Предисловие

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Комитетом по энергетике АНО «Институт нефтегазовых технологических инициатив»

2 ВНЕСЕН Комитетом по энергетике АНО «Институт нефтегазовых технологических инициатив»

3 ПРИНЯТ АНО «Институт нефтегазовых технологических инициатив»

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения АНО «Институт нефтегазовых технологических инициатив».

Содержание

1	Область применения	5
2	Нормативные ссылки	6
3	Термины, определения и сокращения	11
4	Технические требования к турбинам общего назначения	13
4.1	Общие требования	13
4.2	Корпусные элементы	17
4.3	Камеры сгорания и топливные форсунки	19
4.4	Вращающиеся части	20
4.5	Роторы	21
4.6	Диски и рабочие лопатки	21
4.7	Уплотнения	22
4.8	Система автоматического регулирования	22
4.9	Системы управления запуском	24
4.10	Регулирование нагрузки	25
4.11	Устройства аварийной сигнализации и отключения	25
4.12	Надежность и ресурсы	27
4.13	Нормативные документы, регламентирующие требования к надежности ГТУ и методы их подтверждения	28
5	Смазка	32
6	Материалы	34
7	Приемка, испытания и подготовка к отгрузке	35
7.1	Механические эксплуатационные испытания	35
7.2	Данные, представляемые поставщиком	35
8	Транспортирование и хранение	38
9	Указания по эксплуатации	41
9.1	Руководство по установке	41
9.2	Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию	41
9.3	Руководство по техническим данным	41
10	Гарантии изготовителя	42
	Библиография	43

Введение

В настоящем документе устанавливается минимальный объем технических требований к газотурбинным установкам (ГТУ). Эти требования включают базовую конструкцию, материалы, соответствующие системы подачи масла, органы управления, вспомогательное оборудование и принадлежности.

1 Область применения

Данный стандарт содержит необходимые требования к газотурбинным установкам открытого, простого и регенеративного циклов для использования в качестве механического привода, привода генератора или для технологической выработки газа.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.101–2016 Единая система конструкторской документации. Виды изделий

ГОСТ 9.005–72 Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы, сплавы, металлические и неметаллические неорганические покрытия. Допустимые и недопустимые контакты с металлами и неметаллами

ГОСТ 9.014–78 Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования

ГОСТ 9.032–74 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения

ГОСТ 9.104–2018 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Группы условий эксплуатации

ГОСТ 9.301–86 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования

ГОСТ 9.307–89 (ИСО 1461–89) Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля

ГОСТ 9.401–2018 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов

ГОСТ 9.402–2004 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию

ГОСТ 9.403–80 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Методы испытаний на стойкость к статическому воздействию жидкостей

ГОСТ 12.1.003–2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.004–91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.007–76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.012–2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования

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

ГОСТ 12.4.026–2015 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

ГОСТ 12.4.275–2014 (EN 13819-1:2002) Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования. Методы испытаний

ГОСТ 15.005–86 Система разработки и постановки продукции на производство. Создание изделий единичного и мелкосерийного производства, собираемых на месте эксплуатации

ГОСТ 15.309–98 Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения

ГОСТ 26.008–85 Шрифты для надписей, наносимых методом гравирования. Исполнительные размеры

ГОСТ 26.020–80 Шрифты для средств измерений и автоматизации. Начертания и основные размеры

ГОСТ 27.003–2016 Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности

ГОСТ 481–80 Паронит и прокладки из него. Технические условия

ГОСТ 12971–67 Таблички прямоугольные для машин и приводов. Размеры

ГОСТ 24444–87 Оборудование технологическое. Общие требования монтажной технологичности

ГОСТ Р 54403-2011 Установки газотурбинные для привода турбогенераторов. Общие технические условия

ГОСТ Р 51582 (ISO 3977-10-97) Установки газотурбинные. Термины и определения

ГОСТ Р 52200-2004 (ISO 3977-2:1997) Национальный стандарт Российской Федерации. Установки газотурбинные. Нормальные условия и номинальные показатели

ГОСТ Р ISO 3977-3-2017 Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 3. Требования к проектированию

ГОСТ ISO 977-4-2017 Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 4. Топливо и условия окружающей среды

ГОСТ ISO 977-5-2017 Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 5. Применения в нефтяной и газовой промышленности

ГОСТ ISO 977-7-2017 Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 7.
Техническая информация

ГОСТ ISO 977-8-2017 Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 8.
Контроль, испытания, монтаж и ввод в эксплуатацию

ГОСТ 25346–2013 (ISO 286-1:2010) Основные нормы взаимозаменяемости.
Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры.
Основные положения, допуски, отклонения и посадки

ГОСТ 25348–2013 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков
и посадок. Ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше
3150 мм

ГОСТ 28759.3–90 Фланцы сосудов и аппаратов стальные приварные встык.
Конструкция и размеры

ГОСТ 30852.11–2002 (МЭК 60079-12:1978) Электрооборудование
взрывозащищенное. Часть 12. Классификация смесей газов и паров с воздухом по
безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим
токам

ГОСТ 30893.1–2002 (ИСО 2768-1–89) Основные нормы взаимозаменяемости. Общие
допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными
допусками

ГОСТ 31325-2006 (ИСО 4872:1978) Шум. Измерение шума строительного
оборудования, работающего под открытым небом. Метод установления соответствия
нормам шума

ГОСТ 31441.1–2011 (EN 13463-1:2001) Оборудование неэлектрическое,
предназначенное для применения в потенциально взрывоопасных средах. Часть 1. Общие
требования

ГОСТ 31441.3–2011 (EN 13463-3:2005) Оборудование неэлектрическое,
предназначенное для применения в потенциально взрывоопасных средах. Часть 3. Защита
взрывонепроницаемой оболочкой «d»

ГОСТ 31441.5–2011 (EN 13463-5:2003) Оборудование неэлектрическое,
предназначенное для применения в потенциально взрывоопасных средах. Часть 5. Защита
конструкционной безопасностью «с»

ГОСТ 31610.10–2012/IEC 60079-10:2002 Электрооборудование для взрывоопасных
газовых сред. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон

ГОСТ 34233.1–2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
Общие требования

ГОСТ 34233.2–2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек

ГОСТ 34233.4–2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений

ГОСТ 34347–2017 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия

ГОСТ Р 2.601–2019 Единая система конструкторской документации.
Эксплуатационные документы

ГОСТ Р 2.610–2019 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов

ГОСТ Р 9.316–2006 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия термодиффузионные цинковые. Общие требования и методы контроля

ГОСТ Р 15.301–2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство

ГОСТ Р 52630–2012 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия

ГОСТ Р 56352–2015 Нефтяная и газовая промышленность. Производство, хранение и перекачка сжиженного природного газа. Общие требования безопасности

ГОСТ Р 57546–2017 Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия

ГОСТ 28338-89 (ISO 6708:1995) Соединения трубопроводов и арматура.
Номинальные диаметры

ГОСТ 29174-91 (ISO 8068:2006) Нефтепродукты и смазочные материалы. Масла минеральные смазочные для турбин (категории ISO-L-TSA и ISO-L-TGA)

ГОСТ 28549.0-90 (ISO 3448 – 2014) Смазочные материалы, промышленные масла и родственные продукты

ГОСТ Р 55798-2013 (ISO 2314:2009) Установки газотурбинные. Методы испытаний.
Приемочные испытания

ГОСТ Р ИСО 11042-1-2001 Установки газотурбинные. Методы определения выбросов вредных веществ

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по соответствующим указателям, составленным на 1 января текущего года, и информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 заказчик: Юридическое лицо, заказавшее изготовителю выполнение работ в соответствии с условиями договора на изготовление турбины.

3.1.2 изготовитель: Юридическое лицо, имеющее намерение осуществлять или осуществляющее изготовление турбины по договору с заказчиком.

3.1.3 изделие: Предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению в организации (на предприятии) по конструкторской документации.

Примечания:

1 Изделиями могут быть: устройства, средства, машины, агрегаты, аппараты, приспособления, оборудование, установки, инструменты, механизмы, системы и др.

2 Число изделий может измеряться в штуках (экземплярах).

3 К изделиям допускается относить завершенные и незавершенные предметы производства, в том числе заготовки.

[ГОСТ 2.101, пункт 3.1]

3.1.4 измерительная поверхность: Условная поверхность, на которой проводят измерения интенсивности звука, огибающая источник шума или полностью, или в соединении с акустически твердой непрерывной поверхностью.

Примечание – В случаях, когда условная поверхность ограничивается телами с жесткой поверхностью, измерительная поверхность прерывается на соответствующих линиях пересечения.

3.1.5 конструкторская документация; КД: Совокупность конструкторских документов, содержащих данные, необходимые для проектирования (разработки), изготовления, контроля, приемки, поставки, эксплуатации, ремонта, модернизации, утилизации изделия.

Примечание – Виды конструкторских документов определяют в соответствии с ГОСТ 2.102.

3.1.6 номер изделия: Номер технологической позиции, присвоенный заказчиком.

3.1.7 поставщик: Организация, осуществляющая поставку материально-технических ресурсов организации в соответствии с договорами.

3.1.8 потребитель: Организация, получающая установки и турбины для эксплуатации на своих объектах.

3.1.9 предельное состояние: Состояние объекта, в котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

3.1.10 среда рабочая: Среда, транспортируемая в технологических линиях определенного агрегата/технологической системы/единицы оборудования.

3.1.11 срок службы: Календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ЗИП – запасные части, инструменты и принадлежности;

ИМ – инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия;

ОТК – отдел технического контроля;

РГК – рентгенографический контроль;

РЭ – руководство по эксплуатации;

ТОиР – техническое обслуживание и ремонт;

ТЗ – техническое задание;

ТУ – технические условия;

УЗК – ультразвуковой контроль.

4 Технические требования к турбинам общего назначения

4.1 Общие требования

4.1.1 ГТУ изготавливают в соответствии с требованиями настоящего стандарта и ТУ на ГТУ конкретных типов.

4.1.2. ГТУ для привода турбогенераторов должны обеспечивать режимы работы в соответствии с классами использования, указанными в таблице 1.

Таблица 1 - Классы использования ГТУ для привода турбогенераторов

Класс использования ГТУ	Показатель использования	
	Время работы, ч/год	Число пусков, пуск/год
Оперативный резерв	До 500 включ.	Св. 500
Пиковый	Св. 500 до 2000 включ.	Св. 200 до 500 включ.
Полупиковый	Св. 2000 до 6000 включ.	Св. 100 до 200 включ.
Базовый	Св. 6000	Не более 100

4.1.3 ГТУ для механического привода должны обеспечивать режимы работы в соответствии с классами использования, указанными в таблице 2, если заказчиком и изготовителем не согласованы другие условия.

Таблица 2 - Классы использования ГТУ для механического привода

Класс использования ГТУ	Время работы, ч/год
Класс А	До 500 включ. в резервном пиковом режиме
Класс Б	Св. 500 до 2000 включ.
Класс С	Св. 2000 до 6000 включ.
Класс D	Св. 6000

Изготовитель должен установить вид, периодичность и объем проверок и/или обслуживания, необходимых для поддержания соответствующего режима эксплуатации.

Если ГТУ будет работать в нескольких классах, то заказчик должен определить предполагаемое количество часов работы в год с заявленными мощностями в каждом

классе. Работа вне этих заявленных мощностей и режимов эксплуатации может повлиять на интервалы и объем обслуживания.

4.1.4 Диапазоны

- Диапазон I: в среднем более 500 пусков в год;
- Диапазон II: в среднем до 500 пусков в год;
- Диапазон III: в среднем до 100 пусков в год;
- Диапазон IV: в среднем до 25 пусков в год;
- Диапазон V: непрерывная эксплуатация без запланированного останова для

осмотра и/или обслуживания в течение согласованного периода.

4.1.5 Оборудование ГТУ должно быть спроектировано и изготовлено в расчете на минимальный срок эксплуатации, составляющий 20 лет и на минимум 3 года непрерывной эксплуатации. В процессе проектирования должен учитываться критерий, что в процессе эксплуатации может потребоваться осмотр горячей части газотурбинной установки; рекомендуемая наработка между осмотрами должна составлять не менее 8000 часов эксплуатации.

4.1.6 Если не оговорено другое, изготовитель газотурбинной установки должен установить ответственную сторону за установку и монтаж.

4.1.7 Заказчик должен указать в опросном листе параметры предполагаемой рабочей эксплуатационной производительности ГТУ.

4.1.8 Газотурбинные установки должны быть рассчитаны на периоды простоя до 3-х недель в определенных расчетных атмосферных условиях, без необходимости выполнения специального технического обслуживания.

4.1.9 Диапазон эксплуатационных частот вращения выходного вала газотурбинных установок для применения в качестве механического привода должен соответствовать заявленным данным. Когда указана только одна эксплуатационная частота вращения, минимальный диапазон частот вращения для одновальных установок должен составлять 25% (от 80 до 105% номинальной частоты вращения), а минимальный диапазон частот вращения для установок с числом валов два и более должен быть 55% (от 50 до 105% номинальной частоты вращения).

4.1.10 Газотурбинные установки должны быть спроектированы для удовлетворительной эксплуатации на максимально возможной мощности. Изготовитель должен также установить ресурс между капитальными ремонтами при эксплуатации газотурбинной установки на максимально возможной мощности.

4.1.11 Конструкция узла турбины должна обеспечивать быстрый запуск из холодного состояния. Она должна быть приспособлена к температурным градиентам при

переходных процессах, следующих за аварийным отключением, и должна предусматривать немедленный холодный запуск с учетом ограничений на оборудование. Ограничения по холодному и горячему повторному запуску должны быть определены в предложении изготовителя. Заказчик и изготовитель должны согласовать последствия в случае превышения этих ограничений.

4.1.12 Заказчик должен установить максимальные предельно допустимые уровни вредных выбросов собранного оборудования. Контроль уровней излучений выхлопных газов собранного оборудования должен осуществляться совместными усилиями поставщика (изготовителя) и заказчика. Ответственность заказчика заключается в получении любых разрешений, необходимых для эксплуатации оборудования, а ответственность поставщика (изготовителя) заключается в предоставлении заказчику всех необходимых сведений, касающихся уровней вредных выбросов. Поставщик газотурбинной установки должен в своем предложении установить предполагаемые уровни эмиссий согласно установленным заказчиком свойств топлив и условий эксплуатации на месте установки оборудования. В случае необходимости поставщик газотурбинной установки должен предложить систему сокращения вредных выбросов для удовлетворения установленных требований по уровню выбросов в атмосферу NO_x, CO и углеводородов в составе выхлопных газов.

4.1.13 Когда это оговорено, газотурбинная установка должна быть спроектирована с учетом возможности впрыска пара или воды для увеличения мощности установки регулирования эмиссии выхлопных газов. Влияние впрыска пара или воды (например, на рекомендации по техническому обслуживанию и замене деталей) должно быть указано в предложении изготовителя. Заказчик должен установить необходимое количество и качество впрыскиваемой жидкости.

4.1.14 Контроль за уровнем звукового давления всего поставляемого оборудования должен быть предусмотрен как изготовителем, так и заказчиком. Поставляемое изготовителем оборудование должно соответствовать максимально допустимому уровню звукового давления, установленному заказчиком.

Для определения соответствия изготовитель должен представить заказчику данные о максимальном звуковом давлении и данные об уровне шума каждого диапазона октавы для каждого основного поставляемого узла.

4.1.15 ГТУ должна обеспечивать работу с любой нагрузкой в пределах регулировочного диапазона по активной мощности:

а) длительно при изменении частоты электрического тока в диапазоне значений от 49,0 до 50,5 Гц;

б) кратковременно в диапазоне частот электрического тока:

от 51,0 до 55,0 Гц - продолжительностью, установленной заводом-изготовителем;

от 50,5 до 51,0 Гц - продолжительностью не менее 3 мин и не более 500 мин за весь срок эксплуатации;

от 49,0 до 48,0 Гц - продолжительностью не менее 5 мин и не более 750 мин за весь срок эксплуатации;

от 48,0 до 47,0 Гц - продолжительностью не менее 40 с и не более 180 мин за весь срок эксплуатации;

от 47,0 до 46,0 Гц - продолжительностью не менее 1 с и не более 3 мин за весь срок эксплуатации.

4.1.16 Вопрос размещения оборудования, включая систему трубопроводов и вспомогательные агрегаты, должен быть совместно проработан заказчиком и изготовителем. Размещение должно предусматривать наличие достаточной свободной площади и безопасный доступ к нему в процессе эксплуатации и для технического обслуживания.

4.1.17 Электроприводы, электрические узлы и электрооборудование должны соответствовать установленной заказчиком классификации площади (класс, группа, категория или зона), а также местным нормам, указанным и представленным заказчиком.

4.1.18 Маслобаки и корпуса, закрывающие движущиеся смазываемые детали (такие как подшипники, уплотнения вала, детали с высокой чистотой обработки поверхности, приборы и элементы системы регулирования) должны быть спроектированы так, чтобы свести к минимуму загрязнение пылью, влагой и другими посторонними веществами в процессе эксплуатации и во время простоя.

4.1.19 Все оборудование должно быть спроектировано с учетом возможности выполнения быстрого и экономичного техобслуживания. Такие основные детали, как части кожухов и корпуса подшипников должны быть спроектированы (с выступами или цилиндрическими штифтами) и изготовлены таким образом, чтобы обеспечить их точную установку при замене. Направляющие и сопловые аппараты, уплотнения и вращающиеся детали должны быть заменимы на месте эксплуатации газотурбинной установки. В предложении изготовителя должен быть представлен полный перечень инструмента и оснастки, необходимых для замены узлов и деталей на месте эксплуатации газотурбинной установки, а если конструктивные особенности не позволяют соблюдать эти требования, изготовитель обязан предоставить технологию выполнения разборки для выполнения ремонта.

4.1.20 Множество факторов (нагрузки на трубопроводы и каналы, центровка в ходе поставки, обращение и сборка на месте установки) могут оказать отрицательное влияние на рабочие характеристики. Чтобы свести к минимуму влияние этих факторов изготовитель должен проверить техническую документацию на трубопроводы и фундаментное основание, выполненные заказчиком. Когда это определено, представитель изготовителя должен:

- а. осуществлять проверку трубопроводов в результате рассоединения фланцев;
- б. осуществлять контроль центровки установок при эксплуатационной температуре
- в. присутствовать при первичной проверке центровки

4.1.21 Заказчик должен указать, эксплуатируется ли установка в производственном помещении (отапливаемом или не отапливаемом) или вне этого помещения (под крышей или без крыши), а также погодные условия и параметров окружающей среды, при которых будет производиться эксплуатация оборудования (с учетом максимальной и минимальной температуры, аномальной вязкости, запыленности или проблем, связанных с возникновением коррозии).

4.2 Корпусные элементы

4.2.1 Все детали, работающие под давлением, должны быть пригодны для эксплуатации в наиболее неблагоприятном соотношении давления и температуры.

4.2.2 Корпуса с радиальным или осевым разъемом соответствуют требованиям в зависимости от базовой конструкции или от требований заказчика. В предложении изготовителя должна быть четко установлена возможность демонтажа узлов для технического обслуживания на месте. Все соединения корпусов за исключением крепления входного и выходного фланцев должны иметь посадку без прокладок. Все соединения корпусов должны быть плотными при эксплуатационном давлении и температурах без явно заметных утечек.

4.2.3 Корпуса, опоры и основания должны быть сконструированы так, чтобы противостоять любым повреждающим деформациям в результате наихудшего взаимодействия максимально допустимых температур, давления, крутящего момента, внешних сил и моментов.

Опоры и центрирующие болты должны быть достаточно жесткими, чтобы обеспечить перемещение установки посредством ее поперечных и продольных винтовых домкратов. Конструкция установки должна также обеспечивать сведение к минимуму перемещение выходного вала в пределах между «горячим» и «холодным» положениями.

4.2.4 Должно быть сведено к минимуму использование резьбовых отверстий в деталях, работающих под давлением. Для предотвращения утечек из находящихся под давлением деталей корпусов металл должен иметь толщину, равную по меньшей мере половине номинального диаметра болта в дополнение к припуску на коррозию, который должен быть оставлен вокруг и ниже дна просверленных и резьбовых отверстий.

4.2.5 В местах расположения болтов должен быть предусмотрен соответствующий зазор для использования торцевых гаечных ключей.

Если иначе не оговорено заказчиком, не следует использовать болты с головкой с внутренним шестигранником, гайки с прорезями или болты типа «гаечный ключ».

4.2.6 Корпуса и/или каналы должны иметь окна, которые позволяют производить непосредственный визуальный осмотр рабочих лопаток первой ступени компрессора и последней ступени турбины. Должны быть предусмотрены лючки для таких приборов, как бароскопы для возможности проведения осмотра всех вращающихся деталей без разборки силовой установки.

4.2.8 Должна быть предусмотрена возможность использования винтовых домкратов, направляющих, цилиндрических штырей для совмещения корпусных деталей для облегчения разборки и переборки. В случае использования винтовых домкратов для разборки сопряженных поверхностей одна из торцевых плоскостей должна быть опущена ниже для того, чтобы предотвратить утечки через соединения или в результате неправильной посадки при соединении поверхностей.

Направляющие должны быть достаточной длины, чтобы предотвратить повреждение внутренних деталей или шпилек корпусами при разборке или переборке. Следует предусмотреть наличие проушин или рым-болтов для подъема только верхней части каждого корпуса.

4.2.9 Конструкция каналов и корпусов должна предусматривать возможность выполнения балансировки на месте монтажа в плоскости торцов валов без демонтажа крупных корпусных деталей.

4.2.10 Конструкция корпусов должна обеспечивать минимальную разборку оборудования для технического обслуживания камеры сгорания.

4.2.11 Опоры оборудования, требующие регулировки при центровке на месте монтажа, должны быть снабжены вертикальными винтовыми домкратами и иметь направляющие отверстия для использования при окончательной сборке с применением штырей.

4.3 Камеры сгорания и топливные форсунки

4.3.1 Проектирование КС должно быть произведено в соответствии с нормами и требованиями «Правил безопасности систем газораспределения и газопотребления» ПБ-12-529-03 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору - Ростехнадзору

4.3.2 Конструкция КС должна обладать высокой степенью контролепригодности и ремонтпригодности и обеспечивать возможность: демонтажа и замены ее элементов, производить эндоскопический осмотр всех элементов и узлов, осуществлять демонтаж и замену горелочного устройства без снятия корпусов ГТУ.

4.3.3 В камере сгорания должны быть предусмотрены устройства для измерения характерных давлений и температур, и приспособления для вывода сигналов об этих параметрах через наружный корпус камеры сгорания.

4.3.4 Конструкция камеры сгорания должна обеспечивать эксплуатацию ГТУ на газообразном топливе (природный газ) по ГОСТ 5542-87. Его температура и давление на подводе к горелочным устройствам КС (на границе поставки ГТУ) оговаривается отдельно в ТУ на поставку.

4.3.5 В качестве резервного топлива стационарной ГТУ средней и большой мощности используется газообразное топливо (природный газ) по ГОСТ 5542-87. В ряде случаев, если это допускает ТУ и условия договора на поставку оборудования, на поставляемом изделии по согласованию сторон допускается использовать в качестве резервного топлива дизельное газотурбинное топливо по ГОСТ 305-2013.

4.3.6 В качестве аварийного топлива допускается применение дизельного газотурбинного топлива по ГОСТ 305-2013. Его температура должна быть на 5°С ниже нижнего температурного предела воспламенения.

4.3.7 Камера сгорания должна быть оснащена эффективной системой зажигания, обеспечивающей гарантированный запуск по заданной заводом-изготовителем циклограмме пуска.

4.3.8 Ресурс камеры сгорания должен быть оговорен отдельно в ТУ на поставку. Если такая оговорка отсутствует, то ресурс камеры сгорания принимается равным ресурсу ГТУ.

4.3.9 Техническое обслуживание камеры сгорания производится в соответствии с документацией завода изготовителя.

4.3.10 Содержание оксидов азота в выхлопных газах при Работе на газообразном топливе на режимах Работы ГТУ от 50% мощности и выше при температуре наружного

воздуха $t_n=15^{\circ}\text{C}$, не должно превышать 50 мг/м^3 (ГОСТ 54403-2011). Алгоритм пересчета токсичности при других температурах и давлениях окружающего воздуха должен быть предоставлен поставщиком газовой турбины. Содержание оксидов азота в выхлопных газах при Работе на газообразном топливе на режимах Работы ГТУ с нагрузкой от режима холостого хода до 50% мощности не регламентируется.

4.3.11 Содержание выбросов оксидов углерода для стационарных ГТУ средней и большой мощности не нормируется.

4.4 Вращающиеся части

4.4.1 Валы

4.4.1.1 Валы должны быть спроектированы и изготовлены с учетом возможности передачи крутящего момента в любом стабильном или переходном режиме всего диапазона режимов в процессе эксплуатации.

4.4.1.2 Валы должны быть изготовлены из одной стальной термообработанной заготовки и соответствующим образом механически обработаны. Валы, окончательно обработанный диаметр которых превышает 200 миллиметров (8 дюймов) должны изготавливаться из одной стальной поковки. Валы, окончательно обработанный диаметр которых составляет менее 200 миллиметров (8 дюймов) должны изготавливаться из одной стальной поковки или по согласованию с заказчиком из горячекатаного пруткового проката, отвечающего требованиям по качеству и термообработке, предъявляемым к стальным поковкам.

4.4.1.3 Допускается изготовление валов заедино с втулками.

4.4.1.4 При установке датчиков радиальной вибрации и/или осевого смещения участки влияния системы ротор-вал (как радиальная вибрация, так и осевое смещение) должны быть подготовлены: с них необходимо удалить краску или порошок для трафаретной печати, выгравированную маркировку и т.п., создающие неоднородность поверхности. На этих участках также не должно быть отверстий для подачи смазки или шпоночных канавок при установке как минимум одного датчика на наружном диаметре с каждой стороны местоположения датчика. Эти участки не должны подвергаться металлизации, на них не должно быть втулок или гальванических покрытий. Окончательная чистота поверхности должна составлять максимально 1 микрометр предпочтительно после хонингования или выглаживания. Эти участки должны быть тщательно размагничены таким образом, чтобы общий комбинированный электрический и механический дисбаланс относительно цапф не превышал 25% максимально допустимой

пиковой амплитуды вибрации или одного из следующих значений, которое из них наибольшее:

а. На участках, которые должны находиться под контролем датчиков радиальной вибрации – 5 микрометров.

б. На участках, которые должны находиться под контролем датчиков осевого смещения –10 микрометров.

4.5 Роторы

4.5.1 Роторы газогенераторов и роторы одновальных ГТУ должны иметь механическую конструкцию, способную стабильно выдерживать заброс частоты вращения до 110% от установленной частоты вращения автоматического отключения во всем установленном диапазоне температур сгорания.

4.5.2 В случае потери 100% номинальной нагрузки и с учетом инерции привода роторы турбины должны вращаться без повреждения или отрыва лопаток, повреждения дисков, валов в результате повышения частоты вращения из-за потери нагрузки. Изготовитель должен предоставить заказчику рекомендации по любым проверкам или техническому обслуживанию в случаях, когда отклонение по превышению частоты вращения превышает установленный предел по частоте вращения автоматического отключения.

4.5.3 На каждом роторе должна быть нанесена маркировка заводского номера. Маркировка производится в легкодоступном месте и не должна повреждаться при техническом обслуживании.

4.6 Диски и рабочие лопатки

4.6.1 Концы вращающихся рабочих лопаток и лабиринты рабочих лопаток должны обеспечивать запуск установки в любой момент без каких-либо ограничений. Конструкция должна обеспечить сведение к минимуму механические повреждения в результате возникновения трения. Изготовитель должен указать в предложении вероятность возникновения трения концов лопаток при нормальном запуске.

4.6.2 Собственные частоты лопаток не должны совпадать с любым возбуждением в диапазоне частот вращения от 10% ниже минимальной регулируемой частоты вращения до 10% выше длительной частоты вращения. Если это невозможно, уровни напряжений в лопатках, возникающие при любом определенном режиме эксплуатации приводимого

оборудования должны быть достаточно низкими для того, чтобы обеспечить оптимальную эксплуатацию в пределах минимального ресурса. Лопатки должны быть сконструированы таким образом, чтобы выдержать работу на резонансных частотах при нормальном нагреве. Изготовитель должен предоставить заказчику рекомендации по частотам вращения ниже эксплуатационного диапазона, соответствующим резонансной частоте лопаток.

Примечание - Источники возбуждения включают в себя основные частоты и первые гармоники проходных частот роторных и статорных лопаток до и после каждого венца рабочих, разделительных корпусов, неравномерностей шага спрямляющих и сопловых лопаток на горизонтальных фланцах корпусов; первые 10 гармоник частоты вращения ротора, частоты зацепления в шестеренчатых механизмах и циклические импульсы, обусловленные расположением камеры сгорания.

4.6.3 Срок службы комплекта лопаток должен составлять как минимум 8000 часов безаварийной эксплуатации в установленных условиях.

4.7 Уплотнения

4.7.1 Заменяемые детали уплотнений (лабиринтных, сотовых или прирабатываемых) должны быть установлены во всех местах тесного контакта вращающихся и неподвижных деталей газотурбинной установки чтобы свести к минимуму утечки воздуха, продуктов сгорания и масла из корпусов подшипников и кожухов. Уплотнения должны быть сконструированы таким образом, чтобы истирание происходило преимущественно на истираемых деталях.

4.7.2 Уплотнения должны устанавливаться во всех наружных точках, где валы проходят через корпуса.

4.8 Система автоматического регулирования

4.8.1 Система автоматического регулирования (САУ) турбины должна обеспечивать:

- автоматическую проверку готовности ГТУ к пуску;
- автоматический пуск с выходом на режим заданной нагрузки;
- стабилизацию заданного режима;
- автоматическое регулирование частоты вращения;
- ограничения по температуре продуктов сгорания, запасу до границы помпажа на

всех режимах, мощности;

- контроль параметров ГТУ;
- предупредительную и аварийную сигнализацию;
- защиту ГТУ на всех режимах;
- связь ГТУ со стационарной системой управления технологическими процессами (АСУ ТП) и обработку ее команд (при необходимости),
- автоматизацию вспомогательного оборудования (ограниченный перечень ручных операций - по согласованию между изготовителем и заказчиком).

4.8.2 При этом в пределах устройства управления ГТУ осуществляют:

- формирование задания по частоте вращения и мощности с учетом теплового состояния элементов ГТУ;
- вычисление средней температуры газов перед турбиной (при необходимости);
- вычисление коэффициента запаса до помпажа (при необходимости);
- контроль правильности функционирования систем управления ГТУ.

4.8.3 САУ ГТУ должна выполнять следующие информационные функции:

- контроль достоверности информации, поступающей с объекта управления и отбраковку недостоверной информации;
- представление информации на дисплеях в объеме, достаточном для контроля за работой ГТУ;
- сигнализацию отклонения основных параметров от заданных установок;
- сигнализацию задержки отработки алгоритмов с указанием на дисплее причин;
- обмен информацией с внешними системами;
- отображение на индивидуальных приборах текущих значений важнейших параметров;
- регистрацию аварийных ситуаций, включая регистрацию информации о технологических параметрах за определенный период, предшествующий возникновению аварии.

4.8.4 САУ ГТУ должна включать в себя систему контроля и защиты по вибрации.

4.8.5 ГТУ должна иметь стопорный клапан, обеспечивающий полное прекращение подачи топлива по команде САУ.

4.8.6 САУ ГТУ не должна допускать срабатывание автомата безопасности при внезапных сбросах нагрузки, наибольшее значение которой должно быть оговорено в ТУ на ГТУ конкретного типа.

4.8.7 Степень статической неравномерности регулирования частоты вращения генераторного вала должна быть в пределах 4 - 5% номинальной частоты вращения. Необходимость повышения степени неравномерности для улучшения условий

эксплуатации ГТУ конкретного типа оговаривают в ТЗ. Минимальная местная степень статической неравномерности - 2% номинальной частоты вращения.

4.8.8 Степень нечувствительности системы регулирования частоты вращения при любой нагрузке не должна превышать 0,2% номинальной частоты вращения.

4.9 Системы управления запуском

4.9.1 Система управления запуском может функционировать в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах в зависимости от того, как это оговорено. Если не оговорено иначе, цикл запуска должен осуществляться автоматически. Ввод в действие агрегатов и последовательность запуска должны быть следующими:

а. При ручном запуске от оператора требуется последовательность введения в действие вспомогательного оборудования; начать, поддержать и продолжить (провернуть вал, произвести продувку и включить зажигание) последовательность запуска; разогнать турбину до минимальной установленной регулятором частоты вращения.

б. Полуавтоматический запуск требует от оператора последовательного ввода вручную вспомогательного оборудования и позволяет оператору одной командой ввести в действие всю последовательность запуска ГТУ.

в. Автоматический запуск требует от оператора только одного действия по вводу в действие вспомогательного оборудования и инициированию полной последовательности запуска.

4.9.2 Система управления должна обеспечивать шестикратный воздухообмен вентилируемых объемов до дымовой трубы при непрерывной вентиляции за время не более 5 мин.

Установки, на которых пусковые устройства не обеспечивают выполнение необходимых условий вентиляции газоздушного тракта, должны оснащаться дутьевыми вентиляторами.

Конкретная продолжительность вентиляции в зависимости от компоновки тракта, вида топлива и типа ГТУ должна быть указана в инструкции по эксплуатации.

4.9.3 Система управления должна обеспечивать достаточное время для прогрева внутренних деталей установки на низких оборотах, чтобы уменьшить эффект температурных деформаций и, если необходимо, для разогрева вращающихся деталей (вал турбины и диски) до температуры выше любой переходной температуры.

4.9.4 Система управления должна обеспечивать контролируемое ускорение до минимального числа оборотов регулятора для того, чтобы уменьшить воздействия

температурной деформации, чрезмерные механические напряжения или сократить работу в условиях критической частоты вращения.

4.9.5 В случае, если пусковое топливо отличается от обычного топлива, пуск должен выполняться с использованием одной и той же системы управления подачей топлива.

4.10 Регулирование нагрузки

4.10.1 ГТУ должна быть оснащена приводом, который принимает управляющий сигнал. При нормальной работе этот внешний управляющий сигнал должен регулировать частоту вращения и мощность силовой турбины. Регулятор должен обеспечивать полный диапазон управляющего сигнала согласно установленному диапазону эксплуатационных частот вращения. Усиление сигнала должно увеличивать частоту вращения турбины и мощность. Конструкция регулятора нагрузки должна предусматривать возможность ручной регулировки, доминирующей над сигналом и позволяющей регулировать обороты ГТУ в диапазоне от минимальных до максимальных продолжительных. Регулятор должен обеспечивать плавный переход между автоматическим и ручным режимами управления.

4.10.2 При использовании привода с регулируемой скоростью сигнал управления должен обеспечивать настройку контрольную точку системы управления частотой вращения привода.

4.10.3 Полный диапазон указанного сигнала управления должен соответствовать требуемому рабочему диапазону приводного оборудования. Если не указано иное, максимальный сигнал управления должен соответствовать максимальной продолжительной частоте вращения.

4.10.4 Регулятор, предназначенный для механического привода, должен ограничивать частоту вращения до 105 процентов номинальной частоты вращения.

4.10.5 Многовальные турбины также должны иметь ограничитель скорости на газогенераторе, настроенный на максимальную продолжительную частоту вращения.

4.10.6 Регулирующие системы должны предотвращать заброс оборотов газовой турбины при возникновении мгновенной потери электрической, гидравлической или аэродинамической нагрузки.

4.11 Устройства аварийной сигнализации и отключения

4.11.1 Изготовитель должен предоставить комплексную систему определения, сигнализации, останова и отображения для условий, которые могут привести к поломке

газотурбинного агрегата или могут сократить срок службы агрегата. Пусковое оборудование должно блокироваться для предотвращения вращения агрегата, пока условия не станут безопасными для запуска.

4.11.2 Останов может производиться в стандартном или аварийном режиме. Последовательность останова должна быть автоматической:

а. Стандартный останов должен происходить в упорядоченной, безопасной, поэтапной последовательности, основанной на требованиях конкретных механизмов и приложений.

б. Аварийный останов может активироваться вручную или в результате работы защитного устройства. Система должна обеспечивать закрытие клапана отсечки топлива для отключения подачи топлива и ограничение частоты вращения. В случаях, когда это целесообразно, необходимо предусмотреть способы, которые не допустят повторный запуск, если не приняты меры по устранению аварийного состояния.

Необходимо также принимать во внимание отношение между системами управления турбины и приводным оборудованием. Если не указано иное, необходимо предусмотреть автоматические устройства для изоляции, при останове, приводимого оборудования от системы, которую оно питает, чтобы не допустить прокрутки или обратного потока. Могут также потребоваться эксплуатационные вентиляционные системы для выпуска накопленной энергии.

4.11.3 Топливная система должна быть оснащена стопорным клапаном, отдельным от клапана регулировки подачи топлива, который прекращает подачу топлива в камеру сгорания при любых условиях останова и который не может открыться до тех пор, пока не возникнут условия, при которых возможно зажигание. Конструкция стопорного клапана топливной системы должна предусматривать наличие устройства автоматического отключения и ручного механического отключающего устройства

4.11.4 Системы газообразного топлива должны быть оснащены выпускным клапаном. Клапан должен осуществлять автоматический отвод газа из трубопроводной системы за стопорным клапаном при закрытии стопорного клапана. Выпускной клапан может являться составной частью стопорного клапана или может устанавливаться отдельно.

4.11.5 Регулятор топлива должен обеспечивать отключение топлива при наступлении любого условия останова.

4.11.6 Устройство автоматического отключения по превышению частоты вращения должно срабатывать при достижении 105% от максимальной длительной частоты

вращения. Многовальные ГТУ должны быть оснащены отдельным устройством автоматического отключения по превышению частоты вращения для каждого вала.

4.11.7 Переключатели, устройства управления и устройства отображения сообщений должны быть предоставлены и установлены изготовителем согласно требованиям заказчика.

4.11.8 При установке функций аварийного сигнала и останова, аварийная сигнализация должна предшествовать останову с целью принятия мер по исправлению.

4.11.9 Каждый переключатель для аварийной сигнализации и останова должен находиться в отдельной коробке. Используются однополюсные двухпозиционные переключатели.

4.11.10 Если не предусмотрено иное, необходимо использовать электрические выключатели, которые размыкаются (отключают напряжение) для аварийной сигнализации и замыкаются (включают напряжение) для останова.

4.12 Надежность и ресурсы

4.12.1 В течение межремонтного периода показатели надежности ГТУ должны составлять:

средняя наработка на отказ:

- в пиковом классе использования - не менее 800 ч,
- в базовом классе использования - не менее 3500 ч;
- условный коэффициент готовности в пиковом классе использования - не менее 0,97;
- коэффициент технического использования - не менее 0,92 (для ГТУ с конвертированными авиационными и судовыми двигателями - не менее 0,95);
- коэффициент надежности пусков - не менее 0,95;
- коэффициент готовности - не менее 0,98.

Примечание. Критерием отказа ГТУ является любой аварийный останов по сигналу агрегатной САУ или вынужденный останов, выполненный обслуживающим персоналом из-за нарушения работоспособности ГТУ при условии сохранения работоспособности стационарных систем и отсутствии нарушений правил технической эксплуатации.

4.12.2 Показатели надежности основных элементов ГТУ (газогенератора, силовой турбины, САУ и др.) устанавливает разработчик ГТУ и ее элементов, исходя из требований к ГТУ в целом.

4.12.3 Базовые узлы и детали ГТУ, имеющие ограниченный ресурс, должны иметь срок службы не менее ресурса между капитальными ремонтами или быть кратными ему.

4.13 Нормативные документы, регламентирующие требования к надежности ГТУ и методы их подтверждения.

4.13.1 Номенклатура показателей.

Номенклатура показателей надежности ГТУ установлена нормативными документами:

- ГОСТ 4.432-86 «Система показателей качества продукции. Установки газотурбинные стационарные. Номенклатура показателей»;
- ГОСТ Р 52527-2006 «Установки газотурбинные». Надежность, готовность, эксплуатационная технологичность и безопасность».

4.13.2 Требования к показателям надежности.

4.13.2.1 Требования к надежности ГТУ заданы согласно ГОСТ Р 54403-2011 «Установки газотурбинные для привода турбогенераторов. Общие технические условия».

4.13.2.2 Согласно подразделу 4.3 ГОСТ Р 54403-2011 надежность стационарных ГТУ характеризуется следующими показателями:

- средняя наработка на отказ:
 - в пиковом классе использования – не менее 800 ч;
 - в базовом классе использования – не менее 3 500 ч;
- условный коэффициент готовности в пиковом классе использования – не менее 0,97;
- коэффициент технического использования – не менее 0,92;
- коэффициент надежности пусков – не менее 0,95;
- коэффициент готовности- не менее 0,98.

Ресурсы ГТУ должны быть не менее указанных в таблице 3.

Таблица 3 Ресурсы ГТУ

Показатель	Класс использования	
	Базовый	Пиковый
Средний ресурс между капитальными ремонтами	Не менее 25 000 ч	1 000 пусков или 4 000 ч работы под нагрузкой
Ресурс до списания	100 000 ч	5 000 пусков

4.13.2.3 Критерием отказа ГТУ является любой аварийный останов по сигналу агрегатной САУ или вынужденный останов, выполненный обслуживающим персоналом из-за нарушения работоспособности ГТУ при условии сохранения работоспособности стационарных систем и отсутствии нарушений правил технической эксплуатации (САУ – система автоматического регулирования).

4.13.2.4 Подтверждение выполнения требований к показателям надежности может быть выполнено расчетным методом (на этапе проектирования); экспериментальным и расчетно-экспериментальными методами (на этапе испытаний и эксплуатации).

4.13.3 Расчетный метод.

4.13.3.1 Расчетный метод реализуется путем проведения расчета надежности и документального оформления его результатов. Основным нормативным документом, описывающим процесс, является ГОСТ 27.301-95 «Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения». Согласно ему процедура расчета надежности - определение значений показателей надежности объекта с использованием методов, основанных на их вычислении по справочным данным о надежности элементов объекта, по данным о надежности объектов-аналогов, данным о свойствах материалов и другой информации, имеющейся к моменту расчета.

4.13.3.2 Непосредственный расчет показателей надежности проводится согласно ГОСТ Р 27.010-2019 «Надежность в технике. Математические выражения для показателей безотказности, готовности, ремонтпригодности».

4.13.3.3 В ходе проведения расчета надежности необходимо также:

- провести анализ возможных отказов объекта и их последствий (согласно ГОСТ 27.310-95 «Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения», ГОСТ Р 27.303-2021 «Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов»);

- установить критерии отказов и предельных состояний (согласно ГОСТ 27.003-2016 «Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности»);

- составить структурную схему надежности (согласно ГОСТ Р МЭК 61078-2021 «Надежность в технике. Структурная схема надежности»);

- провести оценку показателей долговечности (ресурса и/или срока службы) (на основании положений ГОСТ Р 27.102-2021 «Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения»)

4.13.4 Экспериментальные методы.

4.13.4.1 На этапах испытаний и эксплуатации показатели надежности должны быть подтверждены по результатам испытаний. Нормативными документами, регламентирующими планирование испытаний, порядок их проведения, обработку результатов, являются:

- ГОСТ Р 55798-2013 «Установки газотурбинные. Методы испытаний. Приемочные испытания»;

- РД 50-690-89 «Надежность в технике. Методы оценки надежности по экспериментальным данным»;

- ГОСТ 27.402-95 «Надежность в технике. Планы испытаний для контроля средней наработки до отказа (на отказ). Часть 1. Экспоненциальное распределение»;

- ГОСТ Р 27.404-2009 «Надежность в технике. Планы испытаний для контроля коэффициента готовности».

4.13.4.2 Обобщенный перечень нормативных документов приведен в Таблице 4.

Таблица 4. Перечень нормативных документов

Номер документа	Наименование	Регламентируемый процесс
ГОСТ 4.432-86	Система показателей качества продукции. Установки газотурбинные стационарные. Номенклатура показателей	Установление номенклатуры показателей
ГОСТ Р 52527-2006	Установки газотурбинные». Надежность, готовность, эксплуатационная технологичность и безопасность	Установление номенклатуры показателей. Оценка по результатам испытаний и эксплуатации
ГОСТ Р 54403-2011	Установки газотурбинные для привода турбогенераторов. Общие технические условия	Установление номенклатуры и численных значений показателей
ГОСТ 27.301-95	Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения	Расчет надежности
ГОСТ Р 27.102-2021	Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения	Расчет надежности
ГОСТ Р 27.010-2019	Надежность в технике. Математические выражения для показателей безотказности, готовности, ремонтпригодности	Расчет надежности
ГОСТ 27.310-95	Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения	Анализ видов, последствий и критичности отказов (FMEA-анализ)
ГОСТ Р 27.303-2021	«Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов	
ГОСТ 27.003-2016	Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности	Установление номенклатуры показателей надежности Установление критериев отказов и предельных состояний
ГОСТ Р МЭК 61078-2021	Надежность в технике. Структурная схема надежности	Составление структурной схемы надежности
ГОСТ Р 55798-2013	Установки газотурбинные. Методы испытаний. Приемочные испытания	Планирование экспериментальной отработки.
РД 50-690-89	Надежность в технике. Методы оценки надежности по экспериментальным данным	
ГОСТ 27.402-95	Надежность в технике. Планы испытаний для контроля средней наработки до отказа (на отказ). Часть 1. Экспоненциальное распределение	Оценка показателей надежности по результатам испытаний

ГОСТ Р 27.404-2009	Надежность в технике. Планы испытаний для контроля коэффициента готовности	
--------------------	--	--

5 Смазка

5.1 Если не указано иное, подшипники и корпуса подшипников должны быть пригодны для использования минерального масла в соответствии с ГОСТ 29174.

5.2 Если указано или требуется для турбины, должна быть предусмотрена система подачи масла под давлением к:

- а) подшипники привода и ведомого оборудования (включая любую шестерню);
- б) система регулирования и контроля масла.

5.3 Если система подачи масла под давлением предоставляется другими поставщиками, поставщик должен:

а) определить установившиеся и переходные требования к потоку и давлению масла, требуемую степень фильтрации и максимальную прикладываемую тепловую нагрузку;

б) снабдить трубопроводом одно подводящее соединение для каждого уровня давления. Для возврата всего масла в резервуар должно быть предусмотрено одно сливное соединение;

- в) определить время выбега и охлаждения для защиты ротора;

5.4 Если масло подается из общей системы к двум или более компонентам машинного агрегата (например, к компрессору, редуктору и турбине), поставщик, отвечающий за установку, должен обеспечить совместимость по типу, сорту, давлению и температуре масла для всего оборудования, обслуживаемого по общей системе.

Примечание – Обычной смазкой, используемой в общей масляной системе, является минеральное масло, соответствующее ГОСТ 28549.0, класс 32. Совместимость требований к смазочному маслу должна быть взаимно согласована между пользователем и всеми поставщиками, поставляющими оборудование, обслуживаемое общей системой, т.к. могут быть значительные различия к требованиям смазки отдельных компонентов. Например, для холодильного компрессора может потребоваться масло с низкой температурой застывания, для редуктора может потребоваться масло с высокой вязкостью, а для турбины может потребоваться обычное минеральное масло. В таких случаях может потребоваться изменить конструкцию компонента или установить отдельные масляные системы.

5.5 Если указан широкий диапазон скоростей, быстрый запуск или работа с медленным вращением, поставщик турбины должен убедиться, что для турбины имеется адекватная смазка.

5.6 Если предлагается система циркуляции, детали должны быть представлены покупателю для рассмотрения.

5.7 Масляные диски и маслоъемные кольца должны быть металлическими. Масляные диски должны иметь монтажные ступицы для сохранения concentricity и должны быть жестко закреплены на валу.

Примечание – Маслоотражатели используются для предотвращения миграции масла по валу, а не как средство транспортировки масла. Требуемое погружение маслоъемного кольца будет определено в инструкциях и руководстве по эксплуатации, предоставленных производителем.

6 Материалы

6.1 За исключением случаев, когда это требуется или запрещено настоящим стандартом или покупателем, материалы конструкции должны выбираться Изготовителем для указанных условий эксплуатации и окружающей среды.

6.2 Материалы изготовления всех основных компонентов должны быть четко указаны в предложении Поставщика.

6.3 Внешние детали, подверженные вращательному или скользящему движению (такие как шарниры рычагов управления и регулировочные механизмы) должны быть изготовлены из коррозионно-стойких материалов, подходящих для окружающей среды площадки.

6.4 Мелкие детали, такие как гайки, пружины, шайбы, прокладки и шпонки, должны иметь коррозионную стойкость, по крайней мере, равную коррозионной стойкости указанных деталей в той же среде.

6.5 Если детали из аустенитной нержавеющей стали, находящиеся в условиях, которые могут способствовать межкристаллитной коррозии, должны быть изготовлены, наплавлены или отремонтированы сваркой, они должны быть изготовлены из низкоуглеродистых или стабилизированных марок.

Примечание – Покрyтия или твердые поверхности, содержащие более 0,1 % углерода, могут повышать чувствительность как низкоуглеродистых, так и стабилизированных сортов аустенитной нержавеющей стали, если не нанесен буферный слой, не чувствительный к межкристаллитной коррозии.

6.6 Если используются сопрягаемые детали, такие как шпильки и гайки из аустенитной нержавеющей стали или материалов с аналогичной склонностью к истиранию, они должны быть смазаны противозадирным составом с соответствующими температурными характеристиками и совместимыми с указанными технологическими жидкостями.

Примечание – С использованием и без использования противозадирных составов требуемые значения нагрузки крутящего момента для достижения необходимого предварительного натяга будут значительно различаться.

7 Приемка, испытания и подготовка к отгрузке

7.1 Механические эксплуатационные испытания

7.1.1 Основные исходные данные, используемые для контроля состояния и характеристик турбины и ее вспомогательного оборудования во время эксплуатации, должны быть получены на основании информации, зарегистрированной Поставщиком во время испытаний оборудования. Детальные сведения относительно объема необходимой информации, включая температуру, характер изменения давления и расхода, спектр вибрации и данные центровки, должны быть согласованы с Заказчиком.

7.1.2 На Поставщика возлагается ответственность за сбор всех необходимых исходных данных и представление их в отдельном томе, который входит в состав руководства по эксплуатации. Эти исходные данные также должны быть получены и собраны во время испытаний агрегата в полном комплекте, если предусмотрены такие испытания.

7.1.3 Для проверки соответствия ГТУ требованиям настоящего стандарта и ТУ проводят приемо-сдаточные и эксплуатационные испытания в соответствии с ГОСТ Р 55798-2013 по согласованной программе испытаний.

7.2 Данные, представляемые поставщиком

7.2.1 В дополнение к перечисленным выше агрегатам, приспособлениям и вспомогательному оборудованию. Поставщик ГТУ должен обеспечить предоставление перечисленных ниже материалов и услуг:

- Ответственность согласно требованиям, изложенным в Общих Примечаниях комплекта документации запроса на подачу тендерных предложений и (или) заказа на поставку;
- Пускатели электродвигателей и щиты управления электродвигателями;
- Технические данные и чертежи в соответствии с требованиями конкурсной документации;
- Перечень запчастей для пуска в эксплуатацию и двух лет эксплуатации с указанием цен;
- Руководства по эксплуатации и техническому обслуживанию;
- Проведение заводских испытаний и представление отчетов;
- Надзор за монтажом и участие в испытаниях и пуске в эксплуатацию;

- Каталог запасных частей;
- Стенд для диагностики запальных устройств (по согласованию с заказчиком).

7.2.2 Обеспечение безопасности

7.2.2.1 Поставщик должен, исходя из анализа степени безопасности изделия и опыта эксплуатации, определить вероятность и тяжесть возможных аварий в свете предполагаемой эксплуатации изделий и уведомить об этом Заказчика. На основании данных Поставщика Заказчик может принять необходимые меры для устранения или контроля выявленных опасностей путем принятия мер предосторожности, следования инструкциям по эксплуатации и обслуживанию, использования средств индивидуальной защиты, предупреждений и прочих мероприятий.

7.2.3 Сопровождение поставленного оборудования

7.2.3.1 Поставщик должен передавать Заказчику в течение всего срока службы оборудования бюллетени по обслуживанию и данные по дефектам и усовершенствованиям поставленного оборудования. Передаваемые Поставщиком данные должны охватывать недостатки оборудования, вносимые улучшения, рекомендации по технике безопасности и эксплуатационные ограничения, если они отличаются от первоначальных технических характеристик.

7.2.4 Руководства по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию.

7.2.4.1 Руководство должно содержать информацию следующего характера: критерии применимости и отбраковки по износу и дефектам внутренней полости турбины; допустимая длина трещин на лопатках, в камерах сгорания, переходных и других наиболее ответственных деталях; неприемлемые зазоры чрезмерной величины и т. п.

7.2.5 Техническая инструкция

7.2.5.1 Результаты испытаний газовой турбины по определению выбросов вредных веществ в отработанных (выхлопных) газах после монтажа на месте эксплуатации (ISO 11042-1, часть 1, Приложение А).

7.2.5.2 Должны быть представлены температура корпуса, данные по теплоотдаче и уровням шума, создаваемым газовой турбиной и ее системами.

7.2.5.3 Должны быть представлены данные по допустимому противодавлению в системе выхлопа. Должны быть указаны максимальные давление и температура газа и их колебания на стыке газового генератора и силовой турбины.

7.2.5.4 Должны быть указаны пределы деформаций (под действием температуры и давления) на тракте всаса газовой турбины или в системах для предотвращения вероятности помпажа компрессора и результирующих давлений в системе наружных воздухопроводов.

7.2.5.5 Плоскости вращения роторных дисков, в которых не рекомендуется установка таких критических компонентов как клапан перекрытия подачи топлива или устройств, требующих контроля людьми, должны быть помечены на чертеже разреза газовой турбины.

8 Транспортирование и хранение

8.1 Оборудование должно быть подготовлено к указанному в ТУ на поставку типу отгрузки, включая, при необходимости, блокировку ротора. Заблокированные роторы должны быть идентифицированы с помощью коррозионностойких меток, прикрепленных проволокой из нержавеющей стали. Если предполагается хранение в течение длительного периода времени, покупатель должен проконсультироваться с продавцом относительно рекомендуемых процедур.

8.2 Поставщик должен предоставить Заказчику инструкции, необходимые для сохранения целостности подготовки к хранению после прибытия оборудования на рабочую площадку и перед запуском.

8.3 Оборудование должно быть подготовлено к отгрузке после завершения всех испытаний и осмотров, и выдачи оборудования покупателем. Подготовка должна включать то, что указано в пунктах от а до н, следующим образом.

а) за исключением обработанных поверхностей, все внешние поверхности, которые могут подвергаться коррозии во время транспортировки, хранения или эксплуатации, должны быть покрыты как минимум одним слоем стандартной краски изготовителя. Краска не должна содержать свинец или хроматы.

Примечание – Аустенитные нержавеющие стали обычно не окрашивают.

б) внешние обработанные поверхности, за исключением коррозионно-стойкого материала, должны быть покрыты антикоррозийным средством.

в) внутренняя часть оборудования должна быть чистой; без окалины, сварочных брызг и посторонних предметов; и распылить или промыть средством от ржавчины, которое можно удалить растворителем. Средство для защиты от ржавчины следует наносить через все отверстия при вращении машины при необходимости.

г) внутренние поверхности корпусов подшипников и компонентов масляной системы из углеродистой стали должны быть покрыты маслорастворимым средством от ржавчины, совместимым со смазочным маслом.

д) фланцевые отверстия должны быть снабжены металлическими крышками толщиной не менее 5 мм с эластомерными прокладками и не менее чем четырьмя болтами полного диаметра. В отверстиях с шипами для крепления должны использоваться все гайки, необходимые для предполагаемого использования.

е) резьбовые отверстия должны быть снабжены стальными колпачками или стальными заглушками с круглой головкой. Ни в коем случае нельзя использовать неметаллические (например, пластмассовые) колпачки или заглушки.

ж) отверстия, скошенные под сварку, должны быть снабжены крышками, предотвращающими попадание посторонних материалов и повреждение фаски.

з) точки подъема и подъемные проушины должны быть четко обозначены на оборудовании или упаковке оборудования. Рекомендуемые точки подъема должны быть указаны на оборудовании в коробках.

и) оборудование должно быть идентифицировано по номеру позиции и серийному номеру. Материалы, отгружаемые отдельно, должны быть идентифицированы надежно закрепленными коррозионностойкими металлическими бирками с указанием артикула и серийного номера оборудования, для которого они предназначены. Оборудование, упакованное в ящики, должно быть отправлено с дубликатами упаковочных листов, один внутри и один снаружи транспортировочного контейнера.

к) в случае приобретения запасного ротора ротор должен быть подготовлен к хранению в неотапливаемом помещении в течение не менее трех лет. Ротор должен быть обработан антикоррозийным средством и помещен в пароизоляционную оболочку с летучим ингибитором коррозии с медленным высвобождением. Утвержденный покупателем упругий материал толщиной 3 мм [не тетрафторэтилен (ТФЭ) или политетрафторэтилен (ПТФЭ)] должен использоваться между ротором и опорой в опорных зонах. Ротор не должен опираться на шейки. Пометьте барьеры целевой зоны зонда словами «Зона зонда — не резать».

Примечание – ТФЭ и ПТФЭ не рекомендуются в качестве опорных футеровок люльки, поскольку они могут течь и проникать в поверхность.

л) открытые валы и муфты валов должны быть обернуты водостойкой формованной тканью или бумагой с летучим ингибитором коррозии. Швы должны быть герметизированы маслостойкой клейкой лентой.

м) все турбины, которые поставляются без самонесущих опорных плит, должны быть прикреплены болтами к транспортировочной раме, сделанной из тяжелой древесины и подходящей для перемещения вилочным погрузчиком или стропом. Турбины большего размера должны иметь опоры, соответствующие способу транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ.

н) турбины с угольными кольцами должны поставляться с установленными кольцами. Поставщик должен указать в руководстве по эксплуатации, необходимо ли очищать корпус сальника с угольным кольцом перед первоначальным запуском.

8.4 Вспомогательные соединения трубопроводов, поставляемые с закупаемым оборудованием, должны иметь оттиск или несъемную бирку в соответствии с таблицей

соединений поставщика или чертежом общего вида. Должны быть указаны служебные и присоединительные обозначения.

8.5 Подшипниковые узлы должны быть полностью защищены от попадания влаги и грязи.

8.6 Условия транспортирования и хранения оборудования ГТУ в части воздействия климатических факторов внешней среды должны соответствовать требованиям ГОСТ 15150.

9 Указания по эксплуатации

Поставщик должен предоставить достаточные письменные инструкции и все необходимые чертежи, чтобы покупатель мог установить, эксплуатировать и обслуживать все оборудование, на которое распространяется заказ на поставку. Эта информация должна быть собрана в руководстве по эксплуатации с полным списком прилагаемых чертежей с указанием названия и номера чертежа. Руководство по эксплуатации должно быть подготовлено специально для оборудования, на которое распространяется заказ на поставку. «Типовые» руководства неприемлемы.

9.1 Руководство по установке

9.1.1 Вся информация, необходимая для правильной установки оборудования, должна быть собрана в руководстве, которое должно быть выпущено не позднее момента выпуска окончательных сертифицированных чертежей. По этой причине она может быть отделена от инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию. Это руководство должно содержать информацию о процедурах выравнивания и заливки цементным раствором, нормальных и максимальных требованиях к полезности, центрах масс, положениях и процедурах такелажа, а также все другие данные по установке. Все чертежи и данные, относящиеся к правильной установке, должны быть включены в настоящее руководство.

9.2 Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию

9.2.1 Руководство, содержащее все необходимые инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию, должно быть предоставлено не позднее чем через две недели после успешного завершения всех указанных испытаний. В дополнение к описанию работы при всех указанных условиях процесса данное руководство также должно содержать отдельные разделы, посвященные работе в любых указанных экстремальных условиях окружающей среды.

9.3 Руководство по техническим данным

9.3.1 Если указано, поставщик должен предоставить покупателю руководство по техническим данным в течение 30 дней после завершения заводских испытаний.

10 Гарантии изготовителя

10.1 Изготовитель должен гарантировать соответствие паровой турбины требованиям настоящего стандарта и конструкторской документации при соблюдении заказчиком условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.

10.2 Изготовитель должен гарантировать работу паровой турбины при параметрах, указанных в ТЗ (исходных данных), предоставленном/ согласованном заказчиком.

10.3 Гарантийный срок эксплуатации составляет не менее 24 месяцев со дня ввода газовой турбины в эксплуатацию, но не более 36 месяцев после отгрузки изделия от Изготовителя, то же и на запасные части. По согласованию с Заказчиком допускается изменение гарантийного срока эксплуатации.

10.4 Гарантийный срок эксплуатации на комплектующие изделия устанавливается в соответствии с сопроводительной документацией поставщиков.

Библиография

[1] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (утверждены приказом Ростехнадзора от 12.03.2013 № 101)

[2] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» (утверждены приказом Ростехнадзора от 25.03.2014 № 116)

[3] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (утверждены приказом Ростехнадзора от 11.03.2013 № 96)

[4] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 032/2013
О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением

[5] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 010/2011
О безопасности машин и оборудования

[6] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 012/2011
О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах

[7] Свод правил Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81

[8] Свод правил Министерства строительства и жилищно-коммунального Хозяйства Российской Федерации СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85

[9] Руководящий документ Технического комитета № 260 «Оборудование химическое и нефтегазоперерабатывающее»

[10] РД 26.260.011-99 Расчетное определение норм герметичности сосудов и аппаратов. Методические указания

[11] Руководящий документ Госгортехнадзора России РД 10-249-98 Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды

[12] Свод правил Министерства регионально развития Российской Федерации СП 75.13330.2011 Технологическое оборудование и технологические трубопроводы

[13] Санитарно-эпидемиологические правила Российской Федерации

СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту

[14] Свод правил Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации СП 131.13330.2018 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*

[15] ASME B16.5-2013 Фланцы для труб и фланцевые фитинги от 15 мм до 600 мм

[16] ANSI / ASME B1.20.1 Стандартная спецификация на трубную резьбу, общее применение

[17] ASME B16.11-2011 Кованые фитинги, под приварку внахлест и резьбовые