МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ ISO 3977-3— 2017

ТУРБИНЫ ГАЗОВЫЕ

Технические условия на закупку

Часть 3

Требования к проектированию

(ISO 3977-3:2004, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» (ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 414 «Газовые турбины»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 ноября 2017 г. № 52-2017)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Грузия	GE	Грузстандарт
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Институт стандартизации Молдовы
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Туркменистан	TM	Главслужба «Туркменстандартлары»
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 октября 2018 г. № 738-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 3977-3—2017 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2019 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 3977-3:2004 «Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 3. Требования к разработке» («Gas turbines — Procurement — Part 3: Design requirements», IDT).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2004 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2018

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 3
4 Основные требования . . . 7
4.1 Общие положения . . . 7
4.2 Заданные местные условия . . . 7
4.3 Эксплуатационные требования . . . 7
4.4 Сервисные требования . . . 8
4.5 Требования к оборудованию с вращающимися частями . . . 9
4.6 Требования к другому оборудованию . . . 11
4.7 Вибрации и динамика . . . 11
5 Комплектующее и вспомогательное оборудование . . . 15
5.1 Основное оборудование . . . 15
5.2 Вспомогательное оборудование . . . 17
6 Система управления и контроля . . . 29
6.1 Системы управления . . . 29
6.2 Пуск . . . 30
6.3 Нагружение . . . 30
6.4 Разгрузка и останов . . . 30
6.5 Вентиляция и продувка . . . 32
6.6 Регулирование подачи топлива . . . 32
6.7 Регулирование и ограничение . . . 33
6.8 Регулирование вредных выбросов в атмосферу . . . 34
6.9 Защита от превышения числа оборотов . . . 35
6.10 Системы защиты . . . 35
6.11 Система промывки компрессора . . . 38
6.12 Выбор системы управления . . . 38
6.13 Установка панели управления . . . 39
6.14 Пригодность к эксплуатации и диагностика . . . 39
6.15 Передача данных . . . 40
6.16 Специальное применение . . . 40
Приложение А (справочное) Карта данных . . . 41
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам . . . 57
Библиография . . . 59

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

ТУРБИНЫ ГАЗОВЫЕ

Технические условия на закупку

Часть 3

Требования к проектированию

Gas turbines. Procurement. Part 3. Design requirements

Дата введения — 2019—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на газотурбинные силовые установки (далее — ГТУ) открытого цикла, а также на ГТУ замкнутого и полузамкнутого циклов. Настоящий стандарт также может применяться к газотурбинным двигателям (далее — ГТД) в установках простого, комбинированного и регенеративного циклов, работающих в открытых циклах.

Настоящий стандарт не распространяется на ГТД, используемые для приведения в движение летательных аппаратов, дорожно-строительных и передвигающихся по земле машин, а также тракторов сельскохозяйственного и промышленного применения и дорожных транспортных средств.

Для установок, использующих особые источники тепла (например, химический процесс, ядерные реакторы, различного типа печи и котлы), настоящий стандарт может применяться в качестве базиса.

Настоящий стандарт рассматривает требования пользователя к конструкции при комплектации пэкиджером газотурбинных установок и газотурбинных систем различного применения, включая ГТУ для систем комбинированного цикла и их вспомогательных агрегатов. Настоящий стандарт содержит техническую информацию и средства, которые следует использовать при закупке.

Примечание — Дополнительные требования для специальных применений ГТУ описаны в стандарте ISO 3977-5.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные стандарты. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения к нему).

ISO 1940-1:2003[1)], Mechanical vibration — Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state — Part 1: Specification and verification of balance tolerances [Вибрация механическая. Требования к качеству балансировки роторов в устойчивом положении (жестких). Часть 1. Технические требования и проверка допусков на балансировку]

ISO 3448, Industrial liquid lubricants; ISO vicosity classification (Материалы смазочные жидкие индустриальные. Классификация ISO по вязкости)

ISO 3977-1:1997, Gas turbines — Procurement — Part 1: General introduction and definitions (Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 1. Общее введение и определения)

[1)] Действует ISO 21940-11:2016. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

Издание официальное

ISO 3977-2:1997, Gas turbines — Procurement — Part 2: Standard reference conditions and ratings (Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 2. Стандартные условия и номинальные характеристики)

ISO 3977-4:2002, Gas turbines — Procurement — Part 4: Fuels and environment (Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 4. Топливо и условия окружающей среды)

ISO 3977-7:2002, Gas turbines — Procurement — Part 7: Technical information (Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 7. Техническая информация)

ISO 3977-8:2002, Gas turbines — Procurement — Part 8: Inspection, testing, installation and commissioning (Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 8. Контроль, испытания, монтаж и ввод в эксплуатацию)

ISO 3977-9:1999, Gas turbines — Procurement — Part 9: Reliability, availability, maintainability and safety (Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 9. Надежность, эксплуатационная готовность, ремонтопригодность и безопасность)

ISO 7919-1:1996[1)], Mechanical vibration of non-reciprocating machines — Measurements on rotating shafts and evaluation criteria — Part 1: General guidelines (Вибрация механическая машин без возвратно-поступательного движения. Измерения и оценка вибрации вращающихся валов. Часть 1. Общее руководство)

ISO 7919-2:2001[2)], Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts — Part 2: Landbased steam turbines and generators in excess of 50 MW with normal operating speeds of 1500 r/min, 1800 r/min, 3000 r/min and 3600 r/min (Вибрация механическая. Оценка вибрации машин методом измерения вращающихся валов. Часть 2. Крупные паровые турбины и генераторы наземные мощностью свыше 50 МВт с нормальной рабочей скоростью 1500, 1800, 3000 и 3600 об/мин)

ISO 7919-4:1996[3)], Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts — Part 4: Gas turbine sets with fluid-film bearings (Вибрация механическая. Оценка вибрации машин методом измерения вращающихся валов. Часть 4. Газотурбинные агрегаты с гидродинамическими подшипниками)

ISO 10441:1999[4)], Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Flexible couplings for mechanical power transmission — Special-purpose applications (Нефтяная, нефтехимическая и газовая промышленность. Подвижные муфты для передачи механической энергии специального назначения)

ISO 10442:2002, Petroleum, chemical and gas service industries — Packaged, integrally geared centrifugal air compressors (Промышленность нефтяная, нефтехимическая и газовая. Центробежные воздушные блочные компрессоры с встроенным редуктором)

ISO 10494:1993, Gas turbines and gas turbine sets — Measurement of emitted airborne noise — Engineering/survey method (Турбины газовые и газовые турбоагрегаты. Измерение шума, распространяемого по воздуху. Метод экспертизы/контрольный метод)

ISO 10814:1996[5)], Mechanical vibration — Susceptibility and sensitivity of machines to unbalance (Вибрация. Подверженность и чувствительность машин к изменению дисбаланса)

ISO 10816-1:1995[6)], Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 1: General guidelines (Вибрация механическая. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие руководящие указания)

ISO 10816-2:2001[7)], Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 2: Land-based steam turbines and generators in excess of 50 MW with normal operating

---

[1)] Действует ISO 20816-1:2016. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[2)] Действует ISO 20816-2:2017. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[3)] Действует ISO 7919-4:2009. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[4)] Действует ISO 10441:2007. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[5)] Действует ISO 21940-31:2013. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[6)] Действует ISO 20816-1:2016. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[7)] Действует ISO 20816-2:2017. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

speeds of 1500 r/min, 1800 r/min, 3000 r/min and 3600 r/min (Вибрация механическая. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 2. Паровые турбины и генераторы наземные мощностью свыше 50 МВт с нормальной рабочей частотой вращения 1500, 1800, 3000 и 3600 об/мин)

ISO 10816-4:1998[1)], Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 4: Gas turbine sets with fluid-film bearings (Вибрация механическая. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 4. Газотурбинные установки с гидродинамическими подшипниками)

ISO 11086:1996, Gas turbines — Vocabulary (Турбины газовые. Словарь)

ISO 11042-1:1996, Gas turbines — Exhaust gas emission — Part 1: Measurement and evaluation (Установки газотурбинные. Выбросы отработавшего газа. Часть 1. Измерение и оценка)

ISO 11042-2:1996, Gas turbines — Exhaust gas emission — Part 2: Automated emission monitoring (Установки газотурбинные. Выбросы отработавшего газа. Часть 2. Автоматизированный мониторинг выбросов)

ISO 13691:2001, Petroleum and natural gas industries — High-speed special-purpose gear units (Промышленность нефтяная и газовая. Высокоскоростные зубчатые передачи особого назначения)

ISO 13709:2003[2)], Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries (Насосы центробежные для нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности)

ISO 15649:2001, Petroleum and natural gas industries — Piping (Нефтяная и газовая промышленность. Системы трубопроводов)

IEC 60034-1, Rotating electrical machines — Part 1: Rating and performance (Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения и эксплуатационные характеристики)

IEC 60079 (all parts) Electrical apparatus for explosive gas athmospheres [(все части) Оборудование электрическое для взрывоопасных газовых сред]

ASME, Boiler and Pressure Vessel Code Section IX (Свод правил по паровым котлам и сосудам высокого давления. Параграф IX. Требования к сварке и пайке)

ASTM A-194, Standard specification for carbon and alloy steel nuts for bolts for high-pressure or high-temperature service or both (Технические условия на гайки из углеродистой и легированной стали для болтов, работающих в условиях высокой температуры и/или высокого давления)

ASTM A-307, Standard specification for carbon steel bolts and studs, 60 000 PSI tensile strength (Технические условия на болты и шпильки из углеродистой стали. Предел прочности на разрыв 60 000 фунтов на квадратный дюйм).

NACE MR-0175/ISO 15156, Sulfide Stress Cracking Resistant Metallic Materials for Oilfiels Equipment (Нефтяная и газовая промышленность. Материалы для применения в средах, содержащих сероводород, при нефте- и газодобыче)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **конвертированный авиационный ГТД** (aeroderivative): ГТД силовой установки самолета или вертолета, адаптированный для привода механических, электрических и судовых силовых установок.

3.2 **противообледенительная система** (anti-icing system): Система для подогрева воздуха, поступающего в воздушный фильтр воздухоочистительного устройства ГТУ или компрессор ГТД, для предотвращения образования инея или льда на фильтрах или входе в компрессор.

3.3 **классификация зон** (area classification): Классификация зон в зависимости от степени вероятности повышения концентрации опасных веществ, газов, паров и др.

3.4 **распыляемый воздух** (atomizing air): Сжатый воздух, используемый, например, для образования мелкодисперсного распыла из форсунок жидкого топлива газовых турбин.

3.5 **работа на двух топливах** (bi-fuel operation): Работа ГТД одновременно на двух различных видах топлива (без предварительного смешения), например газ и дистиллят.

[1)] Действует ISO 10816-4:2009. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[2)] Действует ISO 13709:2009. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

3.6 **шибер (заслонка) обратного потока** (back draft damper): Устройство в виде лопасти (лопастей) с эксцентрично (смещенным центром) расположенной точкой вращения на выходе из вентилятора, расположенное параллельно, как запасное, для предотвращения обратного потока от герметизированных оболочек через вентилятор.

3.7 **поглощающий элемент** (coalescing element): Волокнистый материал со специальными свойствами, который накапливает, захватывает и дренирует влагу от основного потока воздуха.

3.8 **возведение колонн** (column mounting): Сооружение, посредством которого базовая плита монтируется на раздельные точки опор.

3.9 **период охлаждения** (cooling period): Период времени, непосредственно следующий за остановом ГТД, в течение которого должны быть предприняты меры предосторожности, направленные на защиту устройства от повреждений, например консервация и прокрутка.

3.10 **критическая частота вращения** (critical speed): Частота вращения, соответствующая резонансным частотам системы и резонансным частотам, усиливающим явления.

Примечание — Если частота какой-либо гармоники периодического усиливающегося явления равна или приближается к частоте какого-либо вида вибрации ротора, то может иметь место условие резонанса; если резонанс происходит при определенной частоте вращения, эта частота вращения называется критической.

3.11 **приводимое устройство** (driven unit): Компоненты установки, приводимые ГТД, например электрогенератор, насос или компрессор.

3.12 **система двойного топлива** (dual fuel system): Система, предусматривающая работу ГТД отдельно на двух видах топлива.

3.13 **электрические и механические отклонения** (electrical and mechanical run out): Общее показание индуктивного датчика по измерению зазора, предназначенного для отслеживания контроля вибрации ротора, когда ротор вращается с очень малой частотой (медленное вращение) в газовой турбине или поворачивается на блоках, опираемых на его несущую поверхность. Сюда входят механические (эксцентричность, овальность или какая-либо поверхностная неправильность) и электрические (остаточный магнетизм и неравномерность электрических свойств поверхностного материала ротора) действия.

3.14 **контейнер** (enclosure): Укрытие вокруг газовой турбины для шумоглушения и/или локализации пожара. Контейнер может предусматривать встраивание системы охлаждения ГТД и позволяет оградить травмоопасную зону размещения ГТУ.

Примечание — Комплект оборудования, поставляемый пэкиджером, может также размещаться в зависимости от требований покупателя в стационарных помещениях либо под навесом и пр.

3.15 **аварийный останов** (emergency shutdown): Безотлагательный ручной или автоматический останов ГТУ для предотвращения/минимизации риска, опасности в отношении персонала или возможных повреждений.

3.16 **ступень фильтра** (filter stage): Часть системы фильтра, предназначенного для удаления местных загрязнений с заданными эффективностью и падением давления. Ступенью может быть конкретная среда, инерционный сепаратор, устройство удаления влажности или самоочищающийся участок. Многоступенчатые фильтры представляют собой комбинации различных фильтровых ступеней.

3.17 **повреждение посторонними предметами** (foreign object damage): Повреждение компонента, деталей и узлов ГТД в результате прохождения предмета, не принадлежащего ГТД.

3.18 **каскад высокого давления** (high-pressure spool): Ступени компрессора и турбины высокого давления, приводимые турбиной высокого давления независимо от ступеней низкого давления.

3.19 **температура газов** (hot gas path temperatures): Температура газообразных продуктов сгорания в любом сечении горячей части ГТД, обычно измеряемая за камерой сгорания.

3.20 **инерционный отделитель (сепаратор) водных частиц (влажности)** (inertial mist eliminator): Устройство вертикально-хордовых искривленных дефлекторов с козырьками захвата на задней кромке с повышенным давлением, которое отделяет посредством инерции, захватывает и дренирует влагу из основного потока воздуха.

3.21 **входная камера** (inlet plenum): Отсек перед входом в компрессор. Обычно применяется для конвертированных ГТД, для которых требуется создание равномерного потока на входе в компрессор.

3.22 **работа на газе из органических отходов** (landfill gas operation): Работа ГТД на горючей газообразной смеси, которая производится посредством процесса естественного расщепления материала отходов.

3.23 **нагружение** (loading): Нагружение ГТД подсоединенным приводимым устройством (электрогенератором, насосом или компрессором).

3.24 **каскад низкого давления** (low-pressure spool): Ступени компрессора и турбины низкого давления, приводимые турбиной низкого давления независимо от ступеней высокого давления.

3.25 **бедная граница воспламенения** (lower explosion level): Наименьшая концентрация горючего газа или его паров в воздухе, при которой возможно воспламенение и горение распространяется по смеси без подачи внешней энергии.

3.26 **неправильная синхронизация** (mal-synchronization): Подсоединение генератора переменного тока к электрической системе, когда фаза напряжения генератора не согласуется с системой.

3.27 **максимальная продолжительная частота вращения энергетических ГТУ** (maximum continuous speed): Частота вращения, соответствующая установленной верхней частоте электрической системы.

3.28 **максимальная продолжительная частота вращения приводных ГТУ** (maximum continuous speed): Частота вращения, равная 105 % наибольшей частоты вращения, необходимой для условий эксплуатации приводимой машины.

3.29 **динамическая балансировка по многим плоскостям симметрии** (multiplane dynamic balancing): Балансировка путем раскрутки ротора на подшипниках с корректировками в плоскостях балансировки вдоль его длины.

3.30 **полезная удельная энергия** (net specific energy): Минимальная энергия горючей газообразной смеси с имеющимися постоянными составляющими без скрытой теплоты от конденсации воды в результате горения.

Примечание 1 — Выражается в Дж/м^3 [15 °С и 101,3 кПа (101 325 бар)] или Дж/кг.

Примечание 2 — Полезная удельная энергия известна также как низшая теплотворная способность или низшая теплота сгорания топлива.

3.31 **промывка компрессора на неработающем ГТД** (off-line compressor washing): Технологический процесс очистки компрессора посредством впрыска очищающей жидкости во вход компрессора при медленном проворачивании или холодной прокрутке ротора ГТД.

3.32 **промывка компрессора на работающем ГТД** (on-line compressor washing): Технологический процесс очистки компрессора посредством впрыска жидкости во вход компрессора при работающем ГТД на дроссельном режиме (обычно малом газе).

3.33 **рабочий диапазон частот вращения** (operating speed range): Диапазон от минимальной до максимальной продолжительной частоты вращения, установленный в соответствии с требованиями применения, ограниченный конструкцией ГТД.

3.34 **пэкиджер** (packager): Поставщик, на котором лежит ответственность за координацию технических вопросов, связанных с оборудованием, а также ответственный за все вспомогательные системы, предусмотренные поставкой.

Примечание — Ответственность распространяется также на требования к мощности, частоте вращения, общим устройствам, соединениям, динамическим характеристикам, шуму, смазке, системе уплотнений, отчетности по испытанию материалов, контрольно-измерительным приборам, трубопроводам и испытаниям компонентов.

3.35 **возможная максимальная мощность** (potential maximum power): Предполагаемая возможная мощность, когда ГТД работает при максимальной допустимой температуре газа, установленной частоте вращения или других ограничивающих условиях, определенных изготовителем, и в пределах диапазона предусмотренных значений.

3.36 **контроллер (регулятор) режима** (process controller): Контроль изменяемого процесса, например давления на всасывании приводимого насоса, посредством контроля частоты вращения газовой турбины.

3.37 **«гибкий» полый вал** (quill shafts): Вал с участком пониженной прочности, спроектированный для обеспечения гибкости на скручивание и в боковом направлении.

Примечание — Также может предусматриваться его поломка, когда превышается предварительно установленное значение приводного вала.

3.38 **восстановление исходного состояния** (reset): Действие, обычно ручное, направленное на подготовку системы управления к последующей попытке запуска после останова из-за неисправности или неуспешного запуска.

3.39 **остаточный магнетизм** (residual magnetism): Намагничивание магнитного материала под воздействием магнитных полей в процессе изготовления или эксплуатации.

3.40 **ленточная кабельная электропроводка** (ribbon cable wiring): Многочисленные провода, изолированные друг от друга, параллельно расположенные в плоском кабеле.

3.41 **лопатка ротора** (rotor blade): Лопатка, устанавливаемая на роторе, в отличие от лопаток, устанавливаемых на статоре [известных как статорные спрямляющие (направляющие) лопатки для компрессора или сопловые — для турбины].

3.42 **динамика ротора** (rotor dynamics): Анализ движения системы опоры ротора с подшипниками с точки зрения боковых и крутильных возмущений.

3.43 **безопасная зона** (safe area): Зона, в которой не может образовываться взрывоопасная газовая смесь в объеме, требующем специальных мер защиты против возникновения источников воспламенения.

3.44 **режим частоты вращения «самоходности»** (self-sustaining speed): Минимальная частота вращения ротора газовой турбины при обычной эксплуатации, когда для поддержания устойчивой работы не требуется подачи мощности от стартера.

3.45 **срок службы** (service life): Продолжительность времени, в течение которого компонент выполняет свою функцию в условиях эксплуатации.

3.46 **соединение срезного типа** (shear type coupling); **срезной штифт** (shear pin): Соединение, которое осуществляет привод через болт(ы), имеющий(е) уменьшенное поперечное сечение в плоскости сопряжения поверхностей (фланец), которое разрушается, когда приводной крутящий момент превышает допустимое значение.

3.47 **автоматический останов** (shutdown, automatic): Останов ГТУ, полностью осуществляемый системой управления от одного воздействия оператора.

Примечание — Этот тип останова является нормальным и не требует обычно приостановки повторных запусков и действий по восстановлению исходного состояния.

3.48 **останов (ручной)** (shutdown, manual): Останов ГТУ, который осуществляется вручную или управляется на каждом этапе.

Примечание — Этот тип останова является нормальным и не требует обычно приостановки повторных запусков и действий по восстановлению исходного состояния.

3.49 **останов (полуавтоматический)** (shutdown, semi-automatic): Останов ГТУ, который частично осуществляется вручную или системой управления.

Примечание — Этот тип останова обычно не требует приостановки повторных запусков и действий по восстановлению исходного состояния.

3.50 **запуск** (starting): Действие запуска ГТУ через все этапы цикла запуска в контейнере.

3.51 **скрученные (многожильные) провода** (stranded conductors): Кабель, имеющий множество электрических проводов, образующих сердечник проводника.

3.52 **постоянный (бесперебойный) источник питания** (un-interruptible power supply): Источник электроэнергии, который действует в течение установленного периода времени в условиях неисправной основной энергетической системы.

3.53 **число Воббе** (Wobbe index, WI): Теплотворная способность топлива, деленная на корень квадратный удельного веса (относительно воздуха) (ISO 3977-4).

Примечание 1 — Подвод тепла от горячей газообразной смеси через клапан регулятора расхода топлива в определенных условиях прямо пропорционален числу Воббе.

Примечание 2 — Существуют альтернативные определения числа Воббе, но способ определения числа Воббе для газов рекомендуется согласовывать с покупателем и пэкиджером.

3.54 **зона 1/участок 1** (Zone I/Div I): Область, в которой при нормальной работе возможно возникновение взрывоопасной среды.

3.55 **зона 2/участок 2** (Zone II/Div II): Область, в которой при нормальной работе маловероятно возникновение взрывоопасной среды, а если она появляется, то будет существовать только короткое время.

4 Основные требования

4.1 Общие положения

В настоящем стандарте представлены основные требования по приобретению покупателем у пэкиджера газовых турбин и газотурбинных систем различного применения, включая системы комбинированного цикла и их вспомогательные агрегаты. Дополнительные требования к особым применениям газовых турбин описаны в ISO 3799-5. В нем приводятся техническая информация и средства, необходимые при закупке.

4.2 Заданные местные условия

4.2.1 Местные условия

Покупатель должен предоставить пэкиджеру точные данные по местным условиям в карте данных в соответствии с приложением А, указать вид предполагаемой установки узла: внутри или вне помещения.

4.2.2 Рабочая точка на месте эксплуатации

Покупатель должен указать в карте данных заданную рабочую точку (заданные рабочие точки) на месте эксплуатации (см. приложение А, таблица А.1). Если не задано иное, то конструкция ГТУ должна обеспечить номинальную мощность на месте эксплуатации без отрицательно влияющего допуска при ограничении по тепловой мощности (удельному расходу тепла).

4.2.3 Предварительный анализ конструкции

На характеристики места эксплуатации могут оказывать отрицательное воздействие следующие факторы: нагрузки на трубопроводы и каналы, регулировка в условиях эксплуатации, опорная конструкция и сборка на месте. Для уменьшения влияния этих факторов пэкиджер должен рассмотреть чертежи трубопроводов, каналов и фундамента, представленные покупателем.

4.3 Эксплуатационные требования

4.3.1 Эксплуатационные критерии

Пэкидж должен быть испытан на испытательном стенде и/или по месту установки в эксплуатацию согласно заданным критериям приемки.

Механические характеристики пэкиджа газовой турбины (далее — пэкидж) должны обеспечивать непрерывную эксплуатацию при проектной мощности конструкции. Все элементы пэкиджа должны быть рассчитаны на эксплуатацию при максимально возможной мощности, соответствующей пиковой нагрузке, или в условиях низкой температуры окружающей среды. Механическая прочность элементов, таких как муфты, редукторы и приводимые устройства, не должна ограничивать выходную мощность установки.

Если установка будет работать на режиме выше пикового, то ее элементы должны быть рассчитаны на повышенные уровни мощности или иметь более короткий ожидаемый ресурс.

Покупатель должен указать в карте данных расходные комплектующие, а комплектовщик — необходимые требования к их использованию (см. приложение А, таблица А.1).

4.3.2 Ограничения по температуре и частоте вращения

В пределах допустимого температурного диапазона должны быть выполнены следующие требования.

При превышении допустимого числа оборотов из-за мгновенной потери максимально возможной нагрузки в условиях полностью работоспособной системы регулирования частоты вращения не должно произойти повреждения оборудования или возникнуть необходимость проверки.

Оборудование не должно отказывать при превышении допустимой частоты вращения, возникающем в результате мгновенной потери максимально возможной нагрузки:

a) при отказавшем клапане регулирования подачи топлива в полностью открытом положении;

b) в результате отказа основной приводящей муфты (например, муфты со срезным устройством фиксации на валу — штифтом, шплинтом и пр.).

Обо всех проверках, которые могут потребоваться после превышений допустимой частоты вращения, комплектовщик должен информировать покупателя.

Все соединенное оборудование (включая вспомогательные механизмы и др., электрически, механически и гидравлически соединенные) должно выдерживать соответствующее превышение частоты вращения.

4.3.3 Требования к пуску

Покупатель определяет все эксплуатационные требования, которые влияют на циклограмму пуска или его продолжительность.

Конструкция пэкиджа должна обеспечивать возможность незамедлительного повторного пуска из любого состояния (то есть горячие пуски, холодные пуски). Все ограничения должны быть определены в техническом предложении. Все устройства, имеющие вращающиеся части, которым необходимо выполнять это требование, должны быть указаны изготовителем (см. 6.2).

4.3.4 Требования к переходному процессу

Эксплуатационная стабильность в условиях неустановившихся нагрузок должна удовлетворять требованиям, заданным покупателем. Эти требования должны быть определены в соответствии с нагрузкой, частотой вращения и временными параметрами.

4.3.5 Требования к системе управления

Система управления пэкиджем ГТУ должна предусматривать последовательный пуск, стабильную работу, сигнализацию об аномальных условиях, постоянный контроль за работой и останов пэкиджа в случае угрозы повреждения установки устройства (см. раздел 6).

4.3.6 Требования к оснащению контрольно-измерительной аппаратурой и передаче информации

Покупатель должен определить требования к оснащению контрольно-измерительной аппаратурой, сбору данных, передаче данных и взаимодействию системы со всем оборудованием (см. раздел 6).

4.3.7 Топлива

Топливная система должна быть пригодна к работе на основном и резервном топливе или на пусковом топливе, как указано в ISO 3977-4. Пэкиджер должен информировать покупателя о воздействии топлива на работу турбинного пэкиджа и на ресурс оборудования.

4.3.8 Эмиссия выхлопных газов

Эмиссия выхлопных газов (в основном NO_x, CO, UHC, SO_x, дым и твердые частицы) зависит от используемых топлив и условий эксплуатации ГТУ.

Если не оговорено иное, то должны быть соблюдены предельные значения, требуемые национальным законодательством, действующим в стране, где эксплуатируется ГТУ. Там, где нет национального законодательства, предельные значения должны быть согласованы совместно покупателем и пэкиджером.

В любом случае измерение эмиссии выхлопных газов должно проводиться в соответствии с ISO 11042-1 и ISO 11042-2. Методика управления выбросами выхлопных газов должна быть задана покупателем (см. 4.6.2 и 5.2.8.5).

4.3.9 Шумность

Если в технических условиях оговорен контроль шума, необходимо применить требования ISO 3977-4. Покупатель должен указать в карте данных допустимые уровни шума для звукового поля в дальней и ближней зонах и внутри помещений.

Определение значений шумовых характеристик проводят в соответствии с ISO 10494.

4.4 Сервисные требования

4.4.1 Расчетный срок службы

Если не оговорено иное, конструкция пэкиджа должна удовлетворять требованиям режима эксплуатации (соответствующим классу D, диапазону IV в соответствии с ISO 3977-2:1997):

- расчетный срок службы — 20 лет или 100 000 ч работы (в зависимости от того, что наступит раньше);
- периодичность осмотра горячего газового тракта — 8000 ч;
- ресурс между капитальными ремонтами — 24 000 ч.

Более короткие интервалы между осмотрами и капитальными ремонтами могут быть в случаях:

- работы на топливах, отличных от природного газа;
- применения впрыска воды или пара;
- эксплуатационных режимов, отличных от класса D, диапазона IV;
- специальных проектов.

Пэкиджер является ответственным за идентификацию в его техническом предложении всего специального оборудования и процедур технологий технического обслуживания, необходимых для обеспечения указанных срока службы и периодичности обслуживания.

4.4.2 Ответственность за устройство

Пэкиджер должен отвечать за характеристики и за механическую прочность пэкиджа, обеспечивая сервисное сопровождение при эксплуатации.

4.4.3 Периодичность проверок

Пэкиджер должен установить вид и периодичность проверок и/или обслуживания в обычном объеме и в полном объеме при капитальном ремонте.

Все оборудование должно быть в состоянии готовности не менее четырех недель нахождения в состоянии простоя в оговоренных местных условиях, при этом не должны требоваться особые процедуры технического обслуживания (ТО).

4.4.4 Осмотры и техническое обслуживание

Конструкция пэкиджа должна обеспечивать свободный доступ при обслуживании и выполнении технического обслуживания, проводимого между осмотрами горячей части ГТД.

В руководстве по эксплуатации комплектовщик должен указать специальные инструменты и технологические операции при осмотрах.

Должно быть разработано положение по полной проверке всех вращающихся элементов горячей части и камеры сгорания ГТД, используя бароскопы и другие устройства, без капитальной разборки газовой турбины.

4.4.5 Эксплуатационная технологичность трансмиссии

Конструкция основного оборудования должна быть рассчитана на быстрое и экономичное техническое обслуживание. Элементы корпусов и корпуса подшипников должны обеспечивать точную регулировку в процессе повторной сборки (иметь центрирующие буртики или обеспечивать цилиндрическое сцепление шпонками). Конструкция сопловых лопаток, форсунок, уплотнений, подшипников, мембран, модулей и вращающихся элементов должна позволять осуществлять их замену на месте. Если при этом необходима специальная оснастка, в документации пэкиджера должно быть ее описание.

Если замена оборудования невозможна, то в руководстве по эксплуатации должны быть методики выполнения ремонта.

4.5 Требования к оборудованию с вращающимися частями

4.5.1 Соединительные муфты

Размеры муфт должны быть рассчитаны на максимально продолжительный крутящий момент, исходя из возможно максимальной мощности на выходе.

Для систем энергоснабжения размеры муфт привода электрогенератора должны выдерживать наихудший случай неисправного состояния электрогенератора (кроме муфт срезного типа).

Динамическая балансировка муфты осуществляется сначала по отдельным ее элементам, а затем собранной муфты в целом.

Соединение муфт с валами должно обеспечивать передачу мощности не меньше максимально продолжительного крутящего момента, передаваемого муфтой.

Длина промежуточного кольца (проставки) муфты должна обеспечивать съем и замену подшипников и уплотнений, не затрагивая основные корпуса оборудования и приводимое оборудование. Там, где это сделать сложно, съем элементов должен быть минимальным.

Муфты для передачи основной нагрузки должны соответствовать требованиям ISO 10441.

Изготовление муфт, их тип, схемы монтажа должны быть согласованы покупателем и пэкиджером.

Если не указано иное, то муфта должна быть выполнена с проставкой.

4.5.2 Вспомогательные редукторы

Вспомогательные редукторы могут быть использованы:

- в приводном устройстве газовой турбины для пуска и поворота, насосах системы смазки и жидкого топлива, для откачки из маслосборника подшипника;
- в редукторах основной нагрузки для передачи основной нагрузки, приводов насосов смазки, а также в цепях запуска и поворота.

Вспомогательные редукторы должны соответствовать требованиям действующей документации и быть рассчитаны на нагрузку не менее чем 110 % передаваемой максимальной мощности.

4.5.3 Редукторы для передачи нагрузки

Если не указано иное, то конструкция редукторов для передачи нагрузки, их испытания и применение должны соответствовать ISO 13691 и техническим условиям, определенным покупателем. Соответствующие данные по нагрузке на редукторы должны быть представлены покупателем.

Минимальные значения мощности редукторов для передачи нагрузки должны быть по крайней мере равны максимальной выходной мощности газовой турбины для заявленного покупателем диапазона температуры окружающей среды. Если это приводит к чрезмерно высокому значению мощности

редуктора, то пэкиджер и покупатель могут договориться о реальном значении мощности редуктора или об устройстве, ограничивающем мощность.

Минимальная нагрузка должна быть учтена при проектировании редуктора для передачи нагрузки, принимая во внимание критические частоты вращения и работоспособность подшипника. Покупатель должен задать минимальную нагрузку.

4.5.4 Приводимое оборудование

4.5.4.1 Общие положения

Оборудование, приводимое газовой турбиной:

a) осевые компрессоры;

b) центробежные компрессоры;

c) центробежные насосы;

d) генераторы переменного тока.

Также учитываются комбинации вышеназванных устройств.

4.5.4.2 Центробежные и осевые компрессоры

Конструкция центробежного и осевого компрессоров, их испытания и установка должны соответствовать требованиям ISO 10442 и документации покупателя.

Оборудование компрессора может иметь схемы с масляным или газодинамическим уплотнением.

Комбинированная система масляного уплотнения (масляной смазки) может быть использована только по согласованию с покупателем. Если заданы раздельные системы, то в документации пэкиджера должно быть описание средств по предотвращению попадания масла из одной системы в другую.

Покупатель должен предоставить требования к характеристикам компрессора, включая расходы газа, рабочее давление, диапазоны температур и состав газа.

4.5.4.3 Центробежные насосы

Конструкция центробежного насоса, его испытания и установка должны соответствовать требованиям ISO 13709 и документации покупателя.

Покупатель должен представить требования к характеристикам центробежного насоса, таким как показатели расхода, рабочие давления, диапазон температур и свойства жидкого топлива.

4.5.4.4 Поршневые компрессоры

Пэкиджер и покупатель должны совместно решать вопросы по конструкции поршневых компрессоров, крутильных колебаний и конкретной комплектации.

4.5.4.5 Электрогенераторы

Конструкция электрогенератора, его испытания и установка должны соответствовать требованиям IEC 60034-1 и документации покупателя.

Покупатель должен задать номинальную мощность электрогенератора, а также электрическое оборудование и контрольно-измерительные приборы, которые поставляет пэкиджер.

Пэкиджер должен обеспечить оборудование, указанное в карте данных (приложение А, таблица А.6). Покупатель и пэкиджер должны совместно определить и согласовать объем поставки и размещение требуемого оборудования.

Проверка и испытания должны проводиться в соответствии с ISO 3977-8 (когда это указано).

Конструкция пэкиджа должна выдерживать состояния короткого замыкания или неправильной синхронизации, без наступления неустранимого повреждения в оборудовании. Там, где эти требования не могут быть выполнены без устройств, ограничивающих крутящий момент (то есть срезных штифтов, полых валов и т. д.), это должно быть соответственно отражено в руководстве по эксплуатации пэкиджера.

4.5.5 Механические приводы (использование переменной частоты вращения)

Рабочий диапазон частот вращения выходного вала газотурбинных установок, предназначенных для механического привода, должен соответствовать всем условиям эксплуатации, указанным покупателем в карте данных. В тех случаях, когда для использования указывается только одно условие, диапазоном частот вращения для одновальных машин обычно составляет максимально 25 % (из значений от 80 до 105 % номинальной частоты вращения), а диапазон частот вращения для двух- или многовальных машин составляет обычно максимально 55 % (из значений от 50 до 105 % номинальной частоты вращения). Действительный диапазон частоты вращения должен быть совместно определен и согласован покупателем и пэкиджером. У турбины должны быть удовлетворительные механические характеристики во всех условиях эксплуатации, указанных в карте данных и в диапазоне между этими условиями. Устройство должно работать без повреждения при установленных при заводских испытаниях частотах вращения до настройки частоты вращения на экстренный останов при всех условиях эксплуатации.

Процедуры пуска и останова могут начинаться только тогда, когда удовлетворяются определенные предварительно установленные критерии безопасности, связанные с технологической установкой, которые должны быть согласованы между покупателем и пэкиджером. Кроме того, здесь предполагается, что клапаны управления установкой должны приводиться в действие в предварительно установленной последовательности. При установлении этих процедур должны приниматься во внимание механические ограничения и ограничения на технологический процесс (см. 6.2).

4.6 Требования к другому оборудованию

4.6.1 Закрытый контейнер

Для удовлетворения требований покупателя по шуму, защите от погодных воздействий и/или от пожара должен быть соответствующий(е) контейнер(ы). Контейнер(ы) должен(ны) быть спроектирован(ы) таким образом, чтобы пэкидж удовлетворял требованиям к функционированию, техническому обслуживанию, эксплуатационному ресурсу и безопасности.

4.6.2 Впрыск пара или воды

Конструкция ГТУ может обеспечить возможность впрыска пара или воды для повышения мощности устройства или управления выбросами. Необходимое качество и количество впрыскиваемой жидкости определяет пэкиджер (см. 5.2.8.5).

4.6.3 Резервуары масла и маслосборники

Конструкция резервуаров масла и маслосборников, закрывающих движущиеся смазываемые детали (такие как подшипники, уплотнения валов, полированные детали, аппаратура и элементы регулирования), должна обеспечивать минимизацию загрязнения влагой, пылью и другими посторонними веществами во время работы и при простое неработающей установки.

4.6.4 Электромоторы и электрические элементы

Конструкция электрогенератора, его испытания и установка должны соответствовать требованиям IEC 60079 и документации покупателя.

Электромоторы, электрические элементы и электрические устройства должны соответствовать требованиям IEC 60079. Для классификации опасности зоны оборудование, поставляемое пэкиджером, должно удовлетворять требованиям IEC 60079-10 или требованиям покупателя.

Примечание — Если обеспечивается эффективная и надежная изоляция легковоспламеняющихся веществ, можно считать, что установка будет безопасной при выключении и что незащищенное электрооборудование может быть использовано в этом случае.

4.6.5 Специальные инструменты и их поставка

Если для проведения разборки, сборки, обслуживания пэкиджа необходимы специальные инструменты и приспособления, то они должны быть включены в цену и в комплект первичной поставки пэкиджа. Покупатель и пэкиджер должны совместно определить и согласовать объем поставки (количество) требуемых специальных инструментов и приспособлений, которые будут использованы во время сборки оборудования в условиях цеха или разборки после проведенного испытания.

При поставке специальные инструменты должны быть упакованы в отдельные постоянные ящики для инструментов с пометкой «Специальные инструменты (кодовый номер/номер изделия)». Каждый инструмент должен иметь клеймо или металлическую бирку с указанием предполагаемого использования.

4.6.6 Сухая малоэмиссионная камера сгорания

Если предусмотрено покупателем, то газовая турбина ГТУ должна быть оборудована сухой малоэмиссионной камерой сгорания для управления снижением в выхлопных газах выбросов NO_x и CO. Пэкиджер должен продемонстрировать покупателю, что эта камера не повреждается от воздействий тряски, акустического воздействия и выброса пламени.

4.6.7 Каталитические дожигатели выхлопных газов

Если предусмотрено покупателем, то газовая турбина должна быть снабжена каталитическими преобразователями выхлопных газов для выполнения требований (норм) по выбросам.

4.7 Вибрации и динамика

4.7.1 Общие положения

Настоящий раздел посвящен динамике роторов газовой турбины, а также связанному с ней приводимому оборудованию.

Вибрации влияют на готовность и безопасность оборудования и могут вызвать его повреждение. Вибрации обычно являются реакцией систем на возбуждающие факторы. Самым известным возбуж-

дающим фактором является дисбаланс, вызывающий поперечные колебания. Частота вращения ротора в состоянии резонанса также называется критической частотой вращения. Поперечные колебания могут быть измерены, а измеренные величины вибраций используются для постоянного контроля и с целью защиты оборудования. Балансировка уменьшает возбуждение из-за дисбаланса. Ее применяют во время сборки и технического обслуживания. При конструировании двигателя необходимо уделять внимание вопросу чувствительности к возбуждению из-за дисбаланса. Крутильные возбуждения вызывают крутильные колебания. Это явление намного труднее измерить, и ему необходимо уделять внимание на стадии проектирования валопровода (последовательно соединенных валов), так как формы крутильных колебаний имеют обычно легкое демпфирование.

Пэкиджер должен гарантировать, что каждый элемент удовлетворяет проектным требованиям по динамике ротора как отдельный единичный элемент в соответствии со стандартами, применимыми к элементу.

Оборудование с вращающимися частями может испытывать сильную вибрацию, когда элементы соединены через свои валы и фундаменты, даже если они работают удовлетворительно, когда разъединены. Системный анализ валопровода на стадии проектирования позволяет произвести корректирующие действия в отношении проблем вибрации во время работы.

Пэкиджер должен гарантировать, что резонансные частоты полной цепи передачи мощности (видов колебаний: поперечных для ротора, крутильных для системы, а также видов колебаний лопаток) находятся в приемлемых диапазонах. Сочетание должно соответствовать заданному диапазону рабочих частот вращения, включая требования к начальному этапу пуска в отношении частоты вращения для кинематической цепи. Покупателю должен быть предоставлен перечень всех нежелательных частот вращения, который должен быть включен в техническое руководство по эксплуатации. Рекомендуется также ввести его в программу системы управления для того, чтобы избежать нежелательных диапазонов частот вращения.

Пэкиджер может нести ответственность за анализ поперечных и крутильных колебаний системы в целом. Все критические частоты вращения валов, соответствующие виды частот возбуждения приводящего и приводимого оборудования на всем диапазоне частот вращения на пуске и стационарном режиме и внешние силы возбуждения, как определено покупателем, должны обеспечить заданные запасы по разнесению частот, чтобы предотвратить возбуждение одного вида другим. Все эти виды должны предусматривать необходимые диапазоны частот, в пределах которых могут быть рассчитаны собственные частоты опорного фундамента. Этот анализ проводят до проектирования монтажа пэкиджа.

4.7.2 Поперечные колебания (критические частоты вращения)

4.7.2.1 Общие положения

Анализ характеристик поперечных колебаний системы рекомендуется проводить, если:

- ГТУ является первым образцом из данного типа установок;
- изменена связь с нагрузкой;
- применяются жесткие (глухие) муфты;
- модифицирована опора подшипника.

При упругих муфтах и тонких промежуточных валах можно проводить анализ поперечных колебаний для каждого элемента отдельно.

Поперечные колебания необходимо измерять и постоянно контролировать во время работы. Требуемый тип и количество датчиков вибрации для валопровода ротора зависят от типа опоры машины. Измерение относительной вибрации валов или измерение вибрации подшипников может быть выбрано с учетом следующих конкретных прочностных характеристик машины:

a) жесткая опора.

Если динамическая жесткость опоры существенно больше динамической жесткости масляной пленки, измерение относительной вибрации вала является более чувствительным и должно быть использовано в целях защиты машины;

b) гибкая опора.

Если динамическая жесткость опоры существенно меньше динамической жесткости масляной пленки, измерение вибрации подшипника является более чувствительным и должно быть использовано в целях защиты машины.

В случае неопределенности в отношении этих двух вариантов для принятия решения можно использовать измеренные чувствительности обоих измерений на машине при работе на установившемся и неустановившемся режимах.

В ISO 10814 определены методы оценки модальной чувствительности машин к дисбалансу, и эти методы должны главным образом применяться на этапе анализа проекта. Газовые турбины в ISO 10814 упомянуты как машины типа II, в этом стандарте также приводятся требующиеся запасы по частотному

разнесению для максимальных значений вибрационных характеристик (также упоминаемых как «критическая частота вращения», «режим» или «резонанс»). Упомянутый стандарт используется применительно к поперечным колебаниям, основанным на расчетах реакции на дисбаланс или на измерениях на этой же или подобной машине. Высокая модальная чувствительность согласно этому методу (обозначенная в диапазоне как Д или Е) является предупреждающим сигналом, показывающим, что рекомендуется выполнить по крайней мере одно из нижеперечисленных действий:

- сдвиг либо частоты возбуждения, либо критической частоты вращения;
- увеличение демпфирования;
- выполнение расчета отклика на нагрузку, демонстрирующего, что данный резонанс не оказывает отрицательного воздействия на какую-либо деталь в валопроводе.

Примечание 1 — В газовых турбинах с авиационной камерой сгорания обычно применяются антифрикционные шариковые и роликовые подшипники. Функции отклика на динамику ротора и соответствующие показатели амплитуд будут другими, чем у газовых турбин с гидродинамическими подшипниками.

Примечание 2 — В валопроводе с зубчатой передачей взаимодействие близких крутильных и поперечных критических частот может вызвать небольшие отклонения в собственных частотах, которые рассчитаны при использовании не соединенных разобщенных моделей.

4.7.2.2 Измерения

4.7.2.2.1 Общие положения

Измерения вибрации могут быть проведены на вращающихся или стационарных элементах. Пэкиджер должен определить тип и место проведения измерений вибрации, наиболее подходящих для оборудования. Уровни вибрации для аварийной сигнализации (сигнал тревоги) и для вмешательства автоматической системы защиты должны быть указаны пэкиджером и запрограммированы в системе управления.

Во время заводского испытания или введения в эксплуатацию собранных газогенератора/газовой турбины необходимо измерять уровень вибрации (вибрацию вала или корпуса измеряют в обычных местах нахождения датчиков, определенных изготовителем). Вибрация не должна превышать 2/3 от установленного изготовителем значения точки настройки на выдачу сигнала тревоги при какой-либо установившейся частоте вращения в пределах заданного диапазона рабочих частот вращения. Это предельное значение может быть основано на фильтрованных или нефильтрованных данных.

Помимо рекомендаций, указанных в 4.7.2.2.2—4.7.2.2.4, рекомендуется, чтобы при любой частоте вращения вне заданного диапазона рабочих частот вращения вплоть до частоты вращения, требующей экстренного останова ротора, и включая ее, уровень вибрации не превышал 200 % от максимального значения, разрешенного при максимальной продолжительной частоте вращения.

Примечание — Конструктивные подробности, включая распределение массы и жесткости, а также доступность частей, определяют самые важные места, где следует проводить измерения вибрации.

4.7.2.2.2 Колебания относительных смещений валов

Измерения и оценку вибрации валов при передаче мощности определяют в соответствии с ISO 7919-1.

Оценку уровней вибрации электрогенераторов, приводимых газовой турбиной, проводят в соответствии с ISO 7919-2, если не оговорено иное.

Оценку и измерения относительных вибраций вала для газовых турбин (кроме малоразмерных ГТУ и ГТУ с конвертированными авиационными двигателями) проводят в соответствии с ISO 7919-4, если не оговорено иное.

Кроме того, рекомендуется следующее:

- электрическое и механическое биение должно быть определено и зафиксировано при вращении ротора в обоймах подшипников, в колодках с V-образной выемкой или в другом подходящем устройстве, когда биение измеряется с помощью бесконтактного зондового вибродатчика и циферблатного индикатора при том же положении вала;
- данные по электрическому и механическому биению на полные 360° для каждого местонахождения вибродатчика должны быть включены в отчеты по механическим испытаниям;
- пэкиджер должен продемонстрировать, что электрическое и механическое биение соответствует ISO 7919.

Примечание 1 — Для получения эффективных амплитуд вибрации это биение можно вычесть векторной операцией из измеренных величин вибрации.

Примечание 2 — Если требование по биениям в соответствии с ISO 7919-1 не может быть соблюдено, причиной может быть отклонение в механической форме ротора или остаточный магнетизм.

4.7.2.2.3 Вибрации корпуса подшипника

Оценка механической вибрации машин измерением вибрационных характеристик опорных конструкций — «сейсмическое измерение» должно соответствовать ISO 10816-1.

Стандарт ISO 10816-2 должен быть основой для оценки уровней вибрации генераторов, приводимых газовой турбиной, если не оговорено иное.

Если нет другой договоренности, оценка уровней вибрации газовых турбин ГТУ должна соответствовать ISO 10816-4.

В случае, когда стандарты не полностью охватывают валопровод, должно быть найдено взаимное соглашение между покупателем и пэкиджером.

По газовым турбинам с динамическими системами корпусного крепления (сейсмическими) или не охваченным ISO 10816-4 изготовитель должен предоставить покупателю предельные допустимые значения вибрации, с учетом следующего:

a) местонахождения и типов датчиков;

b) фильтрации и формирования сигнала;

c) рабочих условий;

d) назначенных пределов;

e) факторов опыта, накопленного в ремонтном цехе/на месте эксплуатации по предыдущим/подобным установкам.

4.7.2.2.4 Колебания абсолютных смещений валов

Серия стандартов ISO 7919 также распространяется на вибрации абсолютных смещений валов. Данные вибрации могут быть определены путем векторного суммирования относительной вибрации, измеренной сейсмическим датчиком, но это обычно не используют. Если датчик установлен, то он применяется главным образом для диагностики. Установку таких датчиков могут делать по взаимному соглашению между покупателем и пэкиджером.

4.7.2.3 Балансировка

Балансировка окончательно собранных роторов уменьшает дисбалансное возбуждение. Основные роторы машины должны быть подвергнуты многоплоскостной динамической балансировке в машине и в специальной разгонной камере. В случае, когда несколько машин объединены в одну цепь, рекомендуется дополнительная балансировка после добавления не более чем двух главных элементов. Корректировка распределения массы для балансировки должна осуществляться только для добавленных элементов. Может потребоваться небольшая корректировка в процессе окончательной точной балансировки полностью собранного оборудования. На роторах с единичными шпоночными канавками шпоночная канавка должна наполняться полностью выпуклой полушпонкой.

Согласно ISO 1940-1 допустимым уровнем качества балансировки является уровень (степень) G 2.5. Требования к более высокому качеству балансировки могут быть при наличии взаимной договоренности между пэкиджером и покупателем.

При наличии взаимной договоренности между пэкиджером и покупателем можно использовать методы и критерии, приведенные в стандарте ISO 11342.

В случае блочной (секционной) сборки ротора, когда ротор собирается постепенно и не может быть снят как пэкидж, изготовитель должен разработать методику, чтобы достичь требуемого уровня качества балансировки.

Когда поставляются запасные роторы, они должны пройти динамическую балансировку с такими же допусками, как и основной ротор.

Остаточные окончательные уровни дисбаланса (грамм-миллиметры) необходимо регистрировать для каждого собранного ротора вместе с балансной частотой вращения и определениями местоположения фазовых углов дисбаланса (ротора при частотах вращения балансных и дисбалансных деталей под фазовыми углами).

4.7.3 Крутильные колебания

4.7.3.1 Общие положения

Пэкиджер должен сделать расчет характеристик крутильного колебания полной системы. Рекомендуется 10%-ный минимальный запас по разнесению собственной частоты крутильных колебаний и какой-либо возможной частоты возбуждения крутильных колебаний. Если это не может быть выполнено, необходимо сделать расчет результирующих крутильных колебаний. Для всех приводов генератора должен быть сделан расчет реакции на возбуждение, вызванное неправильной синхронизацией и коротким замыканием.

Расчетами результирующих крутильных колебаний должно быть продемонстрировано, что все реакции на нагрузку находятся в безопасных пределах.

Примечание 1 — Источники возбуждения крутильных колебаний могут включать (но этим не ограничиваться) следующее:

- для последовательных соединений с генераторами или электромоторами рекомендуется, чтобы одинарная или двойная частота вращения рассматривалась в качестве частоты возбуждения. Если применяются электронные преобразователи частоты, то моды (пики) крутильных колебаний могут быть возбуждены также другими целыми кратными величинами от частоты вращения;
- дисбаланс или биение полюсной линии зубчатой передачи;
- резонанс замкнутой системы автоматического управления гидравлического регулятора.

Примечание 2 — Для расчетов реакции электрогенератора на возмущение пэкиджер должен руководствоваться соответствующей действующей документацией.

5 Комплектующее и вспомогательное оборудование

5.1 Основное оборудование

5.1.1 Основной объем поставки

Пэкиджер должен предоставить оборудование (далее — пэкидж), укомплектованное с учетом заданных условий эксплуатации. Это оборудование собирается (комплектуется) из соображений максимальной практичности. Рекомендуется, чтобы особые ситуации были согласованы между пэкиджером и покупателем.

Минимальный комплект оборудования следующий:

a) опорная (фундаментная) плита (плиты);
b) газовая турбина с системой сгорания или газогенератор;
c) система управления и контрольно-измерительная аппаратура;
d) муфты и ограждения;
e) выхлопной коллектор и/или диффузор;
f) топливная система (системы);
g) масляная система (системы);
h) силовая турбина (если отдельно от газогенератора);
i) система запуска;
j) система очистки или промывки газовой турбины;
k) система постоянного контроля вибрации;
l) пульт управления;
m) входное устройство;
n) система входной фильтрации;
o) входной шумоглушитель;
p) система обеспечения горения и розжига;
q) система защиты.

Для отдельных проектов пэкиджей некоторые из вышеприведенных изделий поставляются отдельно.

5.1.2 Оборудование, поставляемое по желанию покупателя

Любое другое требуемое оборудование должно быть указано покупателем и включено в объем поставки, осуществляемой пэкиджером.

К такому оборудованию может относиться:

a) система регулирования выбросов вредных веществ;
b) приводимое оборудование в соответствии с прилагаемыми техническими условиями;
c) контейнер (контейнеры) для защиты от шума, погодных условий и/или пожара;
d) система выхлопа (включая температурные компенсаторы, шумоглушители, конструкции);
e) системы кондиционирования топлива;
f) входной воздухоохладитель испарительного типа или комбинация «холодильная камера — охладитель адсорбционного типа»;
g) входная противообледенительная система;
h) подъемное оборудование для ТО;
i) подъемное оборудование для погрузочно-разгрузочных работ;
j) центр управления электродвигателем;
k) рекуператор или регенератор для улучшения технических характеристик газовой турбины;

l) вспомогательные агрегаты системы запуска;

m) система кондиционирования текучих сред впрыском пара или воды;

n) оборудование контроля состояния линии передачи мощности турбины;

o) источник бесперебойного питания для системы управления, контрольно-измерительных приборов и работы;

p) системы утилизации тепла и соответствующие шиберы;

q) анкерные болты для фундамента;

r) фиксирующее оборудование.

Это оборудование должно быть собрано (укомплектовано) с максимальной степенью удобства пользования.

Пространственная организация пэкиджа, включая трубопроводы, охладители, насосы и систему управления, должна обеспечивать адекватные внутренние пространства и безопасный доступ, необходимые для эксплуатации и проведения технического обслуживания.

5.1.3 Материалы для сборки пэкиджа

5.1.3.1 Общие положения

Материалы, используемые для сборки пэкиджа, должны соответствовать документации изготовителя для конкретных местных окружающих и рабочих эксплуатационных условий. Особое внимание должно быть уделено выбору материалов и защитных покрытий с целью предупреждения:

a) коррозии;

b) трещинообразования от коррозии под напряжением;

c) электрохимической коррозии;

d) хрупкого разрушения.

Материалы применительно к использованию высокосернистого (кислого) газа должны соответствовать рекомендациям NACE MR-0175 или соответствующим международным и межгосударственным стандартам.

Материалы должны быть указаны в техническом предложении.

Конструкционная сталь и трубопроводы должны быть указаны в техническом предложении.

У второстепенных деталей, которые не идентифицированы (такие как гайки, пружины, шайбы, прокладки и клинья), коррозионная стойкость должна быть по крайней мере равна коррозионной стойкости заданных деталей в такой же среде.

5.1.3.2 Неметаллические материалы

Неметаллические материалы, такие как эластомеры (резины, прокладки, герметики и пр.), должны быть совместимы с рабочим процессом или движущимися жидкостями, с которыми они могут оказаться в контакте в процессе функционирования или же технического обслуживания.

5.1.4 Сварка

Сварку деталей, работающих под давлением, а также сварку разнородных металлов и сварочные ремонты необходимо выполнять и проверять в соответствии с методом, квалифицированным в соответствии с параграфом VIII, разделом 1 и параграфом IX «Свода правил по паровым котлам и сосудам высокого давления» (Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1, and Section IX) Американского общества инженеров-механиков (ASME) или в соответствии с международными и межгосударственными стандартами.

Сварка трубопроводов должна проводиться в соответствии с ISO 15649 или соответствующими международными и межгосударственными стандартами.

Приваривание к опорным (фундаментным) плитам, трубопроводам, не находящимся под давлением, обшивкам и пультам управления должно производиться в соответствии с нормативным документом AWS D 1.1 Американского общества специалистов по сварке (American Welding Society) или соответствующими международными или межгосударственными стандартами.

Пэкиджер несет ответственность за проверку всех ремонтов и ремонтных сварных швов на предмет их правильной термообработки и проверки методами неразрушающего контроля на прочность и соответствие применимой аттестационной методике.

Ремонтные сварочные швы должны пройти неразрушающий контроль тем же методом, который был использован для обнаружения первоначального дефекта.

5.1.5 Фланцевые соединения

Пэкиджер должен представить информацию о всех подсоединениях к пэкиджу, а также указать допустимые силы и моменты, которые эти соединения выдержат. Допустимое нагружение на соединительные детали к подсоединяемому оборудованию (компрессорам, насосам или паровым турбинам) должно быть меньше, чем оно задано в соответствующих стандартах для этих изделий.

5.1.6 Болтовое крепление

Качество болтового крепления для соединений под давлением, включая трубопроводы, должно определяться по реальной температуре болтового крепления, как определено в ISO 15649 или в соответствующих международных или межгосударственных стандартах.

Гайки должны соответствовать документу Американского общества по материалам и их испытаниям ASTM A-194, класс 2 или 2H — для A-193 болтового крепления и ASTM A-307, класс B, поверхностно-закаленный — для A-307 болтового крепления или соответствующим международным или межгосударственным стандартам.

5.1.7 Паспортные таблички

Паспортная табличка должна быть изготовлена из стойкого к коррозии материала и надежно прикреплена в удобно-доступном месте на пэкидже и на основных агрегатах и узлах оборудования внутри пэкиджа.

Сведения на табличке должны включать как минимум следующие данные: номер изделия, присвоенный покупателем, товарный знак изготовителя, серийный номер машины, размер и тип машины. Дополнительная информация может включать минимальные и максимальные допустимые проектные ограничения и номинальные данные (включая давления, температуры, частоты вращения и мощность), максимальные допустимые рабочие давления и температуры, давления при гидростатических испытаниях и критические частоты вращения. Должны быть использованы единицы физических величин системы СИ.

Стрелки — указатели направления вращения должны быть изготовлены из стойкого к коррозии материала и отлиты или прикреплены к каждому основному узлу вращающегося оборудования.

5.2 Вспомогательное оборудование

5.2.1 Системы пуска

Пэкиджер должен предоставить тот тип пусковой системы, который указан покупателем. Типичными пусковыми устройствами являются электрические двигатели, турбодетандеры, паровые турбины, гидравлические двигатели, двигатели внутреннего сгорания, воздушные/газовые пневматические индукторные двигатели, небольшие газовые турбины и генераторы в режиме электродвигателя. Все пусковые устройства должны быть пригодны к удовлетворительной работе с заданными характеристиками электрической мощности, давлением и температурой пара на входе и выходе, с воздухом/газом или топливом.

Если установка спроектирована с учетом возможности пуска из обесточенного состояния, рекомендуется, чтобы она имела свои собственные источники питания: аккумуляторные батареи, дизель или другие альтернативные устройства.

Пусковые устройства и соответствующее оборудование для передачи мощности должны быть пригодны для разгона всей линии «газовая турбина/приводимое оборудование» и для расширенной операции в течение продувки и очистки компрессора. Пэкиджер определяет режимы работы, которые должны быть не менее 110 % пускового и разгонного момента, требуемого для газовой турбины (и для линии приводимого оборудования для одновальных машин), начиная с остановки и до частоты вращения «самоходности» в заданном диапазоне окружающих температур.

Приспособления, требуемые для системы пуска, определяются пэкиджером в его техническом предложении. Покупатель указывает для одновальных газовых турбин предполагаемые изменения режима, которые могут оказать влияние на размеры стартера (такие как изменения давления, температуры или свойств текучих сред и особые условия пуска установки). В отношении одновальных турбин для привода механического оборудования ГТД, предназначенных для применения в качестве механического привода, пэкиджер строит кривую значений крутящего момента для турбины и приводимого оборудования с наложенным крутящим моментом пускового привода. Конструкция газовых турбодетандеров, использующих воспламеняемый газ в качестве движущей силы, должна обеспечивать нулевую утечку из уплотнений в окружающее пространство. Любой пусковой привод должен автоматически отсоединяться и выключаться до достижения его максимальной допустимой частоты вращения. Пусковые устройства обычно отсоединяются при достижении регулируемой частоты вращения турбины и на холостом ходу, малом газе, то есть находятся в неподвижном состоянии во время работы. При отказе отсоединения пускового привода автоматически прерывается последовательность запуска (см. раздел 6).

Пусковые системы с электрическим приводом должны быть способны к пуску газовой турбины, когда напряжение источника питания падает до минимального уровня, взаимно согласованного пэкиджером и покупателем.

5.2.2 Компоновочные системы

5.2.2.1 Общие положения

Опорное основание пэкиджа должно представлять собой конструкцию из конструкционной стали и быть достаточно прочным для транспортирования и установки и для передачи сил и моментов сил, генерированных оборудованием, к фундаменту. Покупатель должен указать в карте данных тип фундаментного основания.

5.2.2.2 Системы крепления

Когда опорная плита устанавливается непосредственно на бетонное основание, необходимо обеспечить доступность для заливки строительного раствора под все несущие нагрузку конструкционные элементы. Для опорной плиты необходимо использовать одноуровневый фундамент.

Посадочные поверхности монтажа, которые не заливаются строительным раствором, должны быть покрыты противокоррозионными средствами сразу после механической обработки.

Пэкиджер должен определить размер, число и местонахождение анкерных болтов, необходимых для указанного метода крепления пэкиджа к фундаменту.

5.2.2.3 Конструкция опорной плиты

Предпочтительно, чтобы опорная плита представляла собой монолитную стальную конструкцию, кроме случаев, когда покупатель и пэкиджер взаимно договариваются, что она может быть изготовлена в виде многочисленных секций.

Если задано, то у опорной плиты могут быть нивелировочные панели или метки, защищенные съемными чехлами. Нивелировочные панели или метки должны быть доступны для полевого нивелирования после установки, при установленном оборудовании и опорной плите на фундаменте.

Если задано, то опорная плита должна быть пригодна для крепления стоек с достаточной жесткостью, чтобы поддерживаться в заданных точках, без непрерывной заливки строительного раствора под конструктивные элементы. Конструкция опорной плиты должна быть совместно согласована покупателем и пэкиджером.

У опорной плиты должны быть узлы крепления, обеспечивающие подъем при подсоединении оснастки подъемного устройства, не менее чем в четырех точках. Если используются подъемные проушины, сварные швы должны быть проварены на всю глубину, по всей длине и проверены методами неразрушающего контроля. Подъем опорной плиты вместе с установленным оборудованием не должен вносить необратимое остаточное деформирование или же повреждение опорной плиты или установленного на ней оборудования. Покупатель и пэкиджер совместно договариваются о подъемных устройствах на основе доступного оборудования на месте нахождения покупателя или других ограничивающих факторов.

Если задано, то на верхней поверхности опорной плиты должно быть покрытие, не вызывающее скольжения, или покрытие в виде решетки по всем рабочим и проходным участкам. Все настилы должны надежно крепиться к каждому пересекающему их конструктивному элементу.

Опорная плита должна быть снабжена вертикальными винтовыми домкратами, расположенными по возможности рядом с каждым анкерным болтом, или иметь другие средства для подъема для облегчения выравнивания на месте.

Опорная(ые) плита(ы) должна(ы) быть снабжена(ы) средствами локализации капающей жидкости и дренажами в нижней точке.

5.2.2.4 Монтаж оборудования

В линии соединения оборудования пэкиджа должна быть предусмотрена возможность проведения осевого, поперечного и вертикального выравнивания с помощью винтовых домкратов. При использовании винтовых домкратов они должны так располагаться, чтобы предотвратить повреждение регулируемых плоскостей. Пэкиджер должен предоставить наборы регулирующих прокладок под все лапы крепления.

5.2.3 Контейнеры и защита от пожара

5.2.3.1 Общие положения

Если задано, то должна быть обеспечена система укрытия, состоящая из:

a) контейнера, закрывающего со всех сторон газовую турбину и/или приводимое оборудование;

b) системы продувки и вентиляции контейнера;

c) системы защиты от пожара.

5.2.3.2 Конструкция

Контейнеры должны быть стойкими к проникновению пыли, а контейнеры, контактирующие с внешней средой, — также к атмосферным воздействиям. Не допускается утечка воды и/или пыли через

стыки стен и крыши контейнера. Конструкция панелей должна минимизировать возможность коррозии и накопления влаги внутри панели. Материалы, из которых изготавливаются панели, должны быть негигроскопичными, негорючими, стойкими к нашествию насекомых и паразитов.

Конструкция контейнера должна предусматривать возможность проведения технического обслуживания на месте.

Если требуется, то для крупного ремонта поставляют съемные верхние секции, боковые панели или шарнирные перегораживающие стенки. Наличие удобных подходов для проведения технического обслуживания позволит легко приводить контейнер в первоначальное состояние. Уплотнение (конопачение) стыков не допускается.

Для проведения проверок и регламентного технического обслуживания должны быть предусмотрены смотровые люки и/или лазы для людей. По периметру пути доступа должны быть применены система изоляции (ограждений), предохранительные и оградительные устройства. Пути доступа должны иметь средства блокировки.

Трубопроводы, системы предупреждения пожара, детекторы газа не допускается крепить к внутренней стороне верхней панели или каких-либо других панелей, которые снимаются при проведении технического обслуживания, или же должны быть снабжены быстросоединяемыми разъемами.

Если задано, то должны быть предусмотрены окна, предпочтительно расположенные в дверцах люков с каждой стороны контейнера, напротив друг друга. Каждое окно должно представлять собой двойной стеклопакет из армированного проволокой стекла с герметичным воздушным пространством между стекол.

Если задано, то для обеспечения общего наблюдения внутри контейнера должно быть освещение.

Точки места заливки смазочного масла, используемые во время работы, должны находиться снаружи контейнера двигателя или же вдали от горячих частей двигателя.

5.2.3.3 Защита от пожара и загазованности

Если предусмотрен контейнер, то должны быть обеспечены системы защиты от пожара и загазованности (если только они не исключены покупателем специально из объема поставки пэкиджера).

Минимальный состав системы защиты от пожара и загазованности следующий:

a) система тушения пожара;

b) система обнаружения пожара;

c) система обнаружения газа для:

1) установок, работающих на газообразном топливе;

2) когда приводимая машина оперирует горючим газом;

3) при работе в опасной зоне (см. 6.4.4, 6.10.7 и 6.10.8).

5.2.3.4 Вентиляция и продувка

Контейнер должен быть обеспечен искусственной или механической вентиляцией и системой воздушной продувки, спроектированной, чтобы обеспечить 100%-ную загрузку вентиляции и продувки в самых суровых условиях климата и нагружения.

Вентиляция должна быть достаточной, чтобы предотвратить повреждение оборудования внутри контейнера из-за перегрева.

Продувочный воздух должен распределяться так, чтобы гарантировалась продувка всех областей вокруг газовой турбины и контейнера с достаточным расходом воздуха и не было застойных зон, где газы могут накапливаться во взрывоопасных концентрациях.

Кроме того, в случаях, когда топливные газы тяжелее смесей воздуха и/или газа и имеют низкую температуру самовоспламенения, необходимо предусмотреть достаточное разбавление или откачку (продувку) в нижней части контейнера. Способность вентиляционной системы выполнить эти требования должна быть продемонстрирована.

Покупатель должен указать в карте данных требования к резервированию системы, а также требуемое давление: положительное или отрицательное.

Вентиляционная система должна включать оборудование для фильтрации и шумоглушения воздуха.

Конструкция вентиляционной системы должна обеспечить удовлетворительную работу в заданном диапазоне окружающих температур.

Не должно быть охлаждения ниже расчетного при низких температурах окружающей среды.

Вентиляционный и продувающий поток выходит из контейнера через выходной(ые) воздуховод(ы), соединенный(е) с помощью фланцев. В каждом канале должны быть шибер, расположенный в середине, перекрывающий канал при тушении пожара, и, когда указано, заслонка обратной тяги. Покупатель должен указать, нужна ли дополнительная система вентиляционных воздуховодов.

Если для предотвращения повреждения газовой турбины, вспомогательных систем или контрольно-измерительных приборов внутри контейнера требуется вентиляция для целей охлаждения, то должен быть предоставлен отдельный резервный вентилятор.

5.2.4 Комплексное воздухоочистительное устройство (КВОУ)

5.2.4.1 Общие положения

Обычно комплексное воздухоочистительное устройство (КВОУ) включает:

a) входной фильтр (одно- или многоступенчатый);

b) шумоглушитель;

c) патрубок (канал подвода воздуха);

d) температурные компенсаторы (если требуется);

e) штуцеры для измерения потерь давления на входе в газовую турбину;

f) контрольно-измерительные приборы и устройства защиты.

Дополнительно могут применяться:

a) противообледенительная система;

b) охладитель испарительного типа с отделением влаги вниз по потоку;

c) экраны от птиц и насекомых;

d) моющая система (во время работы и/или вне работы газовой турбины);

e) проходы, перила, платформы и стремянки, нужные для обеспечение доступа и проведения ТО;

f) абсорбционные холодильные установки;

g) погодные жалюзи;

h) оборудование для замены фильтров в процессе обслуживания, например подъем в заданном положении и съем;

i) высокоэффективный лопаточный сепаратор, установленный вверху по потоку от воздушных фильтров для предотвращения попадания воды;

j) байпасный клапан, который открывается после достижения заданного снижения давления.

Если не задано другое, то КВОУ должно быть спроектировано на максимальное снижение полного давления в 1 кПа при чистом воздушном фильтре и максимальном местном расходе воздуха.

Если не задано другое, то должна быть обеспечена возможность проведения технического обслуживания и очистки предварительных фильтров в многоступенчатых фильтрах во время работы турбины.

Болты, заклепки или другие соединительные элементы, которые могут ослабнуть и быть унесены воздушным потоком, не должны использоваться в КВОУ вниз по потоку от конечного материала фильтра.

Если не задано другое, то для того, чтобы свести к минимуму вероятность повреждения посторонними предметами, должна быть предусмотрена усиленная крупная решетка (решетка из нержавеющей стали) вверх по потоку от входа газовой турбины для защиты от попадания посторонних предметов. Конкретное расположение должно быть взаимно определено пэкиджером и покупателем, принимая во внимание такие особенности, как очищающие системы, крышки люка для доступа, повороты с направляющими лопатками и аэродинамическое возмущение во входном патрубке или раструбе.

Когда задано, все металлические элементы воздушного тракта должны быть из нержавеющей стали.

Когда используются элементы воздушного тракта, изготовленные из углеродистой стали, требуется коррозионная защита фильтра, воздуховода и шумоглушителя. Предполагаемый защитный материал или покрытие и подготовка поверхности вместе с техническим предложением должны быть представлены пэкиджером для согласования.

Рекомендуется, чтобы пэкиджер указывал ресурс покрытия поверхности. Не рекомендуется применять марки нержавеющей стали, которые становятся чувствительными к коррозии после сварки.

Покупатель должен определить, должно ли быть фильтровальное отделение на нулевом уровне (на уровне грунта) или же выше. Если выше, пэкиджер должен предоставить всю поддерживающую конструкцию до грунта.

Для уменьшения попадания пыли из воздуха рекомендуется, чтобы воздухозаборник был не менее чем на 5 м выше уровня грунта или какой-либо прилегающей большой поверхности, такой как крыша.

5.2.4.2 Входные фильтры

Конструкция систем фильтров должна быть хорошо проверена для условий окружающей среды, указанных в карте данных. Тип входной системы фильтрации должен быть согласован между покупателем и пэкиджером. Если указывается только одноступенчатая фильтрация, покупатель может отметить необходимость по добавлению дополнительных ступеней в будущем. Сетки от попадания мусора и погодные жалюзи не считаются ступенями.

Пэкиджер должен представить в своем техническом предложении данные по характеристикам системы фильтров, как требуется в карте данных (см. приложение А, таблица А.3).

Если не задано другое, то в качестве первой ступени в случае морского климата должен использоваться высокоэффективный туманоуловитель. Нужно предусмотреть металлический фильтр или фильтровые элементы неабсорбирующего типа из стекловолокна или полипропиленового волокна.

Все системы фильтрации должны иметь следующие конструктивные особенности:

a) вся электропроводка и кабелепровод, расположенные вниз по потоку от воздушных фильтровых элементов, должны находиться с внешней стороны воздушного тракта;

b) все стальные элементы опорной конструкции должны использовать болтовые и сварочные соединения;

c) каждый модуль модульной конструкции должен быть полностью собран, обвязан электропроводкой и опечатан в заводских условиях. Для каждого модуля должны быть обеспечены подъемные средства, используемые при погрузке и разгрузке и для подъема в конечное положение в сборке;

d) все швы и стыки на стороне чистого воздуха каждой системы фильтров должны быть герметичными. Все сварочные швы должны быть герметично сварены.

5.2.4.3 Входные шумоглушители

Снижение шума с помощью шумоглушителей должно быть достаточным, чтобы выполнялись ограничения по шуму системы, указанные покупателем.

Желательно, чтобы шумоглушители были с фланцевыми стыковочными узлами и достаточно жесткими для поддержания их только на концевых фланцах при установке в горизонтальной или вертикальной системе воздухозабора.

Конструкция отражательных перегородок шумоглушителей должна предотвращать попадание набивного материала перегородок в воздушный поток.

Конструкция шумоглушителя должна предотвращать повреждения от акустических или механических резонансов.

На шумоглушителях должны быть средства обеспечения подъема для обслуживания.

Направление потока должно быть указано на шумоглушителях, каналах сброса и ступенчатых коленах.

5.2.4.4 Воздуховод КВОУ

В системе подачи воздуха должно быть наименьшее количество изгибов. При изменениях в направлении, когда нужно обеспечить равномерное распределение потока у фланца газовой турбины, должны быть предусмотрены спрямляющие лопатки. Передние и задние кромки каждой лопатки должны быть суживающимися в поперечном сечении и сглаженными. Лопатки должны крепиться к каналу непрерывным сварным швом и проектироваться так, чтобы избежать резонансных состояний.

Для переходных участков между элементами воздуховода КВОУ с различными площадями поперечного сечения рекомендуется, чтобы угол между стенками и осью воздуховода КВОУ был не более 15° для уменьшения падения давления.

Опоры воздуховода КВОУ должны иметь возможность как поперечного, так и осевого расширения, возникающего в результате температурных изменений. Воздуховод КВОУ и опоры должны проектироваться так, чтобы оставаться неподвижными, когда в целях обеспечения доступа для проведения ТО установки снимаются секции, расположенные рядом с газовой турбиной. Воздуховоды КВОУ должны быть достаточно жесткими, чтобы избежать вибрации.

Там, где нет ограничения по размеру, доступ должен быть обеспечен в каждый воздуховод КВОУ рядом с входным фланцем газовой турбины с тем, чтобы обеспечить возможность окончательной очистки и проверки всей системы подачи воздуха до начала работы. Если требуются крышки, то они должны проектироваться с учетом обеспечения возможности их снятия в любое время без риска засасывания газовой турбиной крепежей и других предметов. Для обеспечения надежного герметичного закрытия они должны быть снабжены прокладками и закреплены.

Для снятия всех нагрузок между входными фланцами воздуховода КВОУ и газовой турбины должны быть предусмотрены газонепроницаемые температурные компенсаторы. Эти компенсаторы должны учитывать относительное движение воздуховода КВОУ, регенератора (если имеется) и газовой турбины в вертикальном и горизонтальном направлениях.

5.2.4.5 Система охлаждения испарительного типа

Охлаждение испарительного типа может использоваться для снижения температуры воздуха из окружающей среды как воспринимаемого газовой турбиной, и с помощью этого достигается дополнительная выходная мощность. Системы охлаждения испарительного типа могут основываться либо на нерасходу-

емых хладагентах, либо на распыле в компрессор. Основанные на нерасходуемых хладагентах системы охлаждения испарительного типа состоят из хладагента, насоса, отстойника, слива и всех необходимых органов управления для циркуляции воды и регулирования работы охладителя. Системы охлаждения испарительного типа с распылом в компрессор включают насосы высокого давления и систему управления.

Характеристики охладителя испарительного типа должны быть основаны на максимально возможном расходе воздуха и самых суровых местных окружающих условиях. Система охлаждения должна быть спроектирована с учетом предотвращения уноса жидкости. КПД охладителя *E, %*, указываемый в карте данных, определяется следующим образом:

$$E = \frac{T_d - T_e}{T_d - T_w} \cdot 100, \quad (1)$$

где T_e — температура на выходе из охладителя;

T_d — температура на входе по шарику сухого термометра;

T_w — температура на входе по шарику смоченного термометра.

В воздухопроводе вниз по потоку от испарительного охладителя должен быть предусмотрен коррозионно-стойкий инерциальный туманоуловитель или коалесцирующий элемент. Туманоуловитель или коагулятор должны выбираться с целью уменьшения переноса влаги от входного воздушного потока.

Выключение циркуляции воды охладителя следует производить системой регулирования температуры воздуха. Для предотвращения обледенения необходимо установить температурный датчик для автоматического выключения циркуляции воды в случае, когда температура воздуха на выходе не более 10 °С.

Все металлические корпуса охладителя испарительного типа и внутренние конструкционные опоры должны быть изготовлены из нержавеющей стали. Все металлические элементы воздушного тракта вниз по потоку должны быть из нержавеющей стали.

Конструкция охладителя испарительного типа, туманоуловителя или коагулятора и выходной части воздуховода КВОУ должна обеспечивать полный дренаж. Дно каждого должно иметь скат в направлении дренажа после промывки. Не допускаются выступы или стояки у дренажных отверстий. Каждое дренажное отверстие должно быть устроено так, чтобы предотвратить затягивание нефильтрованного воздуха в воздуховод. Дополнительно к основной системе дренажа требуется предусмотреть возможность дренирования превышенного расхода в аварийном случае.

Если задано, то должны быть обеспечены проходы, перила, приставные лестницы и проходы для людей для проведения обслуживания как вверх, так и вниз по потоку подачи хладагента для охладителя испарительного типа, обслуживания туманоуловителя или коагулятора и воздуховода КВОУ вниз по потоку от охладителя.

Пэкиджер должен указать качество и количество воды для охладителя испарительного типа, необходимые для уменьшения проблемы с водяной системой и охладителем в эксплуатации.

Если газовая турбина вращает электрогенератор, то пэкиджеру рекомендуется обеспечить условия, чтобы генератор и другое электрическое оборудование могли выдерживать повышенную выходную электрическую мощностью без перегрева.

5.2.4.6 Абсорбционные охлаждающие установки

При определенных условиях окружающей среды (высокая окружающая температура и высокая влажность) покупателю рекомендуется рассмотреть использование абсорбционной охлаждающей установки в целях искусственного уменьшения окружающей температуры, воспринимаемой газовой турбиной. Это может применяться вместо охлаждающей системы испарительного типа, которая обычно используется, когда окружающая температура высокая, а влажность низкая.

Если предусмотрено, то пэкиджер должен обеспечить комплексную, объединенную в один пэкидж, систему при минимальном времени установки и ввода в строй.

Покупатель должен указать предпочтительный источник тепла для абсорбционной охлаждающей установки (например, пар, горячая вода или газообразные продукты сгорания) и имеющиеся в наличии соответствующие температуры и давления. Абсорбционные охлаждающие установки представлены охлаждающими установками единичного и двойного действия.

Нужно обратить должное внимание на компоновку охлаждаемого змеевика и конструкцию в пределах КВОУ газовой турбины, чтобы поддерживать потерю давления на минимальном возможном уровне.

Для прибрежных применений рекомендуется использовать материал охлаждающих змеевиков из серии, применяемой в судостроении, чтобы избежать проблем с коррозией. Рекомендуется, чтобы вы-

полнение воздуховода КВОУ вниз по потоку от охлаждающих змеевиков было из коррозионно-стойкого материала.

Если на зимний период будет требоваться дренирование из охлаждающих змеевиков, то змеевики должны быть изготовлены из коррозионно-стойкого материала.

Конструкция абсорбционной охлаждающей установки должна обеспечивать оптимальный режим работы (через охлаждающее воздействие).

Объем поставки для системы должен включать абсорбционную установку с испарителями, конденсаторы, охлаждающие змеевики, перекачивающие насосы, измерительные приборы и соответствующие панели управления (взаимосвязанные с системой управления газовой турбиной), а также вспомогательное оборудование.

Покупатель должен указать, нужна ли отходящая (сбросная) теплота (горячая вода) для других целей. Конструкция системы должна быть достаточно гибкой, чтобы обеспечить работу при условиях, отличных от условий режима полной нагрузки. Поэтому производительность системы охлаждения должна быть переменной и регулируемой.

Система управления, измерительные приборы и оборудование, требуемые как для модуляции, так и для безотказной работы установки, должны быть включены в систему управления газовой турбины.

Особенности конструкции должны обеспечить минимальный объем ТО. Должно быть возможным эксплуатировать газовую турбину в случае, когда охлаждающая установка отключена, и обслуживать охлаждающую установку, когда газовая турбина в работе.

Используемые хладагенты должны соответствовать требованиям охраны окружающей среды.

Все требования к технологическим средам, качество и количество должны определяться пэкиджером, то есть мощность переменного тока, водоочистка и т. д.

Необходимо испытать установку по документации изготовителя до пуска в работу, чтобы обеспечить ее удовлетворительную работу.

Если газовая турбина приводит в действие электрогенератор, пэкиджер должен обеспечить условия, чтобы генератор и другое электрическое оборудование могли выдерживать повышенную выходную электрическую мощностью без перегрева.

5.2.4.7 Система промывки водой

Если предусмотрено, пэкиджер должен обеспечить систему промывки водой для промывки компрессорной секции газовой турбины, находящейся вне работы. Вместе с техническим предложением пэкиджер должен привести требования к качеству и количеству жидкости и ее параметрам при подаче из системы технического водоснабжения. Дренажи для отделенного потока должны быть расположены в соответствующих местах газовой турбины вместе с устройством для сбора выпущенной жидкости и ее последующего удаления. Пэкиджер должен обеспечить доступ во входную камеру для проведения осмотра входного участка раструба компрессора.

Когда предусмотрено, пэкиджер должен обеспечить систему полной промывки во время работы газовой турбины.

Система(ы) водяной промывки должна(ы) быть полностью описана(ы) в техническом предложении с приведением ее(их) схемы.

Вместе с техническим предложением пэкиджер должен представить руководство по эксплуатации системы водяной промывки.

5.2.4.8 Противообледенительная система

Когда температура окружающей среды на месте эксплуатации оборудования ниже 5 °С, покупатель и пэкиджер должны договариваться о необходимости и типе автоматической противообледенительной системы. Она может быть расположена у передней стороны фильтра или внизу по потоку от ступени(ей) фильтра. Необходимо указать и количественно определить ее воздействие на характеристики узла.

При выборе системы можно полагаться на нагрев первичного поступающего воздуха или на использование фильтров импульсного типа, приводимых в действие воздухом.

Пэкиджер может рекомендовать соединение и управление противообледенением воздухоприемником компрессора, чтобы предотвратить накопление льда на входном участке раструба воздухозаборника и лопатках первой ступени (см. 6.10.3).

5.2.5 Система выхлопа

Если предусмотрено покупателем, должна поставляться полная система выхлопа в сборе, состоящая обычно из:

a) температурного компенсатора в месте перехода турбина — газоход;

b) выхлопного шумоглушителя;

c) газохода;

d) конструкционных опор системы выхлопа;

e) выхлопных дренажей;

f) дымовой трубы.

Покупатель должен указать следующие особые конструктивные соображения:

a) требования к изоляции для участков, где необходимо обеспечить защиту персонала;

b) ориентацию, размещение и установленную конфигурацию выходного фланца системы выхлопа;

c) падение давления, связанное с установкой оборудования, от других пэкиджеров, например устройство утилизации тепла;

d) отверстие(я) для отбора эмиссионных проб.

Должно учитываться максимальное допустимое противодавление, указанное пэкиджером.

Для газовых турбин регенеративного цикла пэкиджер должен поставить и сделать предварительную подгонку регенератора, необходимых воздухопроводов и выхлопных трубопроводов между газовой турбиной и генератором, включая все требуемые температурные компенсаторы, опоры, конструкции и нужные изоляцию и систему управления.

Основной материал для системы выхлопа необходимо выбирать из соображений стойкости к температуре и коррозии, с учетом рабочего цикла турбины и местных эксплуатационных условий.

Соединение элементов системы выхлопа должно предусматривать простоту установки и ТО. Все элементы следует поставлять вместе с соответствующими подъемными средствами.

Звуко- и/или теплоизоляция, используемая внутри или снаружи, должна быть соответствующим образом закреплена, чтобы предотвращать ухудшение ее характеристик со временем, когда на нее воздействует обычная среда в районе выхлопа.

Стыки выхлопной системы должны быть выполнены из металла или армирующей высокотемпературной ткани. Температурные компенсаторы должны быть спроектированы с учетом предотвращения чрезмерных колебаний, ухудшения технического состояния компенсаторов или падения давления. Замена ткани должна производиться без съема основных элементов.

Если нет ограничения в размере, то доступ в систему выхлопа должен обеспечивать возможность ее осмотра и очистки.

Если требуется, конструкционные опоры должны поставляться как часть системы выхлопа, предоставленной пэкиджером. Проектирование этих опор должно предусматривать возможность теплового расширения и снижения нагрузок в трактах у фланцев газовой турбины до предельных значений, установленных изготовителем. Газоход и опоры необходимо проектировать с учетом того, что они будут оставаться неподвижными при снятии секций газохода около газовой турбины для обеспечения доступа к газовой турбине, чтобы провести ТО.

5.2.6 Трубопроводы

5.2.6.1 Общие положения

Пэкиджер поставляет все системы трубопроводов, включая монтируемые дополнительные приспособления, располагаемые в пределах монтажной площадки основной установки, монтажной площадки пульта управления маслом или какой-либо вспомогательной монтажной площадки.

Трубопроводы должны заканчиваться соединительными деталями у края монтажной площадки.

Если не указано иное, то покупатель предоставляет только трубопроводы для соединения групп оборудования и устройств вне монтажной площадки.

Конструкция систем трубопроводов должна обеспечивать следующее:

a) соответствующие опоры и защиту для предотвращения повреждения от вибрации или в результате погрузки, эксплуатации и ТО;

b) необходимую гибкость и нормальный доступ для работы, ТО и полной очистки;

c) установку точно и в заданной последовательности в соответствии со схемой, адаптированной к контуру машины, не загораживая люки для доступа;

d) исключение воздушных пробок посредством использования оборудованных клапанами или неаккумулирующих воздух схем трубопроводов;

e) полный дренаж в нижних точках без разборки трубопроводов.

Системы трубопроводов, поставляемые пэкиджером, должны быть изготовлены, установлены в заводских условиях и надлежащим образом закреплены (с подтверждением качества).

Сварка должна осуществляться эксплуатантами в соответствии с процедурами, приведенными в разделе IX «Свода правил по паровым котлам и сосудам высокого давления» Американского общества инженеров-механиков или в соответствующих международных или межгосударственных стандартах.

5.2.6.2 Маслопроводы

Трубопровод гравитационного возврата масла должен иметь такие размеры, чтобы функционировать заполненным не более чем наполовину во время течения потока, и сконструирован с обеспечением хорошего дренажа (учитывая возможность пенообразования). При горизонтальной работе должен быть постоянный наклон в направлении резервуара масляного бака. Рекомендуется, чтобы не более чем один подводящий трубопровод в какой-либо поперечной плоскости входил в дренажные сборники под углом 45° в направлении потока.

Линии нагнетания вниз по потоку от масляных фильтров должны быть свободны от внутренних препятствий, которые могут приводить к накоплению грязи. Если не указано иное, то все трубопроводы вниз по потоку от масляного фильтра должны быть изготовлены из нержавеющей стали.

5.2.6.3 Трубопроводы для контрольно-измерительных приборов

Пэкиджер поставляет все необходимые трубопроводы, клапаны и фитинги для контрольно-измерительных приборов и щитов контрольно-измерительных приборов.

Для каждого контрольно-измерительного прибора на общем соединении требуются отдельные вспомогательные запорные клапаны и отсечные клапаны с выпуском. Если используется датчик давления для проверки выключателей выдачи аварийного сигнала и останова по давлению, то в соответствии с национальными правилами безопасности или правилами безопасности, определенными покупателем, требуются соединения датчика давления с выключателями.

Если не указано иное, то трубопроводы для контрольно-измерительных приборов и воздуха в системе управления должны быть изготовлены из нержавеющей стали.

5.2.6.4 Система трубопроводов для впрыска воды или пара

Трубопроводы, фитинги, клапаны и трубы для впрыска воды/пара в камеру сгорания должны быть изготовлены из нержавеющей стали.

5.2.6.5 Технологические трубопроводы

Объем поставки трубопроводов для процесса, производимой пэкиджером, определяет покупатель.

Если предусмотрено, то пэкиджер должен проверять все трубопроводы, сопутствующие устройства (промежуточные охладители, добавочные охладители, сепараторы, эжекторы, фильтры КВОУ и температурные компенсаторы) и сосуды, соединяемые непосредственно вверх и вниз по потоку от элементов оборудования и их опор. Покупатель и пэкиджер должны договориться об объеме этой проверки.

5.2.7 Система маслоснабжения

Если не указано иное, то масляная система, которая необходима для обеспечения работы силового привода (газовая турбина, главный привод для основной нагрузки и приводимое оборудование), должна быть встроена в пэкидж газовой турбины и/или приводимого оборудования.

Если руководствуются международным или национальным стандартом, то покупатель и пэкиджер должны договориться об объеме соответствия. Если не применяются международные или национальные стандарты, то объемы поставки согласуются между покупателем и пэкиджером.

Масляная система может представлять собой единую систему или состоять из двух раздельных систем. Одна система может быть предназначена для конвертированного авиационного ГТД или какого-либо другого элемента, использующего синтетическую смазку.

Маслосистемы, использующие синтетические и минеральные масла, включая суфлирующие и дренажные каналы, должны быть изолированы.

Система на минеральном масле может быть использована для выполнения требований герметизации компрессора (если это применимо) при одобрении покупателя.

Пэкиджер должен указать в руководстве по технической эксплуатации полное описание маслосистем, включая схематические диаграммы и перечни материалов.

Если не предусмотрено иное, то должна быть предоставлена маслосистема(ы), подающая(ие) масло под соответствующим давлением или заданном давлении к следующим узлам и системам:

a) подшипникам привода или приводимого оборудования (включая все редукторы);

b) непрерывно смазываемым муфтам;

c) системе регулирования масла и управления;

d) системе масляных уплотнений;

e) гидравлической маслосистеме для гидравлического пускового устройства, когда требуется.

Когда масло подается от единой системы к двум или более устройствам (компрессор, редуктор, турбина), пэкиджер должен указать в карте данных характеристики масла. Пэкиджер должен обеспечить, чтобы указанное масло удовлетворяло требованиям эксплуатации различных машин.

Углеводородное масло, используемое в единой маслосистеме в качестве смазывающего вещества, должно соответствовать коэффициентам вязкости 32, 46 или 68 в соответствии с ISO 3448.

Системы смазки под давлением обычно включают в себя:

a) систему подачи и возврата;

b) маслорадиатор (когда требуется);

c) фильтр полного потока (номинальный);

d) систему останова при низком давлении смазки-масла;

e) элементы из стали, находящиеся под давлением масла;

f) основной масляный насос полной производительности, отдельно приводимый и автоматически управляемый (когда основной маслонасос в пэкидже не приводится валом);

g) резервные (запасные) насосы;

h) систему смазки, осуществляющую предварительную смазку, последующую смазку и охлаждение (если требуется);

i) систему смазки, способную какое-то время работать за счет инерции для безопасного останова в случае отсутствия переменного тока;

j) контрольно-измерительные приборы для индикации рабочих параметров, таких как температура или давление.

5.2.8 Топливная система

5.2.8.1 Общие положения

Пэкиджер должен поставить топливную систему для получения на месте эксплуатации покупателем предварительно сжатого, перегретого (если нужно) и отфильтрованного топлива. Взаимосвязь между тем, что поставляет покупатель и пэкиджер, должна согласовываться. Топливная система должна работать на любом(ых) указанном(ых) и согласованном(ых) топливе(ах).

Пэкиджер должен изучить топливную систему покупателя, если это оговорено.

Примечание — Покупатель может задать расходный бак для работы на жидком топливе, с которым может осуществляться пуск и непрерывное функционирование в течение необходимого периода времени.

Покупатель и пэкиджер должны договориться о типе, сорте, составе предполагаемого топлива, диапазоне низших теплотворных способностей, температуре(ах), давлении(ях) в нагнетающей магистрали и загрязняющих примесях в отношении предполагаемого топлива в предварительном техническом описании.

Загрязняющие примеси, которые могут быть найдены в топливах, зависят от вида используемого топлива, например природный магистральный газ, генераторный газ. К возможным загрязняющим примесям относятся:

a) вода и газовые гидраты;

b) песок, окиси железа и другие твердые вещества;

c) нафталин;

d) сульфид водорода, двуокись серы, трехокись серы и общая сера;

e) щелочные металлы;

f) хлориды, окись углерода и двуокись углерода.

Концентрации сульфида водорода, двуокиси серы, трехокиси серы, полной серы, щелочных металлов, хлоридов, окиси углерода и двуокиси углерода являются коррозионными средами, вызывающими высокотемпературную коррозию материалов соплового аппарата турбины и рабочих лопаток и коррозию при температуре окружающей среды клапанов и систем регулирования подачи топлива.

Для того чтобы предотвратить образование сернистой или серной кислоты, которая ускоряет процесс коррозии и уменьшает ресурс элементов, необходимо учитывать содержание общей серы и следить за тем, чтобы температуры в любой точке выхлопной системы были выше точки росы для кислоты (приблизительно 150 °С).

В систему зажигания должны входить трансформатор зажигания и свечи зажигания. Зажигание должно автоматически выключаться, а поток топлива прекращаться, если турбина не может организовать горение.

Трубопроводы и тюбинги распределения топлива должны быть из нержавеющей стали. Использование гибких шлангов должно быть минимальным, а если они используются, то есть ограничение по месторасположениям, где относительные перемещения должно быть согласованы с пространством. Все топливные шланги должны быть изготовлены из нержавеющей стали и покрыты стойкой к истиранию оплеткой.

5.2.8.2 Газообразное топливо

5.2.8.2.1 Общие положения

Пэкиджер должен информировать покупателя о максимальных/минимальных значениях температуры и давления топлива, которые должны быть у штуцера для подвода топливного газа, определенного пэкиджером. Максимальная температура определяется конструкцией топливной системы газовой турбины (например, уплотнениями, кронштейнами, клапанами, приборами). Минимальная температура определяется главным образом по установленному запасу выше точки росы горючего газа и может быть ограничена в крайних случаях конструкцией топливной системы газовой турбины. Так как точка росы не может последовательно измеряться, пэкиджер и покупатель должны договориться об анализе газа как основы для расчета точки росы. Обычно требуется запас безопасности от 20 до 30 °С. Давление устанавливается по указанному запасу над степенью повышения давления газовой турбины, которая является функцией нагрузки (базовой или пиковой) газовой турбины при конкретной температуре окружающей среды и возвышении данного местонахождения над уровнем моря. На этот запас оказывает влияние снижение давления в клапанах, трубопроводах, фильтрах и т. д.

В месте подсоединения к пэкиджу систем подготовки газа, принадлежащих покупателю, в газе не должно быть жидкостей и твердых веществ. Для того чтобы устранить конденсат в ситуациях, когда может произойти конденсация, от покупателя могут потребоваться специальные средства, например сепараторы или барабанные сепараторы. Должны быть удалены также жидкие углеводороды.

5.2.8.2.2 Полезная удельная энергия

Диапазон значений полезной удельной энергии каждого газа должен быть указан покупателем. При изменении числа Воббе более чем на 5 % покупатель должен указать скорость изменения, поскольку может потребоваться специальное оборудование.

5.2.8.2.3 Система топливного газа

Система газообразного топлива обычно включает в себя:

a) вилкообразный топливный фильтр (фильтры);

b) необходимые контрольно-измерительные приборы;

c) коллектор и форсунки;

d) два топливных отсечных клапана с промежуточным дренажным клапаном для автоматической работы и продувки системы до запуска;

e) клапан регулирования подачи топлива;

f) регулятор давления газообразного топлива, если требуется.

Если указано, то должны быть предоставлены клапан перепуска топлива и клапан сброса для продувки трубопровода газообразного топлива.

Если требуемое пэкиджером давление газообразного топлива выше имеющегося, то если указано покупателем, пэкиджер должен поставить систему дожатия газообразного топлива. Пэкиджер должен указать максимальную допустимую температуру газообразного топлива.

5.2.8.3 Жидкое топливо

Система жидкого топлива обычно включает в себя:

a) сдвоенные топливные фильтры с перепускным клапаном для обеспечения постоянного расхода;

b) насос подкачки топлива;

c) компрессор распыляемого воздуха (если требует пэкиджер);

d) два топливных отсечных клапана для автоматической работы;

e) необходимые контрольно-измерительные приборы;

f) клапан регулирования подачи топлива;

g) разделители топливного потока, если требуется;

h) топливные форсунки и коллектор;

i) оборудование для дренажа.

Для двигателей на двойном топливе, у которых основным топливом является газ, может быть достаточно одного топливного фильтра.

В целях предотвращения нагарообразования и закупорки конструкция пэкиджера должна включать средства по очистке или дренированию жидкого топлива из системы топливного коллектора.

Если нет договоренности о другом, двойные топливные фильтры должны быть доступны и приспособлены к продувке во время работы. Перепускной клапан должен иметь корпус из углеродной или нержавеющей стали, клапаны из нержавеющей стали и устройства поднятия клапанов.

5.2.8.4 Работа на двухэлементном топливе

Если оговорено, то рекомендуется, чтобы газовая турбина оснащалась необходимым оборудованием, чтобы обеспечить возможность нормальной работы (на пуске и на режиме) на любом из топлив, то есть жидкое топливо/природный газ, жидкое/жидкое топлива или газ/газ. Двутопливная система должна предоставить возможность автоматического перехода от одного топливного источника другому в процессе работы при полной или частичной нагрузке.

При работе на газообразном топливе необходимо, чтобы магистрали жидкого топлива, форсунки, коллекторы и т. д. были предохранены от засорения, нагарообразования или перегрева путем непрерывной продувки или же другими средствами.

Пэкиджер должен предоставить схему-программу удельного расхода вместе со спецификацией на материалы, письменным техническим описанием системы двойного топлива и техническим предложением. В техническом описании (см. приложение А, таблица А.4) должны быть изложены требования к впрыску воды/пара при переходе с одного топлива на другое.

5.2.8.5 Работа при впрыске воды/пара

Система впрыска воды/пара должна быть способна обеспечить заданное увеличение мощности или заданные уровни уменьшения NO_x и CO.

Пэкиджер должен предоставить схему-программу удельного расхода вместе со спецификацией на материал, письменным техническим описанием системы впрыска воды/пара и техническим предложением (см. приложение А, таблица А.4).

Требования к качеству и подаче воды/пара должны быть сформулированы в техническом предложении (см. приложение А, таблица А.4).

5.2.8.6 Сухая малоэмиссионная камера сгорания

Если предусмотрено, у газовой турбины должна быть сухая малоэмиссионная камера сгорания для снижения выбросов NO_x и CO. Покупатель должен указать, нужна ли двутопливная система, а также какой режим приемлем: «сухой — сухой» или «сухой — мокрый».

5.2.9 Электрические системы

Характеристики электропитания, которое используется для электромоторов, нагревателей и приборов, указываются покупателем.

Системы электрического питания могут работать на переменном или постоянном токе, а их описание должно быть приведено в техническом предложении пэкиджера. Покупатель должен указать, должен ли источник питания постоянным током предоставляться пэкиджером. Если задано питание переменным током, то должен быть предоставлен источник бесперебойного питания (UPS). Покупатель должен указать, должен ли этот источник бесперебойного питания (UPS) быть предоставлен пэкиджером. Если предусмотрено, система управления должна конструироваться с учетом сохранения работоспособности установки, а также защиты установки в течение периода времени, установленного покупателем в случае перебоя питания током переменного напряжения от электростанции общего пользования.

Силовые и управляющие кабели в пределах фундаментной плиты должны быть стойкими к воздействию масла, тепла, влаги и к истиранию. Защита системы кабелей должна быть пожаростойкой для обеспечения безопасного останова установки.

Скрученные многожильные кабели надо применять в пределах фундаментной плиты и в других местах, подверженных вибрации. Проводка ленточных кабелей для панелей управления и термопар может быть из одножильных проводов. Система электропроводки должна соответствовать заданным условиям окружающей среды.

Должны быть системы заземления, штепсельные вилки и розетки.

Если не предусмотрено иное, то все провода на колодках с зажимами, переключателях и контрольно-измерительных приборах должны постоянно иметь идентификационные ярлыки.

Для того чтобы облегчить проведение ТО, необходимо обеспечить изоляционные промежутки для всех питаемых энергией частей (таких как клеммные колодки и реле) турбины и вспомогательного оборудования.

Необходимо, чтобы электрические материалы, включая изоляцию, были максимально стойкими к коррозии и негигроскопичны (см. 5.1.3). Если предусмотрена эксплуатация в тропиках, то для материалов должна быть проведена нижеуказанная обработка:

a) детали (такие как катушки и обмотки) должны быть защищены от грибковых поражений;

b) неокрашенные поверхности должны быть защищены от коррозии плакированием, или же следует использовать другое подходящее покрытие.

Силовые кабели и проводка к управлению и приборам (включая провода к термоэлементам) в пределах фундаментной плиты должны быть выполнены либо из армированной стальной проволоки, или же помещены в жесткие металлические кабелепроводы и коробки, в зависимости от того, как указано покупателем, они должны должным образом закрепляться, чтобы уменьшить вибрацию, а также быть изолированы и экранированы для предотвращения электромагнитных помех.

Кабелепроводы могут заканчиваться (а в случае головок термоэлементов должны заканчиваться) гибким металлическим кабелепроводом, непроницаемым к проникновению жидкостей, или гибкими взрывобезопасными фитингами (соответствующими классификации зоны). Гибкий кабелепровод должен быть достаточно длинным, чтобы обеспечить доступ к установке для проведения ТО без съема кабелепровода.

Система кабелей с бронированной стальной проволокой в месте проникновения в распределительную коробку должна быть уплотнена сальником.

6 Система управления и контроля

6.1 Системы управления

6.1.1 Общие положения

Для газотурбинной силовой установки нужно, чтобы система автоматического управления давала возможность оператору последовательно проводить газовую турбину и ее нагрузочное устройство через ее рабочий цикл (пуск, нагружение, останов и состояние готовности). Система управления также должна обеспечивать защиту оборудования посредством функций сигнализации об опасности и экстренного останова и предоставлять информацию оператору для контроля состояния, если это указано покупателем. Должно быть включено также управление вспомогательными системами, такими как системы снижения эмиссии вредных выбросов, вспомогательного устройства установки и системы для комбинированного цикла, если это указано покупателем.

В тех случаях, когда оборудование, предназначенное для управления, должно удовлетворять стандартам, покупатель ответственен за информирование пэкиджера о новейших соответствующих стандартах.

6.1.2 Системы защиты и управления

Системы защиты и управления газовой турбины должны конструироваться как отказобезопасные, если нет другой договоренности между пэкиджером и покупателем. Применительно к цифровой системе управления «отказобезопасность» означает:

a) цифровое оборудование.

Цифровое оборудование на входе (например, реле давления), используемое для защиты турбины, должно конструироваться «нормально открытым» и затем закрываться, когда турбина работает, и снова открываться, в случае неисправности;

b) схема аналоговых приборов.

Аналоговый прибор (например, термопарный зонд), используемый для защиты турбины, должен постоянно контролироваться на выявление разомкнутой цепи и входной величины «вне диапазона». Любое состояние должно побуждать систему управления предпринять соответствующее действие, в зависимости от критичности контролируемого параметра и уровня резервирования (если имеется);

c) схема управления на основе цифровых выходных данных.

Цифровые выходные данные (например, выходной сигнал реле) должны быть организованы «под напряжением для работы», а потеря напряжения должна вызвать все цифровые выходные данные, обеспечивающие переход процесса в безопасное состояние;

d) схема управления на основе аналоговых выходных данных.

Управляемое устройство должно постоянно контролироваться по позиции, прямо или по логическому выводу; недопустимая позиция должна вызывать командный сигнал на выведение устройства на безопасный уровень;

e) проверка устройств управления и защиты во время работы.

Современные цифровые системы управления имеют степень резервирования критических схем и/или обеспечивают непрерывный контроль состояния многих приборных схем, например разомкнутой цепи термопары и обнаружение выхода из диапазона. Пэкиджер должен проинформировать покупателя об имеющемся в наличии оборудовании. Окончательный объем определяется по взаимному соглашению между пэкиджером и покупателем;

f) замена контрольно-измерительных приборов и устройств управления во время работы.

Если предусмотрено, все контрольно-измерительные приборы и устройства управления, кроме датчиков останова, должны устанавливаться с достаточным обеспечением клапанами, чтобы обеспечить возможность их замены в процессе работы системы. Если отсечные клапаны установлены для датчиков останова, то пэкиджер должен обеспечить средства фиксации клапанов в открытом положении.

6.2 Пуск

Рекомендуется, чтобы система управления пуском, включая все требования к пуску, такие как вращение, была полностью автоматической при минимальном ручном вмешательстве. Рекомендуется, чтобы последовательность пуска начиналась от единичного действия и до достижения минимального числа регулируемых оборотов (или до подготовки к синхронизации в случае генераторной установки). В соответствии с конструктивными требованиями пэкиджера и эксплуатационными требованиями покупателя в последовательность пуска могут быть включены этапы выдерживания и отпускания или временные интервалы (см. 4.3.3, 4.5.5, 4.7.3.1 и 5.2.1).

6.3 Нагружение

Последующее нагружение установки может быть ручным или автоматическим до достижения требуемого уровня мощности, как определено покупателем. При работе с ручным управлением оператор должен повысить выходную мощность до требуемого заданного значения. Автоматическое нагружение имеет место, когда выходная мощность автоматически повышается до заданного значения без вмешательства оператора. Автоматическое нагружение может непосредственно следовать за последовательностью пуска без какого-либо дополнительного действия оператора.

В любой режим нагружения могут быть введены периоды выдержки при заданных значениях мощности с тем, чтобы выполнить требования к прогреву.

Когда электрогенератор требует синхронизации с конкретной системой до нагружения, это может быть осуществлено ручными или автоматическими средствами, как указано покупателем.

6.4 Разгрузка и останов

6.4.1 Общие положения

Это может быть достигнуто ручными, полуавтоматическими или автоматическими средствами, как определено покупателем. При работе с ручным управлением оператор должен выполнять или запускать каждый этап. В полуавтоматическом режиме оператор выполняет некоторую функцию, такую как разгружение, вручную, а остальные части последовательности операций — автоматические. Автоматическая работа выполняется по единичной команде оператора. В каждом случае, однако, основная последовательность операций должна быть как описанная ниже.

6.4.2 Управляемые остановы — приводы генератора

Последовательность операций должна быть такой:

a) управляемое разгружение до номинальной нулевой выходной мощности при сохранении синхронизации;

b) размыкание рубильника;

c) уменьшение частоты вращения до частоты вращения на холостом ходу и периода охлаждения в условиях горения (по применимости);

d) отсечка подачи топлива и останов вспомогательных агрегатов, не требующихся для сохранения вращения;

e) период сохранения вращения (если необходимо);

f) останов оставшихся вспомогательных агрегатов, например насосов смазочного масла, после завершения охлаждения газовой турбины;

g) переустановка системы управления к условиям запуска.

6.4.3 Управляемый останов — механические приводы

Последовательность операций должна быть следующей:

a) управляемое разгружение до условий минимальной нагрузки или до частоты вращения на холостом ходу;

b) период охлаждения (где применимо);

c) отсечка подачи топлива с последующим остановом вспомогательных агрегатов, не требуемых для сохранения вращения;

d) период сохранения вращения (если необходимо);

e) останов оставшихся вспомогательных агрегатов, например насосов смазочного масла;

f) возвращение к условиям запуска.

6.4.4 Система аварийной защиты

6.4.4.1 Общие положения

Система аварийной защиты должна защитить турбину и связанное с ней оборудование от опасности или намечающихся повреждений и, когда это нужно, обнаруживать их, а также работать независимо от регулятора. Для того чтобы ресурс турбины был максимальным при определенных обстоятельствах, не всегда может быть необходимо немедленно выполнять аварийный останов путем перехода к минимальной частоте вращения «самоходности» или минимальной нагрузке нижеописанным образом.

6.4.4.2 Защитное снижение нагрузки

При некоторых неисправных состояниях последовательность операций может позволять переход турбины к минимальной нагрузке, снятию нагрузки (разомкнут выключатель генератора) или возможность перехода к частоте вращения «самоходности» в течение периода времени, позволяющего обеспечить охлаждение, до того как будет автоматически отключена подача топлива и остановится турбина. Пэкиджер должен уведомить покупателя, когда это должно иметь место.

При некоторых неисправных состояниях при наличии договоренности между покупателем и пэкиджером в последовательности операций может быть предусмотрена возможность перехода турбины к частичной нагрузке в течение периода времени, необходимого для самоустранения неисправности. При невозможности этого подача топлива автоматически прекращается и газовая турбина останавливается. При обоснованном предположении о том, что неисправность устраняется, установка может быть повторно загружена автоматически или вручную.

Требование снижения нагрузки до минимальной или перехода к минимальной частоте вращения «самоходности» устанавливается изготовителем основных частей газовой турбины, однако эта особенность может быть важна при разработке процесса эксплуатации для приводимого устройства или систем регенерации тепла, чтобы уменьшить количество возможных полных остановов. Применение таких операций должно быть согласовано совместно покупателем и пэкиджером.

6.4.4.3 Аварийный останов

Аварийный останов может быть начат вручную и должен также происходить автоматически при работе соответствующих устройств защиты газовой турбины/технологической установки, как согласовано с покупателем. Система должна срабатывать непосредственно через отсечной топливный клапан, который отсекает подачу топлива в турбину.

За аварийным остановом должны следовать обычные процедуры сохранения вращения и доведения до полного останова по обстановке. Автоматический повторный запуск не должен быть возможным без переустановки в исходное положение вручную, за исключением ситуации, когда достигнута договоренность между покупателем и пэкиджером и возможность подтверждена оценкой безопасности пэкиджа.

6.4.5 Останов по причине пожара, обнаружения газа и отказа вентиляции

Если во время работы обнаруживается серьезная неисправность, такая как утечка газа или пожар, то в результате автоматического срабатывания защитных устройств должен быть автоматический останов. Система должна функционировать непосредственно через дренажные и отсечные топливные клапаны. Турбина должна быть остановлена сразу же, без перехода к минимальной нагрузке или без периода охлаждения.

При обнаружении газа у вентиляционного выхода контейнера (но не входа) вентиляционные вентиляторы остаются включенными для продувки оставшегося газа.

Если неприемлемый уровень взрывоопасной среды обнаружен у вентиляционного входа, необходимо выключить вентиляторы вентиляции, поскольку наиболее вероятно, что источник находится снаружи контейнера, и должен быть произведен останов газовой турбины.

6.4.6 Останов генераторных установок

Для генерации электроэнергии должны быть обеспечены средства либо на газовой турбине, либо на генераторе для предотвращения прокрутки генератора, когда отсечной топливный клапан закрыт. Если заданы пуск генератора или синхронная компенсация, эти требования можно обойти оперативно путем ручной корректировки.

6.4.7 Останов установок механического привода

При останове должны быть обеспечены автоматические средства для отсечения приводимого оборудования от системы, которую он обслуживает, чтобы предотвратить вращение или обратный поток.

6.5 Вентиляция и продувка

6.5.1 Контейнер турбины

Движение воздуха вентиляции рекомендуется постоянно контролировать и отражать контроль его наличия в последовательности команд автоматического пуска. Последовательность команд автоматического пуска должна продолжаться только после удовлетворительной продувки, когда не обнаружен неприемлемый уровень взрывоопасной среды. Если только национальные нормы не устанавливают другого, цикл продувки должен вытеснять при обычных условиях по крайней мере трехкратный объем контейнера, прежде чем можно будет перейти к запуску последовательности команд пуска.

6.5.2 Продувка газовой турбины

В системе управления пуском должна быть предусмотрена автоматическая продувка турбины достаточной продолжительности для того, чтобы обеспечить безопасную работу газовой турбины и элементов, расположенных внизу по потоку.

Если в национальных нормах не предусмотрено иное, то цикл продувки должен удалить не менее чем трехкратный объем всей системы выхлопа (включая дымовую трубу) до начала подачи команды на зажигание смеси в камере сгорания установки.

В тех случаях, когда для систем выхлопа большого объема требуется слишком большое время для продувки, между сторонами, вовлеченными в эксплуатацию газовой турбины, может быть достигнута договоренность о сокращении времени циклов.

6.5.3 Особые предосторожности

В тех случаях, когда используются жидкие топлива высокой испаряемости, такие как нафта или газы с плотностью, превышающей плотность воздуха, могут потребоваться особые меры предосторожности (см. 5.2.3.4). К ним могут относиться, но ими не ограничиваться, автоматические клапаны сброса давления, отсечения топливного оборудования, специальные детекторы на выявление опасной атмосферы и детекторы утечек жидкости.

6.6 Регулирование подачи топлива

6.6.1 Общие положения

Подача топлива должна автоматически регулироваться при пуске и работе с тем, чтобы удерживать турбину в пределах области безопасных эксплуатационных режимов и максимально увеличить ресурс машины. Если требуется удовлетворить ограничения по выбросам в окружающую среду, подача топлива должна также регулироваться, чтобы удовлетворить проектным критериям горения.

6.6.2 Работа двутопливной системы

Если оговорено покупателем, система управления должна быть способна управлять турбиной на газообразном(ых) топливе(ах) и/или жидком(их) топливе(ах) и должна обеспечивать возможность автоматического (двухвариантного) переключения во время работы на всем полном диапазоне рабочих мощностей. Обо всех ограничениях по переходным режимам пэкиджер должен уведомить покупателя. Начало переход на другое топливо должно быть по команде покупателя.

6.6.3 Работа на двух топливах

Когда покупателем задано, то система управления должна быть способна пропорционально регулировать каждое топливо и при этом максимально использовать основное топливо согласно наличию. Пэкиджер должен информировать покупателя обо всех ограничениях в отношении минимального процентного содержания по каждому топливу.

6.6.4 Работа на газе с низкой удельной энергией

В тех случаях, когда газовая турбина должна быть сконструирована для работы на газах с очень низкой удельной энергией, таких как газы, полученные из угля и отходов, может потребоваться производить пуск устройства на жидком топливе или природном газе от других источников, которые предоставляются покупателем. Также может потребоваться непрерывно осуществлять процесс на одном из этих топлив для того, чтобы предотвратить пламя горения от погасания при переходных изменениях нагрузки.

6.6.5 Регулирование подачи газообразного топлива переменной удельной энергии

Если оговорено покупателем, система управления должна быть способна автоматически компенсировать подачу газа переменной удельной энергии при сохранении стабильной работы во всем диапазоне нагрузок.

Покупатель должен указывать диапазон для удельной энергии и числа Воббе предлагаемого источника подачи газа, который должен быть одобрен пэкиджером как приемлемый.

6.6.6 Отсечка топлива (газообразного или жидкого)

6.6.6.1 Система отсечных клапанов для отсечки топлива

В дополнение к регулирующему топливному(ым) клапану(ам) должны быть предусмотрены два независимых средства отсечки подачи всего газообразного топлива к турбине при всех условиях останова, которые не должны открывать линию подачи до обеспечения всех возможных условий горения.

Если топливный клапан регулирования подачи газа представляет собой конструкцию, обеспечивающую герметичную отсечку, безопасно отказываемую в закрытом состоянии, то он может быть принят как одно из устройств отсечки.

В случае работы на жидком топливе выключение топливного насоса, если он поршневой, может рассматриваться в качестве одного из средств отсечки, когда его выключение продублировано клапаном отсечки.

6.6.6.2 Клапаны сброса

Для газообразных топлив, для того чтобы снизить риск утечки в газовую турбину при остановленной турбине, должен(ны) использоваться клапан(ы) сброса.

6.6.6.3 Система клапанов отсечки и сброса (при наличии контейнеров газовой турбины)

Для установки, когда газовая турбина расположена в контейнере и используются газообразные топлива, следует использовать соответствующий(е) клапан(ы) отсечки и сброса с тем, чтобы снизить риск утечки в контейнер, когда турбина выключена и вентиляционные вентиляторы не работают.

Требование 6.6.6.2 и 6.6.6.3 можно выполнить при использовании общего оборудования, когда основной отсечной клапан расположен снаружи контейнера.

6.7 Регулирование и ограничение

6.7.1 График изменения частоты вращения

Система управления должна обеспечивать как достигаемый оператором, так и автоматикой график изменения частоты вращения через автоматический/ручной селектор. Диапазон частот вращения должен быть одним и тем же для обоих видов управления и предусматривать переход на любой уровень частоты вращения без толчков после достижения самоподдерживающейся частоты вращения:

a) постоянная частота вращения (для энергетических установок).

В случае если нет другой договоренности между покупателем и пэкиджером, то частота вращения без нагрузки должна регулироваться в процессе работы в пределах диапазона от 95 до 105 % от номинальной частоты вращения.

Регулятор частоты вращения, если он управляется дистанционно, должен быть совместим с другими регуляторами частоты вращения на установках, работающих параллельно. Темп уменьшения нагрузки от максимальной номинальной нагрузки на месте эксплуатации до нулевой нагрузки должен быть согласован покупателем и пэкиджером.

b) переменная частота вращения (для привода компрессора и насоса).

Если требуется, чтобы насос или компрессор работали на изменяемых частотах вращения, чтобы выполнить технологический график, то система управления должна быть способна принимать входной сигнал от регулятора технологического процесса, чтобы регулировать график изменения частоты вращения турбины в диапазоне рабочих частот вращения выходного вала, как определено покупателем.

6.7.2 Управление частотой вращения

6.7.2.1 Переходные характеристики регулятора (для одновальных генераторных газотурбинных установок)

Регулятор должен ограничивать действительную частоту вращения на 105 % номинальной частоты вращения во всех условиях стационарного режима. Системы регулятора для привода электрогенератора не должны допускать достижение газовой турбиной частоты вращения экстренного останова после мгновенной потери максимально возможной нагрузки. Предполагается, что турбина работает при условиях, находящихся в пределах ограничений по возможностям установки, накладываемых заданными условиями окружающей среды при расчетных значениях давления топлива, температуры и удельной энергии топлива и при наличии регулятора частоты вращения и управления на номинальной частоте вращения.

6.7.2.2 Переходные характеристики регулятора (для двухвальных энергетических газотурбинных установок)

Регулятор частоты вращения должен отслеживать увеличение частоты вращения газовой и/или силовой турбины до значения, при котором будет возможен повторный пуск без необходимости проведения осмотра газовой турбины после сброса максимально возможной нагрузки (см. 4.3.2).

Пэкиджер должен информировать покупателя о максимальном возможном нагружении на одном шаге, которое может быть применено на установке.

Примечание — В случае свободной силовой турбины из-за относительно небольшой инерции это значение может быть значительно меньше 100 % нагрузки.

6.7.2.3 Зона нечувствительности

Зона нечувствительности (мертвая зона) при номинальной частоте вращения и любой выходной мощности вплоть до и включая максимальную выходную мощность не должна превышать 0,1 % от номинальной частоты вращения.

6.7.3 Стабильность управления частотой вращения

6.7.3.1 Возможности системы регулирования

Система регулирования частоты вращения, управляющая расходом топлива для турбины, работающей при мощности от нулевого до максимального значения, должна быть способна к стабильному управлению:

a) частотой вращения турбины, когда приводимое оборудование эксплуатируется изолированно;

b) подводом энергии сгорания топлива к турбине, когда приводимое оборудование работает параллельно с другим приводимым оборудованием.

6.7.3.2 Устойчивость системы

Система считается стабильной при следующих условиях:

a) приводимое оборудование работает и отслеживает график длительной нагрузки при условии, что величина регулируемых изменений частоты вращения турбины, создаваемых системой регулирования частоты вращения и системой управления топливом, не превышает заданный процент от номинальной частоты вращения (например, от 0,12 до 0,25 % от номинальной частоты вращения);

b) величина регулируемых колебаний подводимой энергии, создаваемых системой регулирования частоты вращения и системой управления подачи топлива, не создает изменение выходной мощности, превышающее $\pm$ 2 % от номинальной выходной мощности, когда приводимое оборудование работает на номинальной частоте вращения параллельно с другим приводимым оборудованием, работающим на постоянной частоте вращения, и при длительном нагружении.

6.7.4 Клапан топливного регулятора

Клапан топливного регулятора должен возвращаться в закрытое или минимальное положение после любого состояния останова турбины (см. 6.6.6.1).

6.7.5 Температурное ограничение

В топливорегулирующую систему должна входить система ручной корректировки с тем, чтобы предотвратить превышение номинальной температуры горения в турбине или максимальной частоты вращения газогенератора, в зависимости от того, какое ограничение строже.

6.7.6 Стабильность управления при ограничении по температуре

Система регулирования температуры и топливорегулирующая система должны быть способны стабильно управлять температурой газовой турбины, когда турбина работает с управлением по температуре, при ограничении, устанавливаемом в зависимости от существующих условий окружающей среды, когда приводимое оборудование работает параллельно с другим приводимым оборудованием.

Система управления или ограничения температуры и система управления подачей топлива считаются стабильными, когда приводимое оборудование работает параллельно с другим приводимым оборудованием на постоянной частоте вращения при условии, что величина установленного колебания подвода топливной энергии турбины, создаваемого системой управления или ограничения температуры и топливорегулирующей системой, не дает изменения выходной мощности более 6 % от номинальной выходной мощности.

6.7.7 Другие ограничения

По требованию пэкиджера к топливорегулирующей системе могут быть применены другие границы регулирования. Ограничения могут быть установлены, например, для каскадов низкого или высокого давления применительно к частоте вращения газогенератора, частоте вращения силовой турбины, производительности, частоте вращения или давлению компрессора и температуре на выходе из силовой турбины.

6.8 Регулирование вредных выбросов в атмосферу

6.8.1 Общие положения

Система управления газовой турбиной должна обладать всеми необходимыми функциями для организации последовательности операций, постоянного контроля и управления процессом горения с тем, чтобы обеспечить соответствие заданным уровням выбросов при использовании предусмотренного метода регулирования вредных выбросов в атмосферу [сухое малоэмиссионное горение (DLE), впрыск воды и пара].

6.8.2 Постоянный контроль выбросов

Чтобы удовлетворить требованиям некоторых национальных норм, может возникнуть необходимость в системах постоянного контроля вредных выбросов. Они могут быть основаны на измерениях (непрерывных или периодических) или на прогнозирующихся расчетах.

6.9 Защита от превышения числа оборотов

6.9.1 Общие положения

Для каждого отдельного вала должна быть обеспечена система защиты от превышения числа оборотов или же требуется показать, что опасное превышение частоты вращения аэродинамически невозможно.

Система защиты от превышения числа оборотов, если она электронная, должна иметь минимум два независимых датчика и электрические цепи.

6.9.2 Настроечные уровни превышенной частоты вращения

Основная функция системы защиты от превышения числа оборотов состоит в том, чтобы стать причиной отсечки топлива перед горелкой(ами) при использовании средств, которые являются независимыми от основного регулирующего(их) клапана(ов).

Настроечный уровень превышенной частоты вращения на одновальной энергетической установке не должен устанавливаться выше 110 % синхронной частоты вращения.

Для двухвальных энергетических установок (со свободной силовой турбиной) настроечный уровень должен превосходить частоту вращения, получающуюся в результате внезапной потери максимально возможной мощности с такой величиной превышения, которая позволяет избежать ложных экстренных остановов, но не приводит к перенапряжению ротора(ов).

Для двухвальных установок механического привода (со свободной силовой турбиной) настроечное значение должно быть на 5 % выше максимальной продолжительной частоты вращения.

Примечание — См. 4.3.2.

6.9.3 Испытания с превышением числа оборотов

Необходимо создать положения по проведению испытания в отношении экстренного останова по превышению числа оборотов. Это может быть ручная или автоматическая операция, которая может потребовать, а может и не потребовать прерывания нормальной работы. Проект должен быть согласован совместно покупателем и пэкиджером.

6.9.4 Дополнительная защита

Для газовых турбин с отдельными силовыми турбинами или с теплообменниками может потребоваться дополнительная защита от превышения числа оборотов из-за накопленного тепла или больших накопленных объемов воздуха под высоким давлением или же по обеим причинам. Такая защита может, например, принять форму использования продувочных клапанов, приводимым в действие основным регулятором или системой экстренного останова по превышению числа оборотов или обоими.

6.10 Системы защиты

6.10.1 Постоянный контроль факела

Для обеспечения постоянного контроля за присутствием факела в камере сгорания в заданной точке во время цикла пуска или последующей обычной работы должна быть предусмотрена система датчиков прямого или косвенного обнаружения погасания факела. Если факел форсунки(нок) не появляется в течение безопасного периода времени или гаснет в процессе работы, то должна отключаться подача топлива.

Если нет иной договоренности между покупателем и пэкиджером, вышеприведенное должно рассматриваться как строгое требование.

6.10.2 Температура подшипников

Газовые турбины с подшипниками основного вала гидродинамического типа должны быть оснащены средствами постоянного контроля температуры, которые должны измерять температуру металла подшипников и/или температуру возвращенного масла, а также приводить в действие аварийные сигнализаторы и/или устройства останова при обнаружении аномальной температуры.

6.10.3 Обледенение входного устройства

Пэкиджер должен установить необходимое оборудование, чтобы автоматически управлять работой противообледенительной системы, установленной в системе фильтрации воздуха на входе в газовую турбину или в районе лопаточного венца 1 ступени/раструба входного устройства (см. 5.2.4.8).

6.10.4 Падение давления во входном устройстве

Входное устройство должно быть оснащено приборами для обеспечения индикации и приведения в действие аварийного сигнализатора и/или инициации экстренного останова при высокой разнице в давлении окружающей среды и у входного фланца, как это договорено между покупателем и пэкиджером.

6.10.5 Противодавление выхлопной системы

Пэкиджер должен информировать о максимальном приемлемом противодавлении общей системы, когда теплоту выхлопных газов предполагается использовать непосредственно или же как регенерированную в результате прохождения через установку утилизации тепла. Для того чтобы защитить турбину от чрезмерного противодавления, нужно обеспечить постоянный контроль неисправностей либо можно использовать постоянный контроль за давлением или положением шибера, в зависимости от того, как оговорено между пэкиджером и покупателем. В любом случае пэкиджер должен гарантировать, что используемый метод достаточно быстродействующий для того, чтобы предотвратить повреждение элементов газовой турбины или системы.

6.10.6 Контроль вибрации и осевого положения

6.10.6.1 Общие положения

Необходимо обеспечить наличие системы постоянного контроля за вибрацией и осевым положением, которая предупреждала бы оператора об изменениях уровней вибрации или осевого положения вала и экстренно останавливала бы машину при неприемлемом значении.

Примечание — Покупатель может указать систему в соответствии с API 670.

6.10.6.2 Конвертированные авиационные газовые турбины

Обычно к корпусу крепятся датчики сейсмического ускорения (с одновременным считыванием скорости). Если газовая турбина имеет многокаскадную конструкцию, то может возникнуть необходимость применить систему постоянного контроля со следящими фильтрами для того, чтобы изолировать особые частоты каскада.

Постоянный контроль осевого положения вала не подходит для этого типа турбины.

6.10.6.3 Индустриальные газовые турбины

Индустриальные газовые турбины должны иметь датчики колебаний смещения валов и индикаторы осевого положения. Установка датчиков скорости/ускорения (вибрации) на корпусе может рассматриваться при условии, что пэкиджер может продемонстрировать удовлетворительную корреляцию между измеренными им допустимыми приемочными уровнями и отсутствием долговременного повреждения (см. 4.7.2.2). Окончательный выбор должен быть согласован совместно покупателем и пэкиджером.

6.10.6.4 Редукторы и приводимые устройства

Конструкция и объем поставки систем контроля вибрации на редукторах и приводимых устройствах должны согласовываться покупателем и пэкиджером.

6.10.7 Обнаружение пожара и защита

Когда турбина устанавливается в контейнере, необходимо обеспечить соответствующие средства для постоянного контроля возникновения пожара внутри контейнера. Проектирование системы обнаружения пожара и системы пожаротушения должно проводиться с учетом:

a) удовлетворения национальным и региональным требованиям;

b) в соответствии с договоренностью между покупателем и пэкиджером.

Система теплового обнаружения, основанная на уравновешенном расходе тепла, должна считаться минимальным уровнем обнаружения. Дополнительные уровни обнаружения, например оптическое (ультрафиолетовое, инфракрасное) или дымовое, должны быть указаны покупателем.

Все устройства обнаружения пожара и пожаротушения, применяемые внутри контейнера, должны проектироваться с учетом их функционирования во всем диапазоне условий эксплуатации внутри контейнера.

Для пожаротушения нельзя использовать противопожарную систему «галлон» и другие средства, снижающие содержание озона в атмосфере.

Последовательность останова должна быть такой, как указано в 6.4.5, если нет иной договоренности между покупателем и пэкиджером. Последовательность останова (при обнаружении пожара) должна включать в себя отключение вентиляционных вентиляторов, закрытие автоматической противопожарной заслонки (вентиляционного канала) и выпуск средства тушения для ликвидации пожара.

Выпуск огнегасящего вещества должен быть автоматическим, если нет иной договоренности между покупателем и пэкиджером. В случае автоматического выпуска может потребоваться задержка после подачи сигнала тревоги, чтобы предупредить персонал о ситуации. При использовании в качестве

огнегасящего вещества CO_2 требуется обеспечить наличие системы подачи сигнала тревоги и времени задержки подачи вещества.

Необходимо обеспечить средства для безопасного отсечения системы выпуска огнегасящего вещества во время ТО и вхождения в контейнер.

Примечание 1 — Отсечение выпуска огнегасящего вещества для обеспечения входа может не потребоваться, если используется не токсичное или не вызывающее удушья огнегасящее вещество.

Надо обеспечить ручной привод системы в действие. Устройство ручного выпуска должно располагаться снаружи на каждой стороне контейнера.

Выпускаемое при пожаре в контейнере огнегасящее вещество должно присутствовать достаточно длительное время, чтобы позволить охладиться газовой турбине до уровня ниже температуры самовоспламенения любой огнеопасной текучей среды, которая может присутствовать в контейнере. Для мощных, работающих в напряженном режиме газовых турбин этот вариант не возможен вследствие потребности очень большого количества огнегасящего вещества. В таких случаях необходимый уровень огнегасящего вещества должен поддерживаться, пока двигатель работает на малых оборотах (обычно от 15 до 30 мин). Другие меры, такие как обеспечение надзора и применение пены, должны быть подготовлены для повторного воспламенения.

Примечание 2 — Рекомендуется оформить соглашение с местными пожарным надзором или пожарным расчетом.

Примечание 3 — Покупатель может задавать любые особые конструктивные соображения, которые должны быть включены в систему тушения, включая конкретное вещество для пожаротушения.

6.10.8 Обнаружение газа

Система обнаружения газа должна быть обеспечена, когда:

a) в турбине используется газообразное топливо и/или

b) когда газовая турбина работает в опасной зоне.

Примечание — Дополнительные риски пожара или взрыва, связанные с приводным устройством, рекомендуется рассмотреть и сделать соответствующие уведомления.

Должны быть предоставлены соответствующие средства для постоянного контроля за утечками газа, входящими в контейнер или находящимися внутри его, а также средства сигнализации и останова при соответствующих концентрациях. Останов должен производиться в соответствии с 6.4.4.

В окружении, где в атмосфере может появиться газ (газогенераторные станции, установки для получения сжиженного нефтяного газа и т. д.), газовые детекторы рекомендуется поместить в воздухозаборнике газовой турбины.

Логика настройки газового(ых) детектора(ов) на уровни инициации реагирования, объявления тревоги и останова должна:

a) удовлетворять местным или национальным нормам либо

b) быть согласована между покупателем и пэкиджером.

Газовые детекторы должны постоянно контролировать утечку газа и располагаться таким образом, чтобы на их эффективность не оказывал влияние неблагоприятный поток воздуха, например большая потребность воздуха для отвода тепла. Когда система сигнализации утечки газа обнаруживает заданное процентное содержание (обычно в диапазоне от 5 до 10 % от нижнего предела взрываемости), она дает сигнал тревоги. Когда система сигнализации утечки газа обнаруживает заданное более высокое процентное содержание [обычно в диапазоне от 10 до 25 % от нижнего предела взрываемости (LEL) у выходного устройства вентиляции], рекомендуется осуществить экстренный останов газовой турбины, как описано в 6.4.5.

6.10.9 Смазка

Система управления должна предусматривать полное автоматическое управление, постоянный контроль и защиту, как определено пэкиджером, с учетом следующих условий:

a) предпусковая заливка для установления минимального давления смазочного масла;

b) запуск, замена насосов, если нужно;

c) работа, непрерывный контроль давлений и температур подачи;

d) останов, включая запуск каких-либо аварийных маслонасосов;

e) период охлаждения после останова.

Температура подачи масла в турбину или разность температур подшипников должны непрерывно контролироваться для обеспечения работы в безопасных границах, заданных пэкиджером.

6.10.10 Тепловая нагрузка на выходе из газовой турбины

Для постоянного контроля температуры на выходе из газовой турбины или перед самостоятельной силовой турбиной должен быть предусмотрен ряд датчиков температуры. Необходимо обеспечить

достаточное количество датчиков для выявления отказа по причине асимметричности теплового потока или износа системы сгорания или направляющего аппарата турбины. Если обнаружено аномальное отклонение температуры, то должен выдаваться сигнал тревоги. Когда обнаруживается большее отклонение, то должны иметь место снятие нагрузки, останов или экстренный останов.

Рекомендуется предпринять соответствующие действия в соответствии с 6.4.4.

6.11 Система промывки компрессора

Должна поставляться система промывки компрессора во время работы и/или вне работы с автоматическим или ручным управлением, как рекомендовано пэкиджером или указано покупателем (см. 5.2.4.7). В случае автоматического управления система управления должна обеспечить автоматическую последовательность цикла(ов), а также все необходимые блокировки для безопасности и ручные корректировки с тем, чтобы предотвратить неправильное использование.

6.12 Выбор системы управления

6.12.1 Структура (цифровые системы)

6.12.1.1 Нерезервированные системы

Когда может быть показано, что показатели надежности системы управления лучше, чем у газовой турбины, и согласуются с требованиями покупателя, система измерения и управления без резервирования считается приемлемой. В нерезервированной системе используются соответствующие предохранительные приспособления «сторожевые устройства» для осуществления постоянного контроля за отказом аппаратной или программной части системы для выполнения нужного действия, чтобы ускорить выход в безопасное состояние или произвести экстренный останов по команде от «сторожевого устройства».

6.12.1.2 Отказоустойчивые системы

Когда жизненно важно, чтобы незапланированные остановы были минимальными, если указано покупателем, системы управления, источники питания, контрольно-измерительные приборы двигателей и конечные устройства, если договорено между покупателем и пэкиджером, могут быть предоставлены троированной аппаратной частью с голосованием «два из трех» и выводом элемента или прибора, нарушающих нормальную работу, во время работы системы (где это рационально).

6.12.2 Интерфейс «человек — машина»

Если указано покупателем, система управления должна быть снабжена дисплейной системой на базе компьютера/монитора, необходимой оператору, обеспечивающей мнемосхему, индикацию, информацию по характеристикам, трендовую информацию и файлы регистраций количества выданных сигналов тревоги и остановов.

6.12.3 Сигнализация и оповещение

6.12.3.1 Останов из-за неисправности

Система управления должна использовать последовательность останова «сначала — вывод из действия», ее выходная информация может быть изображена на обычном ламповом световом табло или в системе текущего контроля, как условлено между покупателем и пэкиджером. Выведенное оповещение о неисправности не должно само сбрасываться до ручной переустановки.

6.12.3.2 Предупреждение о неисправности

Система управления должна использовать сигнализатор тревоги, предназначенный для предупреждения оператора об угрозе отказа. Выходная информация должна четко показывать последовательность, в которой происходят неисправности. Информация, оповещающая о неисправности, не должна сама сбрасываться до ручной переустановки и до того, как уровень опасности неисправности не вернется к норме. Табло сигнализации об опасности может быть объединено с табло сигнализации об останове.

6.12.3.3 Информация о состоянии

Система управления должна давать оператору четкую информацию о состоянии турбины во время пуска, работы и останова, а также давать консультацию оператору, когда требуется ввод команды. Информация о состоянии может выводиться на табло предупреждения о неисправности и останове.

6.12.3.4 Звуковая сигнализация

Если указано покупателем, система управления должна иметь звуковые сигналы тревоги на пульте и выходные электрические сигналы для того, чтобы приводить в действие отдаленный клаксон.

6.12.4 Запись пусков и многочасовых прогонов

Система управления должна иметь средства регистрации числа многочасовых прогонов и количества выполненных пусков. Многочасовой прогон может быть выделен с помощью используемого топлива и по виду номинальной и пиковой мощности, как определено покупателем.

6.12.5 Индикация температуры тракта горячего газа и частоты вращения вала

Система управления должна быть снабжена постоянно установленными средствами индикации частоты вращения (частот вращения) вала турбины и температуры (температур) тракта горячего газа вниз по потоку от камеры сгорания.

Индикация может быть в виде аналоговых или цифровых указателей или же встроена в систему дисплея монитора, как договорено между покупателем и пэкиджером.

6.12.6 Постоянный контроль рабочих параметров

Если оговорено покупателем, система управления должна предоставлять оператору соответствующие данные, которые нужны, чтобы определить, когда засорение компрессора достигло уровня, требующего произвести промывку во время работы или вне работы.

6.12.7 Средства поиска неисправностей

6.12.7.1 Органы управления и контрольно-измерительные приборы

Если указано покупателем, система управления должна поставляться с обеспечением возможности диагностирования неисправностей, чтобы помочь в идентифицировании неисправностей элементов управления и контрольно-измерительных приборов.

6.12.7.2 Газовая турбина

Если указано покупателем, система управления должна поставляться с обеспечением возможности диагностирования неисправностей, чтобы помочь в идентифицировании неустойчивых (перемежающихся) неисправностей в работе газовой турбины.

6.12.8 Электромагнитная совместимость

Пульт управления должен быть спроектирован и смонтирован таким образом, чтобы электромагнитное излучение не оказывало влияние на его работу и чтобы излучение было ограничено значением, нужным для его функционирования.

Когда существуют национальные нормы, пэкиджер должен обеспечить соответствие этим нормам.

6.12.9 Резервный вывод

Пэкиджер должен предусмотреть 10%-ную резервную выходную мощность и соответствующее пространство для дополнительных монтажных (схемных) плат ввода-вывода. Эта резервная мощность может быть использована в течение технической доработки проекта. Минимальное значение резервной мощности, оставшееся к моменту поставки, должно быть согласовано между покупателем и пэкиджером.

6.12.10 Источники питания системы управления

Если покупатель желает использовать свои собственные системы бесперебойного энергоснабжения, то пэкиджер должен уведомить о диапазоне напряжений и предельном напряжении, а также об условиях накопления статического электричества и возникновения противотока.

6.12.11 Внутренняя электропроводка пульта управления

Внутренняя электропроводка панели управления должна быть в соответствии со стандартом пэкиджера при условии, что она находится в соответствии с национальными стандартами, как указано покупателем.

6.13 Установка панели управления

В тех случаях, когда покупатель производит установку, пэкиджер должен информировать о всех специальных требованиях по заземлению и проводке, необходимых для обеспечения электромагнитной совместимости.

Покупатель должен задать все специальные требования по установке в отношении пыли, влажности, воды, температуры и изолирования от какого-либо источника вибрации.

Покупатель определяет классификацию зон для размещения пульта управления и рабочих мест для операторов.

Покупатель определяет месторасположение пульта управления относительно газовой турбины, а также определяет все дополнительные рабочие места для операторов (например, оперативное рабочее место у машины, центральный пункт управления). Покупатель должен также определить уровень управления и постоянного контроля, требующийся на каждом рабочем месте.

Пэкиджер должен информировать покупателя о требованиях к разделению кабелей и максимальной длине кабелей, чтобы пульт управления мог быть установлен на удалении от газовой турбины.

6.14 Пригодность к эксплуатации и диагностика

Турбина должна быть оснащена контрольно-измерительными приборами с целью обеспечения простоты эксплуатации, ТО и диагностирования состояний неисправности, как договорено между покупателем и пэкиджером.

Если указано покупателем, пэкиджер должен обеспечить услуги с использованием телекоммуникаций (модемных интерфейсов) для идентификации неисправностей газовых турбин и их систем управления, для которых требуются специальные знания в области диагностики.

6.15 Передача данных

Покупатель должен указать, если требуются какие-либо средства связи последовательного действия. Покупатель и пэкиджер должны договориться о протоколах, объеме данных и средствах управления по линиям связи, а также о требованиях к скоростям передачи данных и к переключениям по времени.

6.16 Специальное применение

6.16.1 Установка на подвижном основании и морская силовая установка

6.16.1.1 Аварийный и аварийный критический останов (морская силовая установка)

В тех случаях, когда газовые турбины используются в работе силовых установок морского применения, необходимо, чтобы аварийные и аварийные критические остановы были минимальными в соответствии с Правилами Классификационного общества и Требованиями распорядительного органа.

6.16.1.2 Требования органа по морскому надзору

Пэкиджер должен выполнить Правила Классификационного общества (Classification Society rules) и Требования распорядительного органа (Regulatory Authority's Requirements) применительно к сертификации с точки зрения окружающей среды, вибрации и электромагнитной совместимости пульта управления.

6.16.2 Аварийные энергетические газотурбинные генераторные установки

Там, где газовые турбины используются как аварийные, когда поддерживается питание в угрожающих жизни обстоятельствах из-за землетрясения, пожара, наводнения, требования к органам управления и контрольно-измерительным приборам, изложенным в 6.2 e) — 6.15, исключая 6.9, могут быть ослаблены, а дано предпочтение нижеследующему:

a) национальные нормы.

Когда имеются национальные нормы для безопасной надежной работы аварийной установки, система управления газовой турбины должна быть спроектирована с учетом этих норм;

b) быстрый пуск/нагружение.

Требование к быстрому, надежному пуску является важнейшим для аварийных генераторных установок. Последовательность пуска должна запускаться автоматически от системы обнаружения аварийного состояния, такого как перерыв в подаче энергии во время землетрясения и тушения пожара, и должна быть рассчитана на минимальное время, требуемое для пуска и нагружения установки из холодного состояния;

c) выбор защиты системы.

Требование бесперебойной работы является важнейшим для аварийных генераторных установок. Количество схем защиты с помощью останова должно быть минимальным, они должны быть так рассчитаны, чтобы обеспечивалась максимальная готовность в аварийных условиях, даже если турбина может быть повреждена при продолженной работе;

d) сигналы о неисправностях/остановы при неисправности.

Для поддержания бесперебойной работы обычно допускается только ручной останов после сигнализации о критической опасности, и только для исключительно критических неисправностей, таких как превышение числа оборотов, допускается автоматический останов установки.

Приложение А
(справочное)

Карта данных

Таблица А.1 — Карта данных. Общие требования

Карта данных по ISO 3977	Место работы №_____ З.П.[1] №_____ Запрос №_____ Обследование_____	Экземпляр_____ Дата_____ По_____ Дата_____

Общие требования

Применяется к: ○ предложение ○ приобретение ○ после сооружения

○ для_____ ○ установка_____

○ место установки_____ ○ серийный №_____

○ эксплуатация_____ ○ назначенный номер_____

○ географическое положение_____ ○ требования к сейсмостойкости_____

○ пэкиджер_____ Модель_____ Распоряжение о доставке_____

Изготовитель привода_____ Модель_____ Серийный №_____

Тип приводимого оборудования_____ Изготовитель_____ Модель____ Серийный №_____

Тип дополнительного приводимого оборудования_____ Изготовитель_____ Модель____ Серийный №_____

Тип_____ Изготовитель_____ Модель____ Серийный №_____

○ требуемая выходная мощность_____

○ требуемый диапазон частот вращения_____

Цикл: ○ регенеративный ○ простой С рекуперацией теплоты от выхлопа Тип газовой турбины ◊ одновальная ◊ многовальная

Режим работы: ○ базовый ○ с перерывами ○ резерв Эксплуатация: Курируемая комплектовщиком Не курируемая

Примечание: Информация должна собираться: ○ покупателем ○ пэкиджером ◊ пэкиджером, если не покупателем

Технические характеристики	Расположение
Газовая турбина: включая все паразитные потери, при приводе двигателем	○ Географическое расположение _____
○ Номинальный рабочий режим в эксплуатации	○ Требования к сейсмостойкости_____
○ Максимальная температура в эксплуатации	○ Внутри ○ Снаружи
○ Минимальная температура в эксплуатации	○ нагретое состояние ○ Под крышей
○ Температура шарика сухого термометра, °С _____	○ ненагретое состояние ○ Частичное укрытие
○ Относительная влажность, %_____	○ Классификация зон по электрической опасности
○ Барометрическое давление, кПа_____	Не опасные CL/GRP/DIV
Выходная мощность, кВ (лс) (1)_____	Зона газовой турбины ○ ___/___/___
Тепловой КПД (низшая теплота сгорания), кДж/кВ · час_____	Контейнер газовой турбины ○ ___/___/___
◊ Частота вращения валоотбора мощности, об/мин _____	Пульт управления ○ ___/___/___

[1] (P.O.) Purchasing Order — заказ на поставку (З.П.) (прим. перев.).

Окончание таблицы А.1

Карта данных по ISO 3977	Место работы №_____ З.П. №_____ Запрос №_____ Обследование_____	Экземпляр_____ Дата_____ По_____ Дата_____
Расход воздуха через входное устройство, кг/с_____	○ Требование морского исполнения	Требования зимнего исполнения
Система воздухозабора. Δ*p*, кПа_____ Температура горения, °С_____ Расход выхлопных газов, кг/с (1)_____ Система выхлопа, Δ*p*, кПа_____ Температура выхлопных газов, °С_____ (1) включая эффекты при использовании ○ Пара ○ Инжекции воды ○ Приводимое оборудование (см. Отдельную карту данных) ◊ Контроль за вредными выбросами ◊ Увеличение Расход пара, кг/ч_____ Расход воды, л/с_____	○ Требование тропического исполнения Обычные условия: ○ Пыль ○ Испарения ○ Другие особенности: _____ _____ **Уровень шума, исходящего от пэкиджа (4.3.9)** Уровень (звуковой) мощности _____дБа Уровень звукового давления _____дБа от 1 м	
Требования к перевозке ○ Ограничения по весу/размерам_____ ○ Особые моменты_____ ○ Местная поставка ○ Экспорт ○ Обязательная экспортная упаковка ○ Хранение без укрытия более 6 месяцев ○ Тип защиты — морской транспорт_____ ○ Стропы/распорки от пэкиджера_____	**Выбросы (4.3.8)** ○ Требования по NO_x _____ Выбросы NO_x _____ Метод снижения выбросов (если требуется) ◊ Впрыск воды ◊ Селективное каталитическое восстановление ◊ Пар ◊ Камера сгорания сухого озоления ◊ Другие методы_____ ○ Требования по SO_x _____ ○ Содержание серы в топливе_____ Выбросы SO_x (основанные на установленном содержании серы) _____ ○ требования по CO _____ Выбросы CO_____ ○ Требования по выбросам твердых частиц_____ Выбросы твердых частиц_____ ○ Требования по несгоревшим HC_____ ○ Используемые НД по выбросам_____ Другое_____ _____	
Окраска ○ Стандарт изготовителя_____ ○ Другое _____		

Таблица А.2 — Карта данных. Энергосистемы и соединения

Карта данных по ISO 3977	Место работы №_____ З.П. №_____ Запрос №_____ Обследование_____	Экземпляр_____ Дата_____ По_____ Дата_____

Энергосистемы и соединения

○ Условия на электростанции

Пар	Вспомогательные приводы:	Система нагрева:
Минимальные параметры на входе	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С
Номинальные	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С
Максимальные	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С
Минимальные параметры на выходе	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С
Номинальные	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С
Минимальные параметры на входе	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С
Максимальные	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С
	Запуск	Впрыск
Минимальные параметры на входе	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С
Номинальные	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С
Максимальные	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С
Минимальные параметры на выходе	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С
Номинальные	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С
Максимальные	____ кПа ____°С	____ кПа ____°С

Электрические параметры (4.6.4)

	Электро-моторы	Система нагрева	Система управления	Система останова
Напряжение	_____	_____	_____	_____
Частота, Гц	_____	_____	_____	_____
Фаза	_____	_____	_____	_____

Охлаждающая вода:

Темпер.: вход _____°С Максим. возврат _____°С

Давлен. номинал. _____ кПа Проектная _____°С

Минимал. возврат _____ кПа Максим. допуст. ΔР _____ кПа

Темпер.: вход _____°С Максим. возврат _____°С

Проект_____

Источник воды_____

Давление технического воздуха, кПа:

Максимал. Номинал. Минимал.

Общее потребление электростанции

Охлаждающая вода	_____	кг/мин
Уровень давления пара	___ кПа___ кПа____	кПа
Пар, номинал.	___ ___ ____	
Пар, максимал.	___ ___ ____	
Технический воздух	_____	$м^3$/мин
Электромоторы (вспомогательные)	_____	кВт
Заряды аккумуляторов	_____	кВт
Нагреватели	_____	кВт
Продувка	_____	$м^3$/мин

Обязательный отвод воздуха из турбины:

○ кг/мин_____@

Максимальное давление в наличии @ кПа _____@_____

○ Температура на выходе_____°С

○ Ступень компрессора, где производится отбор _____

Примечания: _____

Окончание таблицы А.2

Карта данных по ISO 3977			Место работы №_____ З.П. №_____ Запрос №_____ Обследование_____		Экземпляр_____ Дата_____ По_____ Дата_____	
Соединения после покупки						
Соединение	○ Размер	○ Покрытие и характерн. детали	○ Местоположение	◊ Фланцевое или штыревое	○ Соединительные фланцы и уплотнения от продавца	○ Скорость газа, М/с
Воздух на вход						
Выхлопные газы						
Подвод газообразного топлива						
Подвод воздуха для пуска						
Вода для подавления NO_x						
Вода для охлаждения						
Подвод пара для подавления NO_x						
Подача пара на старте						
Примечания _____						

Таблица А.3 — Карта данных. Вспомогательные системы, поставляемые пэкиджером

Карта данных по ISO 3977	Место работы №_____ З.П. №_____ Запрос №_____ Обследование_____	Экземпляр_____ Дата_____ По_____ Дата_____

Вспомогательные системы, поставляемые пэкиджером

Пусковая система (5.2.1)

Тип ○ Электромотор ○ Турбина

○ Газовый экспандер ○ Двигатель внутреннего сгорания ○ Гидравлическая система

○ Газовая турбина ◊ Пусковое устр-во, соединенное муфтой

(Номинальный) режим работы пускового устройства _____кВт
Обязательное устройство поворота вала

Электромотор

Тип_____ Режим_____кВт
Изгот-ль_____ Модель_____кВт

Паровая турбина

Изготовитель_____ модель
кВт_____Максим. расход пара_____кг/ч
Общий/пусковой _____кг

○ Газовый экспандер
Прилагаемая спецификация

Изготовитель_____ модель

кВт_____Максим. расход газа_____кг/ч
Общий/пусковой _____кг

○ Газ для турбодетандера

	Минимал.	Максимал.	Номинал.
Давление на входе, кПа			
Давление на выходе, кПа			
Температура газа, °С — вход			
Температура газа, °С — выход			
Молекулярная масса			

Регулятор частоты вращения ○ Регулятор ○ Давление

Монтажные системы (5.2.2)

○ Тип фундамента (5.2.2.1) _____

○ Пригодность для эпоксидного раствора (5.2.2.2)
_____

○ Опорная плита (5.2.2.3)

Цельносварная_____сборная_____

Выравнивающие подкладки_____

○ Возведение колонн ○ Тепловая изоляция

○ Внешние возмущающие воздействия_____
_____

○ Значение поддерживающих систем_____
_____

Настилы/решетки, тип (5.2.2.3) _____
_____

Контейнер и противопожарная защита (5.2.3)

○ Тип контейнера_____
○ Тушение пожара CO_2
○ Тушение пожара водяным туманом
Особые проектные разработки_____

○ Резервирование вентиляторов вентиляции (5.2.3.4)
○ Приточная вентиляция (5.2.3.4)
○ Внешняя система трубопроводов покупателя (5.2.3.4)
Обязательный вентилятор постоянного тока _____кВт
Другое _____

Продолжение таблица А.3

Карта данных по ISO 3977	Место работы №_____ З.П. №_____ Запрос №_____ Обследование_____	Экземпляр_____ Дата_____ По_____ Дата_____

	Да	Нет
Наличие управляющего клапана на входе		
Трубопроводный коллектор из нержавеющей стали		
Фланцы из углеродистой стали		
Y-фильтр приварные/навинчивающиеся фланцы		
Способность работать на низких частотах вращения (для очистки компрессора)		
Порог срабатывания предохранительного клапана	_____кПа	

Материал корпуса _____
Тип уплотнения _____

Двигатель внутреннего сгорания

Тип ○ С системой электрозажигания ○ Дизельный

Прилагаемая спецификация

Изготовитель Модель
кВт Об/мин

Газовая турбина
Прилагаемая спецификация

Изготовитель_____ Модель_____
кВт _____ Об/мин_____

Муфты сцепления и ограждения (4.5.1)

Изготовитель Тип

Модель Ограждения поставляется (кем)

Максимальный наружный диаметр_____ М

Масса втулки_____ Кг

Длина стыкового элемента_____ М

Масса стыкового элемента_____ Кг

○ Обязательная муфта перехода на холостой ход

Требования по смазке:

○ Без смазки ○ Консистентная смазка ○ Постоянная смазка жидким маслом

Количество на одну втулку_____кг/с или л/с

Примечания_____

Примечания_____

Комплексное воздухоочистительное устройство (5.2.4)

Изготовитель воздушного фильтра_____ Модель_____

○ Тип

○ Материалы деталей воздушного тракта (5.2.4.1)

Размещение На уровне земли На высоте

○ Положения по дополнительным каскадам

○ Расчетная скорость ветра _____км/ч

○ Средняя пылевая нагрузка _____г/м^3

Эффективность фильтрации (5.2.4.2)_____

_____

Периодичность технического обслуживания (4.2.4.2)

_____месяцев

Периодичность очистки (5.2.4.2)_____дней

$\Delta\rho$ на воздушном фильтре, кПа @ 100 % номинальный расход воздуха (5.2.4.2)

_____чистка _____тревога _____останов

Система выхлопа (5.2.5)

○ Обязательная скомплектованная система выхлопа

Изготовитель температурного компенсатора _____ Тип_____

Изготовитель шумоглушителя_____ $\Delta\rho$_____кПа

Конфигурация/материал канала _____

○ Изоляция для защиты персонала_____

Ориентация выходного фланца:

○ Вертикальная ○ Горизонтальная

○ Внешнее $\Delta\rho$ к другим_____кПа, макс.

○ Рекуперативный теплообменник

○ Изготовитель, тип Δp _____ кПа

Котел-утилизатор: _____ кПа,

температура_____°С, производительность____кг/ч

Расчетный полный перепад давления системы выхлопа Δp _____кПа

Окончание таблицы А.3

Карта данных по ISO 3977	Место работы №_____ З.П. №_____ Запрос №_____ Обследование_____	Экземпляр_____ Дата_____ По_____ Дата_____

Изготовитель измерителя $\Delta\rho$_____модель_____	**Масляная система (5.2.7)**
○ Шумоглушитель, тип (5.2.4.3)	Вязкость смазочного масла _____ _____ шкала ISO _____
Шумоглушитель, изготовитель_____ _____модель_____	Общая для: газогенератор/одновальная турбина
Шумоглушитель $\Delta\rho$, кПа @ 110 % от номинального расхода воздуха	Свободная силовая турбина Редуктор прилагаемой нагрузки
Конфигурация/материал канала (5.2.4.4)_____	Приводимое оборудование Вспомогательное оборудование
Изготовитель температурного компенсатора _____тип_____	○ Система синтетической смазки
Система промывки вне работы, тип (5.2.4.7)_____	Спецификация на смазку
○ Система промывки во время работы, тип (5.2.4.7)_____	Общая для: газогенератор
○ Охладитель испарительного типа (5.2.4.7) КПД_____	Силовая турбина Редуктор прилагаемой нагрузки
Охладитель испарительного типа, изготовитель_____модель_____	Приводимое оборудование Вспомогательное оборудование
Охладитель поглотительного типа, изготовитель_____модель_____	◊ Тип охладителя масла ____воздух ___вода
Охладитель испарительного типа $\Delta\rho$, кПа @ 110 % от номинального расхода воздуха	
○ Противообледенительная система, тип (5.2.4.8)_____	
КВОУ $\Delta\rho$, кПа @ 110 % от номинального расхода воздуха (5.2.4.1) _____	
Другое_____	

Примечания_____

Таблица А.4 — Карта данных. Топливные системы

Карта данных по ISO 3977	Место работы №_____ З.П. №_____ Запрос №_____ Обследование_____	Экземпляр_____ Дата_____ По_____ Дата_____

Топливная система (5.2.8)

Тип топливной системы: ○ Газ ○ Жидкость ○ Двутопливная (газ/газ) ○ Двутопливная (газ/жидкость) ○ Двутопливная (жидкость/жидкость) ○ Другая

Требования к двутопливной системе (5.2.8.4):

○ Останов для переключения
○ (ручное) (автоматическое) переключение под нагрузкой
○ Переключение после пуска
○ Переключение при (номинальной) (_____расчетной) нагрузке
○ Макс. допустимое время для полного переключения

Газообразное топливо (5.2.8.2)

○ Анализ топлива — моль, %

Композиция	Мол. вес	Мин.	Макс.	Средн.
Воздух	29			
Кислород	32			
Азот	28			
Водяной пар	18			
Угарный газ	28			
Углекислый газ	44			
Водород	2			
Сероводород	34			
Метан	16			
Этилен	26			
Этан	30			
Пропилен	42			
Пропан	44			
Н-бутан	58			
И-бутан	58			
Н-пентан	72			
И-пентан	72			
Гексан	86			
Гептан	106			
Октан плюс	114			
_____				
Итого				

Средняя молекулярная масса
Вещества, вызывающие коррозию, мг/кг (природа и концентрация)
Загрязняющие вещества, мг/кг (природа и концентрация)
Низшая теплотворная способность топлива, мдж/кг
Давление топлива макс./мин., кПа ___/___ ___/___ ___/___
Температура топлива макс./мин., °С ___/___ ___/___ ___/___
Требуем. давл. топлива макс./мин., кПа ___/___ ___/___ ___/___

Жидкое топливо (5.2.8.3)

○ Класс топлива (5.2.8.3)
Обязательная подготовка топлива ○ Да ○ Нет

Система подготовки поставляется ○ Продавцом ○ Другими
Обязательный нагреватель ○ Да ○ Нет
○ Требуемое давление топлива, Макс./мин., кПа _____/_____

Данные анализа топлива

Свойство	Метод	Измеренное значение
Вязкость при 40/100 °С, мм^2/с		
Данные дистилляции:		
90 % (м/м), снятые при °С		
Содерж. серы, % (м/м)		
Низшая теплотворная сособность, мдж/кг		
Коксовый остаток (на 10 % кубового остатка), % (м/м)		
Медная коррозия 3 н при 100 °С макс.		
Работоспособность при низкой температуре, °С		
Содержание ароматических элементов		
Содержание золы, % (м/м)		
Плотность при 15 °С, кг/м^3		
Температура воспламенения, °С		
Температура застывания, °С		
Содержание воды, % (объем)		
Осадок, % (масса)		
Фильтруемая грязь, мг/100 мл		
Металлические микроэлементы		
Натрий, мг/кг		
Калий, мг/кг		
Ванадий, мг/кг		
Кальций, мг/кг		
Свинец, мг/кг		
Другие металлы		
Другое		

Окончание таблицы А.4

Карта данных по ISO 3977	Место работы №_____ З.П. №_____ Запрос №_____ Обследование_____	Экземпляр_____ Дата_____ По_____ Дата_____
○ Система сжатия газа от пэкиджера ○ Система сжатия газа от покупателя ○ Система предвар. нагрева газа от комплектовщика ○ Система предвар. нагрева газа от покупателя		
Впрыск воды/пара (5.2.8.5)		
○ Требуемое давление воды _____кПа ○ Требуемое давление пара _____кПа ○ Требуемая температура пара _____°С ○ Качество воды/пара _____		
Топливная система трубопроводов (5.2.8.1)		
○ Управляющий клапан перепуска ○ Y-фильтр_____ячейка ○ Конечный фильтр_____микрон	○ Клапаны пэкиджа отсечки_____ ○ Клапан продувки или вентиляции	○ Другие _____
Примечания _____		

Таблица А.5 — Карта данных. Генератор

Основные подробности					
Изготовитель					
Модель					
Тип					
Основные данные					
Номинальная выходная мощность					кВт
Коэффициент мощности					
Число полюсов					
Фазы					
Напряжение					В
Частота					Гц
Синхронная частота вращения					об/мин
Тип контейнера					
Суммарная температура					F/B
Превышение числа оборотов					об/мин
Максимальная температура статора					°C
Максимальная температура поля					°C
Система изоляции статора					
Система охлаждения					
Технические данные	100 %	75 %	50 %	25 %	
Выходная мощность					кВт
Ток в статоре					А
КПД					%
Коэффициент мощности					
Реактивное сопротивление					
Синхронное реактивное сопротивление					
Переходное реактивное сопротивление					
Допереходное реактивное сопротивление					
Реактивное сопротивление обратной последовательности					
Реактивное сопротивление нулевой последовательности					
Обмотка					
Постоянная времени нестационарного поля					
Постоянная времени допереходного режима					
Постоянная времени постоянного тока в обмотке					
Соотношение короткого замыкания					
Механические характеристики					
Базовый вращающий момент					Н/м
Вращающий момент при полной нагрузке					Н/м
Инерция ротора					кг/м^2
Параметры					
Длина					мм
Ширина					мм
Высота					мм
Масса нетто		…Сухой		…В рабочем состоянии	кг
Самый тяжелый элемент					кг
Требования к коммунальной подаче					
Переменный ток		Фаза(ы)		В	Гц
Вода/(этилен)гликоль					л/с
Расход масла на подшипники (на каждый)					л/с
Класс вязкости масла					

Таблица А.6 — Карта данных. Система управления и приборы

Карта данных по ISO 3977	Место работы №____ З.П. №_____ Запрос №_____ Обследование_____	Экземпляр_____ Дата_____ По_____ Дата_____

Карта данных

Информация, комплектуемая
○ Покупателем ○ Пэкиджером ◊ Пэкиджером, если не покупателем

Источник питания пульта управления установкой (6.12.10)

○ Гарантированное питание от покупателя
○ Гарантированное питание от пэкиджера
◊ _____переменный ток_____постоянный ток (заданное напряжение)
○ Время, необходимое для ТО гарантированного (источника) питания_____ч

Монтаж (6.13)

Расположение пульта управления
○ Длина кабеля от основания турбины_____м ○ Обязательное разделение кабелей (задается)
_____
_____

Классификация опасных зон
○ Безопасные окружающие условия ○ Зона I ○ Зона II
○ Пыльно ○ Диапазон температур окружающей среды От_____°С до_____°С
○ Влажно ○ Требуются антивибрационные опоры

Архитектура систем (цифровые системы) (6.12.1)

◊ Симплекс ◊ Отказобезопасная схема ◊ Другое (задается)

Пуск/нагружение (6.2.6.3)

○ Способность к пуску из обесточенного состояния
○ Ручной пуск ○ Автоматическое нагружение
Инициация пуска
○ Автоматическая (замыкающий контакт)
○ Местная, с пульта управления (вручную)
○ Другие расположения (задается) _____
_____

Постоянный контроль системой обнаружения пожара (6.4.4, 6.10.7)

Приборы в пэкидже
○ Поставленные покупателем
○ Поставленные пэкиджером
◊ Указанные номер и тип № _____ тип _____
Мониторы:
○ Поставленные покупателем
○ Поставленные пэкиджером

Постоянный контроль системой обнаружения газа (6.4.4 и по соответствию 6.10.8)

Приборы в пэкидже
○ Поставленные покупателем
○ Поставленные пэкиджером
◊ Указанные номер и тип № _____ тип _____
Мониторы:
○ Поставленные покупателем
○ Поставленные пэкиджером

Продолжение таблицы А.6

Карта данных по ISO 3977	Место работы №____ З.П. №_____ Запрос №_____ Обследование_____	Экземпляр_____ Дата_____ По_____ Дата_____

Вентиляция и продувка (6.5)

○ Применимость национального законодательства (задается)_____

Управление топливом (6.6)

○ Газообразное топливо ○ Жидкое топливо ○ Двутопливная система (газ/газ) ○ Двутопливная система (газ/жидкость) ○ Двутопливная система (жидкость/жидкость)

Задается (другая) двутопливная система_____

Эксплуатация системы двойного топлива — метод управления, например давление подачи газа (задается)

_____

○ Эксплуатация газообразного топлива с низкой полезной удельной энергией

○ Состояние готовности к пуску на газообразном/жидком топливе

○ Состояние готовности к работе на газообразном топливе с низкой полезной удельной энергией

Заданный диапазон полезной удельной энергии _____

Заданный диапазон чисел Воббе _____

Применения для механического привода с управлением частотой вращения (6.7.1.2)

○ Ввод сигнала управления процессом _____

○ Требуемый диапазон частот вращения для регулятора (задается) _____

Оповещение о тревоге/останове (6.12.3)

◊ Основной монитор (см. 6.12.3)

◊ Сигнализатор с лампой аварийной сигнализации в оболочке

◊ Сигнализатор останова с лампой в оболочке

Индикация температуры и частоты вращения турбины (6.12.5)

◊ Основной монитор

◊ Аналоговые измерители

◊ Цифровые измерители

Постоянный контроль вибрации (6.10.6)

Газовая турбина

○ Сейсмоустойчивый тип

○ Смещение вала

Редуктор

◊ Сейсмичность (скорость или ускорение)

◊ Смещение вала

Приводимое устройство

◊ Ссейсмичность (скорость или ускорение)

◊ Смещение вала

Постоянный контроль технических параметров (6.12.6)

○ Обязательные постоянный контроль и приборы измерения параметров

Постоянный контроль выбросов (6.8)

○ Обязательные постоянный контроль и приборы измерения выбросов

Продолжение таблицы А.6

Карта данных по ISO 3977	Место работы №____ З.П. №_____ Запрос №_____ Обследование_____	Экземпляр_____ Дата_____ По_____ Дата_____

Система сопряжения человек — машина (6.12.2)

Тип
○ Одноцветный монитор
○ Цветной монитор (задается количество цветов) _____
Размещение
○ Клавиатура
○ Закрепленный на панели
○ И то и другое
○ Цветной монитор (задается количество цветов)
Задаваемые особенности
○ Имитаторы установки
○ Дисплеи трендов (общая информация)
○ Дисплеи трендов (технические характеристики) ○ Дисплеи трендов (вибрация) ○ Дисплеи трендов (выбросы)
○ Сигнализатор тревоги
○ Другое (задается)

Электромагнитная совместимость (6.12.8)

○ Задаются какие-либо применимые национальные или международные стандарты_____
_____
_____
_____

Передача данных (6.15)

○ В обязательном порядке
○ По виду, например, порядковый номер rs232 (modbus-протокол дистанционных терминалов) (задается) ____
_____
Особенности
○ Только данные
○ Данные и управление

Продолжение таблицы А.6

Проверки пульта управления установкой	
○ Заводское приемочное испытание электронной аппаратуры в присутствии покупателя	○ Заводское функциональное приемочное испытание в присутствии покупателя

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Знак Ø показывает, что спецификация определяет обязательное требование
Знак О означает выбор. Единица может быть укомплектована покупателем при необходимости

(1) относится к зоне, соседствующей с турбиной; (2) относится к размещению на пульте управления

Описание	Обязательное требование	Индикатор		Система управления	
		(1)	(2)	(1)	(2)
1 Пусковой переключатель, 2 положения	О	Отсут.	Отсут.	О	О
2 Циклограмма пуска, разрешение	Ø	О	Ø	О	Ø
3 Циклограмма останова, разрешение	Ø	О	Ø	О	Ø
4 Аварийный останов	Ø	О	О	Ø	Ø
5 Готовность к подключению нагрузки	Ø	О	Ø	Отсут.	Отсут.
6 Счетчик времени	Ø	О	Ø	Отсут.	Отсут.
7 Счетчик времени пиковой нагрузки	О	О	О	Отсут.	Отсут.
8 Счетчик горячих пусков	Ø	О	Ø	Отсут.	Отсут.
9 Счетчик попыток пуска	О	О	О	Отсут.	Отсут.
10 Переключатель частоты вращения, автоматический/ручной	Ø	О	О	О	Ø
ВЫБИРАЮТСЯ ВАРИАНТЫ 11a + 11b или 11c					
11a Частота вращения, газогенератор	Ø	О	Ø	Отсут.	Отсут.
11b Частота вращения, силовая турбина	Ø	О	Ø	Отсут.	Отсут.
11c Частота вращения, газовая турбина (одновальная)	Ø	О	Ø	Отсут.	Отсут.
12 Частота вращения, рост/понижение	Ø	Отсут.	Отсут.	О	Ø
13 Требуемая частота вращения, точка настройки	О	О	Отсут.	Отсут.	Отсут.
14 Температура горячего тракта	Ø	О	Ø	Отсут.	Отсут.
15 Разброс температур горячего тракта	О	О	Отсут.	Отсут.	Отсут.
16 Температура подшипника	О	О	Отсут.	Отсут.	Отсут.
17 Давление подачи топлива	Ø	Ø	Отсут.	Отсут.	Отсут.
18 Температура подачи топлива	О	О	Отсут.	Отсут.	Отсут.
19 Система промывки, компрессор	О	О	Отсут.	О	О
20 Давление подачи смазочного масла	Ø	Ø	Ø	Отсут.	Отсут.
21 Подогреватель смазочного масла	О	О	О	О	О
22 Работа насоса смазочного масла, резерв	Ø	О	Ø	О	О
23 Работа насоса смазочного масла, аварийный	Ø	О	Ø	О	О
24 Переналадка/проверка ламп	Ø	Отсут.	Ø	О	Ø
25 Молчание сирены	Ø	Отсут.	Отсут.	О	Ø

Продолжение таблицы А.6

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ Знак Ø показывает, что спецификация определяет обязательное требование Знак О означает выбор. Единица может быть укомплектована покупателем при необходимости					
(1) относится к зоне, соседствующей с турбиной; (2) относится к размещению на пульте управления					
Описание	Обязательное требование	Подача сигнала тревоги	Останов	Расположение индикатора с функцией подачи сигнала тревоги	
				(1)	(2)
1 Аварийный останов	Ø		Ø	О	Ø
2 Отказ по невращению	О	О	О	О	О
3 Невозможность пуска	Ø		Ø	О	Ø
4 Отказ воспламенения	Ø		Ø	О	Ø
ВЫБИРАЮТСЯ ВАРИАНТЫ 5a и 5b или 11c					
5a Пониженная частота вращения, газогенератор	О	О	О	О	О
5b Пониженная частота вращения, силовая турбина	О	О	О	О	О
5c Пониженная частота вращения, газовая турбина (одновальная)	О	О	О	О	О
6 Превышение числа оборотов пускового устройства	О	О	О	О	О
ВЫБИРАЮТСЯ ВАРИАНТЫ 7a и 7b или 7c					
7a Превышение числа оборотов, газогенератор	О	О	О	О	О
7b Превышение числа оборотов, силовая турбина	Ø		Ø	О	Ø
7c Превышение числа оборотов, газовая турбина (одновальная)	Ø		Ø	О	Ø
8 Превышение числа оборотов, дублирование	О		О	О	О
9 Температура горячего тракта, газовая турбина	Ø	Ø	Ø	О	Ø
10 Разброс температур горячего тракта	О	О	О	О	О
11 Отказ регулятора	О	О	О	О	О
ВЫБИРАЮТСЯ ВАРИАНТЫ 12a и 12b или 12c					
12a Вибрация, газогенератор	Ø	Ø	Ø	О	Ø
12b Вибрация, силовая турбина	Ø	Ø	Ø	О	Ø
12c Вибрация, газовая турбина (одновальная)	Ø	Ø	Ø	О	Ø
13 Вибрация, отказ монитора	О	О	О	О	О
14 Высокое осевое смещение	О	О	О	О	О
15 Температура подшипника	О	О	О	О	О
16 Низкое давление подачи топлива	О	О	О	О	О
17 Высокое давление подачи топлива	О	О	О	О	О
18 Низкая температура подаваемого топлива	О	О	О	О	О
19 Отказ топливного клапана	О	О	О	О	О
20 Низкое давление подачи смазочного масла	Ø	Ø	Ø	О	Ø

Окончание таблицы А.6

Описание	Обязательное требование	Подача сигнала тревоги	Останов	Расположение индикатора с функцией подачи сигнала тревоги	
				(1)	(2)
21 Уровень в резервуаре смазочного масла, низкое значение	O	O	O	O	O
22 Температура сброса смазочного масла, высокое значение	Ø	Ø	Ø	O	Ø
23 Температура подачи смазочного масла, высокое значение	Ø	Ø	Ø	O	Ø
24 Разность давлений на фильтре смазочного масла, высокая	O	O	O	O	O
25 Разность давлений на фильтре воздухозабора, высокая	Ø		O	O	O
26 Уровень обнаружения газа, высокое значение	Ø	O	Ø	O	Ø
27 Отказ контрольно-измерительного устройства пожара/газа	Ø	Ø	O	O	O
28 Температура в контейнере, высокое значение	O	O	O	O	O
29 Система подачи огнегасящего состава, неисправное состояние	Ø	Ø	O	O	Ø
30 Обнаружен пожар	Ø	O	Ø	Ø	Ø
31 Система подачи огнегасящего состава разряжена	O	O	O	O	O
32 Напряжение в системе управления, низкое значение	O	O	O	O	O
33 Напряжение аккумуляторов, низкое значение	O	O	O	O	O
34 Отказ устройства зарядки аккумуляторов	O	O	O	O	O
35 Переход на частоту вращения «самоходности»	O	O	O	O	O
36 Переход на минимальную регулируемую частоту вращения	O	O	O	O	O
37 Перегрев ротора	O	O	O	O	O
38 Тепловые датчики в контейнере	Ø	O	Ø	O	O

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ISO 1940-1:2003	IDT	ГОСТ ИСО 1940-1—2007 «Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Определение допустимого дисбаланса»
ISO 3448	—	*
ISO 3977-1:1997	—	*, [1]
ISO 3977-2:1997	—	*, [2]
ISO 3977-4:2002	IDT	ГОСТ ISO 3977-4—2017 «Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 4. Топливо и условия окружающей среды»
ISO 3977-7:2002	IDT	ГОСТ ISO 3977-7—2017 «Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 7. Техническая информация»
ISO 3977-8:2002	IDT	ГОСТ ISO 3977-8—2017 «Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 8. Контроль, испытания, монтаж и ввод в эксплуатацию»
ISO 3977-9:1999	—	*, [3]
ISO 7919-1:1996	IDT	ГОСТ ИСО 7919-1—2002 «Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Общие требования»
ISO 7919-2:2001	—	*
ISO 7919-4:1996	—	*
ISO 10441:1999	—	*
ISO 10442:2002	—	*
ISO 10494:1993	—	*
ISO 10814:1996	—	*
ISO 10816-1:1995	IDT	ГОСТ ИСО 10816-1—97 «Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования»
ISO 10816-2:2001	—	*
ISO 10816-4:1998	—	*
ISO 11042-1:1996	—	*, [4]

[1] На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 51852—2001 (ИСО 3977-1—97) «Установки газотурбинные. Термины и определения».

[2] На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 52200—2004 (ИСО 3977-2:1997) «Установки газотурбинные. Нормальные условия и номинальные показатели».

[3] На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 52527—2006 (ИСО 3977-9:1999) «Установки газотурбинные. Надежность, готовность, эксплуатационная технологичность и безопасность».

[4] На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р ИСО 11042-1—2001 «Установки газотурбинные. Методы определения выбросов вредных веществ».

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ISO 11042-2:1996	—	*
ISO 11086:1996	—	*
ISO 13691:2001	—	*
ISO 13709:2003	—	*
ISO 15649	—	*
IEC 60034-1(2004)	—	*
IEC 60079 (all parts)	—	*
ASME	—	*
ASTM A-194	—	*
ASTM A-307	—	*
NACE MR-0175/ISO 15156	—	*

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT— идентичные стандарты.

Библиография

[1]	ISO 228-1:1994	Pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads — Part 1: Dimensions, tolerances and designation (Резьбы трубные, не обеспечивающие герметичность соединения. Часть 1. Размеры, допуски и обозначения)
[2]	ISO 1940-2:1997	Mechanical vibration — Balance quality requirements of rigid rotors — Part 2: Balance errors (Вибрация механическая. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 2. Ошибки балансировки)
[3]	ISO 3977-5:2001	Gas turbines — Procurement — Part 5: Applications for petroleum and natural gas industries (Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 5. Применение в нефтяной и газовой промышленности)
[4]	ISO 7005-1:1992	Metallic flanges — Part 1: steel flanges (Фланцы трубные. Часть 1. Стальные фланцы для трубных систем промышленного и общего назначения)
[5]	ISO 10438-1:2000	Petroleum and natural gas industries — Lubrication, shaft-sealing and control oil systems and auxiliaries — Part 1: General requirements (Нефтяная, нефтехимическая и газовая промышленность. Системы смазки, уплотнения вала, контроля масла и вспомогательные устройства. Часть 1. Общие требования)
[6]	ISO 10438-2:2000	Petroleum and natural gas industries — Lubrication, shaft-sealing and control-oil systems and auxiliaries — Part 2: Special-purpose oil systems (Промышленность нефтяная, нефтехимическая и газовая. Системы смазки, уплотнения вала и контроля масла и вспомогательное оборудование. Часть 2. Масляные системы специального назначения)
[7]	ISO 10438-3:2000	Petroleum and natural gas industries — Lubrication, shaft-sealing and control- oil systems and auxiliaries — Part 3: General purpose oil systems (Промышленность нефтяная, нефтехимическая и газовая. Системы смазки, уплотнения вала и контроля масла и вспомогательное оборудование. Часть 3. Автоматические системы обеспечения газовых затворов)
[8]	ISO 10438-4:2000	Petroleum and natural gas industries — Lubrication, shaft-sealing and control-oil systems and auxiliaries — Part 4: Self-acting gas seal support (Нефтяная, нефтехимическая и газовая промышленность. Системы смазки, уплотнения вала, контроля масла и вспомогательное устройства. Часть 4. Автоматические системы обеспечения газовых уплотнений)
[9]	ISO 10439:2002	Petroleum, chemical and gas service industries — Centrifugal compressors (Промышленность нефтяная, химическая и газовая. Осевые и центробежные компрессоры и детандер-компрессоры)
[10]	ISO 10816-3:1998	Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on nonrotating parts — Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15000 r/min when measured in situ (Вибрация механическая. Оценка состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 3. Промышленные машины номинальной мощностью свыше 15 кВт и номинальной скоростью от 120 до 15 000 об/мин, вибрация которых измеряется на месте эксплуатации)
[11]	ISO 11342:1998	Mechanical vibration — Methods and criteria for the mechanical balancing of flexible rotors (Вибрация механическая. Методы и критерии балансировки гибких роторов)
[12]	AGMA 420	Practice for helical and herringbone gear speed reducers and increases
[13]	AGMA 421	Practice for high speed helical and herringbone gear units
[14]	API STD 614	Lubrication Systems
[15]	API STD 616	Gas Turbines for the Petroleum, Chemical and Gas Industry Services
[16]	API STD 671	Special Purpose Couplings for the Petroleum, Chemical and Gas Industry Services
[17]	ASME B 16.5	Steel and Alloy Pipe Flanges
[18]	ASME B 16.11	Forged Fittings
[19]	ASME B 31.1	Code for Pressure Piping
[20]	ASME B 1.20.1	General Purpose Pipe threads
[21]	ASTM A123	Zinc (Hot Galvanized) Coatings on Products Fabricated from Rolled, Pressed and Forged Steel Shapes, Plates, Bars and Strips
[22]	ASTM D4241	Standard Practice for Design of Gas Turbine Generator Lubricating Oil Systems
[23]	BS 21	Specification for pipe threads for tubes and fittings where pressure-tight joints are made on the threads (metric dimensions) (Листы и полосы из медно-титанового сплава с пределом прочности на растяжение 540—770 МПа авиационно-космического назначения. Технические условия)
[24]	BS 1600	Specification for dimensions of steel pipe for the petroleum industry (Трубы стальные для нефтяной промышленности. Размеры)

[25]	BS 2779	Specification for pipe threads for tubes and fittings where pressure-tight joints are not made on the threads (metric dimensions) (Резьбы трубные, не обеспечивающие герметичность соединения. Размеры, допуски и обозначения)
[26]	BS 3799	Specification for steel pipe fittings, screwed and socket-welding for the petroleum industry (Фитинги стальные муфтовые резьбовые и приварные для нефтяной промышленности. Технические условия)
[27]	BS 4504	Circular flanges for pipes, valves and fittings (PN designated). Specification for copper alloy and composite flanges (Неметаллические материалы авиационно-космического назначения. Текстильные изделия. Метод испытания. Определение гибкости узких тканей)
[28]	BS 4807	Recommendation for centralized lubrication systems (Системы смазки централизованные. Рекомендации)
[29]	BS EN 288-3	Specification and approval of welding procedures for metallic materials — Part 3: Welding procedure tests for the arc welding of steels (Процедуры сварочные для металлических материалов. Технические условия и утверждение. Часть 3. Испытания для оценки процедуры дуговой сварки стали)
[30]	DIN 910	Destructive test on welds in metallic materials — Bend tests (Резьбовые пробки с шестигранной головкой с пояском. Цилиндрическая резьба)
[31]	DIN 2543	Cast steel flanges, nominal pressure 16 (Сталь авиационно-космического применения FE-PL1502 (25CrMo4). Отожженная. Листы и полосы 0,3—2 мм предпочтительно для гаек крутящего момента)
[32]	DIN 2544	Cast steel flanges, nominal pressure 25 (Заклепки для авиационно-космического оборудования. Изображение на чертежах)
[33]	DIN 2545	Cast steel flanges, nominal pressure 40
[34]	DIN 2546	Cast steel flanges, nominal pressure 64
[35]	DIN 2547	Cast steel flanges, nominal pressure 100
[36]	DIN 2548	Cast steel flanges, nominal pressure 160 (Фланцы стальные литые на номинальное давление 160 кгс/см^2)
[37]	DIN 2549	Cast steel flanges, nominal pressure 250 (Фланцы стальные литые на номинальное давление 250 кгс/см^2)
[38]	DIN 2550	Cast steel flanges, nominal pressure 320 (Фланцы стальные литые на номинальное давление 320 кгс/см^2)
[39]	DIN 2551	Cast steel flanges, nominal pressure 400 (Фланцы стальные литые на номинальное давление 400 кгс/см^2)
[40]	DIN 24425	Oil (supply) systems; description, selection, requirements classes
[41]	JIS B 0202	Parallel pipe threads (Резьбы трубные цилиндрические)
[42]	JIS B 0203	Taper pipe threads (Резьбы трубные конические)
[43]	JIS B 2210	Фланцы трубные из черных металлов. Основные размеры
[44]	JIS B 2220	Фланцы стальных труб
[45]	JIS B 8270	Pressure vessels (General standard) [Сосуды, работающие под давлением (общий стандарт)]
[46]	NF E03-005	Pipe threads where pressure tight joints are not made on the threads (parallel internal and external threads) (Резьба наружная и внутренняя цилиндрическая трубная, не обеспечивающая герметичность соединений)
[47]	NF E29-203	Industrial pipework — Non alloy, alloy, austenitic stainless steel flanges and collars (Фланцы и буртики из нелегированной, легированной, аустенитной нержавеющей стали для промышленных трубопроводов. Терминология и технические условия)
[48]	NFE29-204	Industrial pipeworks — Forged steel flanges and collars (Фланцы и буртики стальные кованые промышленных трубопроводов. Материалы, механические характеристики, изготовление, испытания)
[49]	NF E29-600	Industrial pipework — Steel fittings and plugs — Socket welding fittings (Система трубопроводов. Фитинги с резьбой по ISO 7-1 из нержавеющей стали)
[50]	NFPA 70	National electric code

УДК 621.438.001.4:006.354	МКС 27.040	Е23	ОКПД2 28.11.23.000

Ключевые слова: газотурбинная установка, проектирование

БЗ 12—2017/210

Редактор *Е.А. Моисеева*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Д.В. Кардановской*

Сдано в набор 10.10.2018. Подписано в печать 24.10.2018. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 6,73.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru