ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 52527— 2006 (ИСО 3977-9:1999)

УСТАНОВКИ ГАЗОТУРБИННЫЕ

Надежность, готовность, эксплуатационная технологичность и безопасность

ISO 3977-9:1999
Gas turbines — Procurement —
Part 9: Reliability, availability, maintainability and safety
(MOD)

Издание официальное

БЗ 5—2005/74

Москва
Стандартинформ
2006

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН И ВНЕСЕН Техническими комитетами по стандартизации ТК 414 «Газовые турбины» и ТК 244 «Оборудование энергетическое стационарное»

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 марта 2006 г. № 20-ст

3 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 3977-9:1999 «Турбины газовые. Технические условия на закупку. Часть 9. Надежность, эксплуатационная готовность, ремонтопригодность и безопасность» (ISO 3977-9:1999 «Gas turbines — Procurement — Part 9: Reliability, availability, maintainability and safety», MOD) путем изменения отдельных фраз, которые выделены в тексте курсивом. Если изменен или добавлен текст из другого нормативного документа, то он заключен в рамку.

Внесение указанных технических отклонений направлено на учет конкретных потребностей, отражающих национальную практику в области газотурбинной техники.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного (регионального) стандарта для приведения в соответствие ГОСТ Р 1.5 (подраздел 3.5).

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «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

© Стандартинформ, 2006

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 2
4 Эксплуатационная технологичность 9
4.1 Обязанности изготовителя 9
4.2 Обязанности заказчика 12
4.3 Хранение запасных частей 13
4.4 Вахтенные журналы по эксплуатации 13
5 Надежность и готовность 14
5.1 Приемочные испытания на надежность 14
5.2 Надежность и готовность — расчет и отчетность 15
6 Безопасность 15
6.1 Общая часть 15
6.2 Элементы безопасности 15
Библиография 16

Введение

Настоящий стандарт устанавливает основу для обмена информацией по вопросам надежности, готовности, эксплуатационной технологичности и безопасности между изготовителями и заказчиками газотурбинных установок, пользователями, консультантами, органами надзора, страховыми компаниями и др.

Номенклатура применяемых показателей устанавливается по согласованию между поставщиком и потребителем.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УСТАНОВКИ ГАЗОТУРБИННЫЕ

Надежность, готовность, эксплуатационная технологичность и безопасность

Gas turbine plants.
Reliability, availability, maintainability and safety

Дата введения — 2006—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на стационарные газотурбинные установки (ГТУ) и их элементы:

- компрессоры;
- турбины;
- камеры сгорания;
- промежуточные охладители;
- регенераторы или рекуператоры;
- устройства воздухоподготовки;
- системы выхлопа;
- входные тракты,
- системы управления;
- топливные системы;
- системы смазки;
- системы охлаждения;
- подшипники ротора;
- редукторы/мультипликаторы;
- муфты;
- пусковые устройства;
- рамы/фундаменты;
- теплошумоизолирующие кожухи.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована ссылка на следующий стандарт:
ГОСТ Р 51852—2001(ИСО 3977-1—97) Установки газотурбинные. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **фактическое число пусков установки** (actual unit starts) *AUS*: Фактическое число синхронизаций установки или ее выходов из выключенного состояния на требуемую частоту вращения.

3.2 **фактический срок службы** (age), **лет:** Фактическое число календарных лет нахождения установки в коммерческой эксплуатации.

3.3 **ухудшение технического состояния** (ageing): Снижение характеристик ГТУ вследствие износа, вызываемого обычной работой, которая не может быть устранена очисткой компрессора, турбины, фильтра и т.д.

3.4 **число попыток пуска** (attempt unit starts): Число попыток синхронизации установки или выхода на требуемую частоту вращения после выключения в течение установленного допустимого времени пуска.

Примечание — Повторные незапуски из-за одной и той же причины без попытки корректирующих действий рассматриваются как единая попытка.

3.5 **состояние готовности** (available): Состояние, в котором ГТУ работоспособна.

3.6 **время готовности** (available hours) *AH*, **ч:** Время в часах, в течение которого ГТУ находится в состоянии готовности.

3.7

коэффициент оперативной готовности (availability factor) *AF*: Вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается, и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени

[ГОСТ 27.002—89, статья 6.27].

$$AF = 1 - \frac{FOH + POH}{PH} = \frac{AH}{PH},$$

где *POH* — плановое время простоя.

3.8 **коэффициент готовности** (availability rate) *AR*: Рассчитывается по формуле

$$AR = \frac{SH}{SH + FOH}.$$

3.9 **средняя наработка на пуск** (average run time) *ART*, **ч:** Рассчитывается по формуле

$$ART = \frac{SH}{AUS}.$$

3.10 **номинальная базовая мощность** (base load rated output): Проектная или гарантированная мощность новой и чистой ГТУ, когда она работает в установленных условиях, при расчетной температуре газа в турбине на базовом режиме (или при других ограничениях, заданных изготовителем).

Примечание — Под «новой и чистой» понимается такая ГТУ, все детали которой, оказывающие влияние на ее характеристики, соответствуют конструкторской документации.

3.11 **холодное испытание** (cold testing): Функциональное испытание на месте установки ГТУ, включая прокрутку с помощью пускового устройства, но без воспламенения топлива.

3.12 **помпаж компрессора** (compressor surge): Неустойчивый режим работы компрессора газотурбинного двигателя, характеризующийся сильными низкочастотными колебаниями массового расхода рабочего тела в компрессоре и соединительных каналах.

3.13 **контроль (мониторинг) состояния** (condition monitoring): Оценка состояния ГТУ или ее элементов посредством измерения параметров, которые коррелируют с отказом, без разборки оборудования.

3.14

повреждение (damage): Событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния

[ГОСТ 27.002—89, статья 3.2].

3.15 **проектный ресурс** (design life), **ч:** Наработка, на которую спроектирована деталь или узел, с необходимыми запасами для предотвращения разрушений.

Примечание — Если предусмотрен ремонт для поддержания долговечности изделия (смена покрытия, устранение трещин и т.д.), то под проектным ресурсом понимают всю ту наработку, за пределами которой ремонт более невозможен (нецелесообразен).

3.16 **аварийный пуск** (emergency start)**:** Пуск ГТУ в чрезвычайной ситуации за наикратчайшее время без учета влияния на дальнейшую эксплуатацию.

3.17 **аварийный останов** (emergency shut down) *ESD***:** Останов ГТУ в чрезвычайной ситуации за наикратчайшее время.

3.18 **эквивалентный коэффициент готовности** (equivalent availability factor) *EAF*, **%:** Вычисляют по формуле

$$EAF = \frac{AH - (EUDH + EPDH + ESEDH)}{PH} 100.$$

3.19 **эквивалентная продолжительность вынужденного снижения мощности** (equivalent forced derated hours) *EFDH*, **ч:** Произведение наработки при вынужденном снижении мощности и снижения мощности (вынужденного), деленное на максимальную мощность нетто

$$EFDH = \frac{FDH \cdot SOR_{FDH}}{NMC}.$$

3.20 **эквивалентная продолжительность вынужденного снижения мощности во время нахождения ГТУ в резерве** (equivalent forced derated hours during reserve shutdowns) *EFDHRS*, **ч:** Произведение продолжительности вынужденного снижения мощности во время нахождения ГТУ в резерве и снижения мощности (во время нахождения ГТУ в резерве), деленное на максимальную мощность нетто

$$EFDHRS = \frac{FDHRS \cdot SOR_{FDHRS}}{NMC}.$$

3.21 **эквивалентное время работы (эквивалентная наработка)**, (equivalent operating hours); T_{equ}, **ч:** Эквивалентное время, необходимое для определения периодичности технического обслуживания и ремонта, а также прогнозирования ресурса.

Пример — $T_{equ} = a_1 n_1 + a_2 n_2 + \sum_{i=1}^{n} t_i + f \cdot w \cdot (b_1 \cdot t_1 + b_2 \cdot t_2)$,

где a_1 — коэффициент для каждого пуска;

n_1 — число пусков;

a_2 — коэффициент для каждого аварийного пуска;

n_2 — число аварийных пусков;

n — число резких изменений температуры;

t_i — эквивалентное время работы для резкого изменения температуры, например, вследствие ступенчатого изменения нагрузки или отключений;

f — коэффициент для загрязненных, неоговоренных или неустановленных видов топлива;

w — коэффициент для инжекции воды или пара;

b_1 — коэффициент для режима базовой нагрузки;

t_1 — время эксплуатации на уровне, не превышающем базовую нагрузку;

b_2 — коэффициент для режима пиковой нагрузки;

t_2 — время эксплуатации между базовой и пиковой нагрузками.

Могут учитываться и другие коэффициенты.

3.22 **продолжительность плановой работы на сниженной мощности** (equivalent planned derated hours) *EPDH*, **ч:** Произведение продолжительности планового снижения мощности и снижения мощности (планового), деленное на максимальную мощность нетто

$$EPDH = \frac{PDH \cdot SOR_{PDH}}{NMC}.$$

3.23 **эквивалентная продолжительность регламентного снижения мощности** (equivalent scheduled derated hours) *ESDH*, **ч:** Произведение продолжительности регламентного снижения мощности и снижения мощности (регламентного), деленное на максимальную мощность нетто

$$ESDH = \frac{SDH \cdot SOR_{SDH}}{NMC}.$$

3.24 **эквивалентная продолжительность сезонного снижения мощности** (equivalent seasonal derated hours) *ESEDH*, **ч:** Разность максимальной полезной мощности нетто и располагаемой полезной мощности нетто, умноженная на время готовности и деленная на максимальную мощность нетто

$$ESEDH = \frac{(NMC - NDC)AH}{NMC}.$$

3.25 **эквивалентная продолжительность непланового снижения мощности** (equivalent unplanned derated hours) *EUDH*, **ч:** Произведение продолжительности непланового снижения мощности и снижения мощности (непланового), деленное на максимальную мощность нетто

$$EUDH = \frac{UDH \cdot SOR_{UDH}}{NMC}.$$

3.26 **пуск с зажиганием** (fired start)**:** Любой пуск, при котором достигается полное воспламенение и происходит тепловое воздействие на элементы газового тракта.

Примечание — Термин «число часов работы на мощности» эквивалентен термину «время работы (наработка)» (пункт 3.85).

3.27

отказ (failure)**:** Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта [ГОСТ 27.002—89, статья 3.3].

3.28 **отказ пуска** (failure to start) *FS*: Невозможность вывести ГТУ при нормальной попытке пуска в рабочее состояние в течение установленного (спецификационного) времени.

Примечания

1 Повторяющиеся отказы в пределах установленного периода должны считаться как единственный неудавшийся пуск. Контрольные пуски и неудавшиеся пуски по причине использования оборудования, не включенного в объем поставки газотурбинной установки, не должны считаться попытками пуска.

2 При расчетах — *FS* — число отказов пуска.

3.29 **вынужденное снижение мощности** (forced derating)**:** Снижение мощности ГТУ, вызванное отказом (внезапным, постепенным, отсроченным) узла (детали, системы) или другим событием.

3.30 **наработка при вынужденном снижении мощности** (forced derated hours) *FDH*, **ч:** Суммарная наработка с вынужденным снижением мощности.

3.31 **вынужденный останов** (forced outage) *FO*: Останов, вызванный отказом агрегата (внезапным, постепенным, отсроченным) или другим событием, которые требуют прекращения эксплуатации ГТУ немедленно или до следующего планового останова.

Примечание — Для расчетов *FO* равно числу вынужденных остановов.

3.32 **относительное время вынужденного простоя** (forced outage factor) *FOF*, **%:** Процентное отношение времени вынужденного простоя к общему календарному времени

$$FOF = \frac{FOH}{PH}100.$$

3.33 **время вынужденного простоя** (forced outage hours) *FOH*, **ч:** Время, в течение которого ГТУ или основная часть оборудования были в неработоспособном состоянии из-за вынужденных (неплановых) остановов.

3.34 **коэффициент вынужденного простоя** (forced outage rate) *FOR*, **%:** Рассчитывается по формуле

$$FOR = \frac{FOH}{FOH + SH}100.$$

3.35 **контроль (инспекция) состояния камеры сгорания** (combustion inspection)**:** Определение технического состояния камеры сгорания ГТУ (включая газоподводящие патрубки).

3.36 **фактическая выработка энергии брутто** (gross actual generation) *GAG*: Фактическое количество энергии, выработанное ГТУ в течение рассматриваемого периода.

3.37 **располагаемая мощность брутто** (gross available capacity) *GAC*: Наибольшая мощность, с которой может действовать ГТУ с учетом вынужденного снижения мощности.

3.38 **коэффициент нагрузки брутто** (gross capacity factor) *GCF*, **%:** Рассчитывается по формуле

$$GCF = \frac{GAG}{(PH \cdot GMC)} 100.$$

3.39 **располагаемая сезонная мощность брутто** (gross dependable capacity) *GDC*: Максимальная мощность брутто с учетом сезонных ограничений для установленного периода времени.

3.40 **максимальная мощность брутто** (gross maximum capacity): *GMC*: Максимальная мощность, которую ГТУ способна поддерживать в течение установленного периода времени, без учета сезонных и иных ограничений.

3.41 **коэффициент мощности брутто** (gross output factor) *GOF*, **%:** Рассчитывается по формуле

$$GOF = \frac{GAG}{(SH \cdot GMC)} 100.$$

3.42 **контроль (инспекция) горячей части** (hot section inspection): Определение состояния камеры сгорания и газовой турбины.

3.43 **горячее испытание** (hot testing): Функциональное испытание с воспламенением топлива.

3.44 **контроль (инспекция)** (inspection): Определение технического состояния оборудования.

3.45 **время простоя из-за внешних причин** (invalid outage hours) *IOH*, **ч:** Время простоя из-за внешних причин, включая все время, не являющееся резервом, вынужденным простоем, плановым простоем и простоем во время технического обслуживания.

Например:

- форсмажорные события, такие как наводнение, ураган, удар молнии, пожар, трудовой конфликт, сильная песчаная буря и т.д.;
- неполадки с системой, к которой подсоединено приводимое оборудование; чрезмерные колебания частоты и напряжения; избыточное давление и расход топлива.

3.46 **коэффициент нагрузки** (load factor), **%:** Отношение среднего значения нагрузки за рассматриваемый период времени к базовой мощности ГТУ при фактических местных условиях работы.

3.47 **сброс нагрузки** (load rejection): Внезапная потеря или существенное снижение нагрузки системы, вызывающее резкое увеличение частоты вращения турбины, и вступление в работу устройств ограничения величины параметров (защиты турбины) для предотвращения недопустимой раскрутки.

3.48 **полный контроль (полная инспекция)** (major inspection): Определение технического состояния всей ГТУ с целью определения необходимости капитального ремонта.

3.49 **снижение мощности при техническом обслуживании** (maintenance derating): Понижение уровня мощности ГТУ для проведения регламентных работ.

3.50 **продолжительность снижения мощности при техническом обслуживании** (maintenance derated hours) *MDH*, **ч:** Суммарная наработка с понижением уровня мощности при техническом обслуживании.

3.51 **простой при техническом обслуживании** (maintenance outage) *MO*, **ч:** Вывод ГТУ из эксплуатации для выполнения операций при техническом обслуживании.

3.52 **увеличение простоя при техническом обслуживании** (maintenance outage extension), **ч:** Увеличение любого простоя при техническом обслуживании.

3.53 **время простоя при техническом обслуживании** (maintenance outage hours) *MOH*, **ч:** Суммарное время простоя при техническом обслуживании.

3.54

капитальный ремонт (major overhaul): Ремонт, выполняемый для восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановлению ресурса изделия с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые.

Примечание — Значение, близкое к полному ресурсу, устанавливается в нормативном документе [ГОСТ 18322—78, статья 36].

3.55 **техническое обслуживание** (maintenance): Комплекс операций, направленных на определение реального состояния ГТУ, и операций по сохранению/восстановлению заданного работоспособного состояния.

3.56 **расходы на техническое обслуживание** (maintenance cost): Затраты на материалы и работы при проведении технического обслуживания.

3.57 **периодичность (цикл) технического обслуживания** (maintenance cycle), **ч:** Интервал времени, после которого повторяется комплекс операций по техническому обслуживанию.

3.58 **средняя наработка на отказ** (mean time between failures) *MTBF*, **ч:** Средняя наработка на отказ, приводящий к вынужденному останову

$$MTBF = \frac{PH - RSH - FOH - POH}{FO} = \frac{SH}{FO},$$

где *RSH* — время нахождения ГТУ в резерве в течение рассматриваемого периода эксплуатации;
SH — время работы (наработка).

3.59 **надежность выполнения задания** (mission reliability) *MR*: Рассчитывается по формуле

$$MR = e^{-\lambda t},$$

где e — основание натурального логарифма,
λ — интенсивность отказов (failure rate), $ч^{-1}$,
t — время выполнения задания (mission time), ч.

3.60 **фактическая выработка энергии нетто** (net actual generation) *NAG*, **МВт · ч:** Фактическое количество энергии, выработанное ГТУ в течение рассматриваемого периода за вычетом любой энергии, выработанной для собственных потребностей.

3.61 **располагаемая мощность нетто** (net availability capacity) *NAC*: Располагаемая мощность брутто ГТУ за вычетом мощности, используемой для собственных потребностей.

3.62 **коэффициент нагрузки нетто** (net capacity factor) *NCF*, **%:** Рассчитывается по формуле

$$NCF = \frac{NAG}{(PH \cdot NMC)} 100.$$

3.63 **располагаемая сезонная мощность нетто** (net dependable capacity) *NDC*: Располагаемая сезонная мощность брутто за вычетом мощности, используемой для собственных потребностей.

3.64 **максимальная мощность нетто** (net maximum capacity) *NMC*: Максимальная мощность брутто за вычетом мощности, используемой для собственных потребностей.

3.65 **коэффициент мощности нетто** (net output factor) *NOF*, **%:** Рассчитывается по формуле

$$NOF = \frac{NAG}{(SH \cdot NMC)} 100.$$

3.66 **«вне работы»** (off line): Операции на неработающей ГТУ.

3.67 **техническое обслуживание по состоянию** (on condition maintenance): Концепция технического обслуживания, которое должно быть выполнено на базе мониторинга параметров и характеристик ГТУ и ее элементов в процессе эксплуатации.

Примечание — Мероприятия по техническому обслуживанию могут быть намечены на время плановых простоев или простоев при техническом обслуживании.

3.68 **«во время работы»** (on-line): Операции на работающей ГТУ.

3.69 **контроль (инспекция) во время работы** (on-line inspection): Операции по проверке оборудования (например, масляного фильтра), выполняемые на работающей ГТУ.

3.70 **техническое обслуживание во время работы** (on-line maintenance): Операции по техническому обслуживанию (например, вспомогательного насоса или датчика), выполняемые на работающей ГТУ.

3.71 **мониторинг во время работы** (on-line monitoring): Операции по контролю (мониторингу) параметров, характеристик и технического состояния ГТУ, выполняемые на работающей ГТУ по намеченному плану.

3.72 **общее время работы (общая наработка)** (operating hours), **ч:** Сумма интервалов времени от операции начала пуска до полной остановки.

3.73

ремонт (средний ремонт) (overhaul): Ремонт, выполняемый для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса изделий с заменой или восстановлением составных частей ограниченной номенклатуры и контролем технического состояния составных частей, выполняемым в объеме, установленном в нормативном документе.

Примечание — Значение частично восстанавливаемого ресурса устанавливается в нормативном документе

[ГОСТ 18322—78, статья 37].

3.74 **стоимость владения** (ownership cost): Сумма ежегодных затрат на топливо и техническое обслуживание, к которой добавляются амортизационные отчисления.

Примечание — При необходимости включается упущенная выгода.

3.75 **коэффициент неравномерности температуры** (pattern factor) *PF*: Максимальное отклонение температуры продуктов сгорания от средней температуры на входе в турбину, деленное на прирост температуры в камере сгорания

$$PF = \frac{TIT_{max} - TIT_{average}}{TIT_{average} - TVII},$$

где TIT_{max} — максимальное значение температуры на входе в турбину;
$TIT_{average}$ — среднее значение температуры на входе в турбину;
$TVII$ — среднее значение температуры на выходе из компрессора.

3.76 **номинальная пиковая мощность** (peak rating): Проектная или гарантированная мощность новой и чистой ГТУ, когда она работает в установленных условиях, при температуре газа в турбине на пиковом режиме.

Примечание —«новая и чистая ГТУ» — по 3.10.

3.77 **показатели (основные характеристики)** (performance): Выходная мощность и коэффициент полезного действия [удельный расход теплоты (ГОСТ Р 51852)] ГТУ, указанные в технических условиях изготовителя.

3.78 **календарное время** (period hours) *PH*, **ч**: Время за рассматриваемый период.

3.79 **ускоренный пуск** (rapid start): Пуск, при котором ГТУ нагружают по ускоренной программе.

Примечание — Также именуется аварийным пуском.

3.80 **восстановление** (reconditioning): Обновление и/или ремонт частей для достижения исходного проектного состояния.

3.81 **конструктивные изменения** (redesign/retrofit): Преобразование или замена элементов и/или блоков для достижения улучшенных рабочих характеристик, или замена основных узлов ГТУ элементами измененной конструкции.

3.82 **коэффициент безотказности** (reliability factor) *RF*: Вероятность того, что ГТУ, основное оборудование или агрегат не окажутся в состоянии вынужденного простоя в некоторый момент времени

$$RF = 1 - \frac{FOH}{PH}.$$

3.83

текущий ремонт (repair): Ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности изделия и состоящий в замене и(или) восстановлении отдельных частей

[ГОСТ 18322—78, статья 38].

3.84 **регламентное (плановое) техническое обслуживание** (scheduled maintenance): Намеченное действие по техническому обслуживанию при плановом останове ГТУ в определенное время.

3.85 **время работы (наработка)** (service hours) *SH*, **ч**: Сумма интервалов времени от зажигания основного факела до его погасания.

3.86 **коэффициент использования** (service factor) *SF*, **%**: Отношение времени работы к общему календарному времени в течение рассматриваемого периода

$$SF = \frac{SH}{PH}100.$$

3.87 **останов** (shut down): Событие, когда ГТУ выключено по заданным алгоритмам и прекращено вращение роторов.

3.88 **специальный инструмент** (special tools): Средства, оборудование и системы, необходимые для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта ГТУ, которые обычно поставляются изготовителем и не могут быть заменены инструментами общего назначения.

3.89 **пуск** (start): Операция по переводу ГТУ и приводимого ею в движение оборудования из состояния готовности к пуску в состояние готовности к нагрузке.

Примечание — Включает синхронизацию с электросетью, замыкание рубильника и стабильный режим работы.

3.90 **попытка пуска** (starting attempt) *SA*: Операция, предназначенная для выведения ГТУ из выключенного состояния в рабочее за установленное время.

Примечание — Повторные попытки пуска за установленный допустимый период пуска без устранения причин отказа считаются за одну попытку. Для расчетов: *SA* — число попыток пуска.

3.91 **коэффициент безотказности пусков** (starting reliability) *SR*: Рассчитывается по формуле

$$SR = \frac{SS}{SS + FS} = \frac{SS}{SA},$$

где *FS* — число отказов пуска.

3.92 **успешный пуск** (starting success) *SS*: Выведение ГТУ при попытке пуска в рабочее состояние за оговоренное время, что подтверждается завершенным подсоединением генератора к электросети или стабильной работой приводимого оборудования.

Примечание — Для расчетов: *SS* — число успешных пусков.

3.93 **экстренный останов** (trip): Останов ГТУ, находившейся под нагрузкой, путем прекращения подачи топлива и снятия нагрузки.

3.94 **экстренный перевод на холостой ход** (trip to idle): Внезапный перевод ГТУ с нагрузки на холостой ход при получении соответствующего сигнала.

3.95 **температура на входе в турбину** (turbine inlet temperature) *TIT*: Общее понятие, показывающее среднемассовую по потоку температуру торможения перед турбиной.

3.95.1 **температура на выходе из камеры сгорания** (combustor outlet temperature): Среднемассовая по потоку температура торможения газовой смеси в сечении на выходе камеры сгорания после ее разбавления охлаждающим воздухом.

3.95.2 **температура на входе в сопловой аппарат** (nozzle inlet temperature): Среднемассовая по потоку температура торможения горячего газа, поступающего на лопатки направляющего аппарата первой ступени турбины после того, как охлаждающий воздух, поступающий из входного тракта, добавляется ниже по течению после выхода из камеры сгорания.

3.95.3 **температура горения** (firing temperature): Среднемассовая по потоку температура торможения горячего газа перед первой рабочей ступенью турбины после добавления в горячий газ охлаждающего воздуха и воздуха, поступающего через уплотнения сопел первой ступени и диска турбины, когда горячий газ поступает из них на лопатки направляющего аппарата первой ступени турбины.

3.95.4 **температура на входе по условиям ИСО** (ISO inlet temperature): Среднемассовая по потоку температура газа перед направляющим аппаратом первой ступени турбины, рассчитанная с помощью полного теплового баланса для массы всего потока воздуха через компрессор и полного расхода топлива.

Примечание — Обычно температура горячего газа никогда не бывает равномерной по сечению, а имеются отклонения от среднего значения в бóльшую или мéньшую сторону. Максимальные отклонения определяются коэффициентом неравномерности температуры.

3.96 **температура на выходе из турбины** (turbine outlet temperature): Температура торможения продуктов сгорания, покидающих турбину.

3.97 **модернизация** (upgrading/uprating): Улучшение функций ГТУ, за исключением мощности, путем замены элементов существующей установки на элементы улучшенной конструкции или действие по увеличению выработки энергии и/или эффективности имеющейся ГТУ путем замены частей, разработанных исходя из условий повышения мощности.

Примечание — Иногда повышение технических характеристик может быть достигнуто путем увеличения температуры на входе в турбину без физических изменений после успешных полевых испытаний при меньшей, т.е. начальной, мощности.

4 Эксплуатационная технологичность

4.1 Обязанности изготовителя

4.1.1 Общие положения

Изготовитель должен устанавливать ресурсы для узлов, деталей и покрытий, а также периодичность выполнения различных видов технического обслуживания (ТО) и ее зависимость от режимов работы и типов топлива.

4.1.2 Периодичность технического обслуживания

4.1.2.1 Изготовитель должен устанавливать периодичность инспекций, необходимых для поддержания ГТУ в работоспособном и безопасном состоянии. Изготовитель должен устанавливать ресурсы для узлов, деталей и покрытий, а также периодичность выполнения различных видов ТО и ее зависимость от режимов работы, типов топлива, впрыска воды или пара. В качестве примеров предлагаются два метода:

а) метод, основанный на назначении эквивалентной наработки до каждой операции, производимой на ГТУ;

б) метод, основанный на комплексе режимов работы, с которым связаны графики проверок, вместе с коэффициентами, учитывающими различные типы топлива и режимы работы (основной, пиковый, резервный пиковый и т.д.).

4.1.2.2 Изготовитель указывает ресурсы (сроки службы) и периодичность ТО, выраженные в эквивалентном времени работы согласно 3.26.

4.1.2.3 При методе, основанном на комплексе режимов работы [4.1.2.1, перечисление б)], изготовитель ГТУ и/или заказчик определяют предполагаемый ежегодный режим работы или набор режимов работы. Затем изготовитель представляет рекомендуемую периодичность ТО с коэффициентами для различных видов топлива и ограничений режимов. Предлагаемые (общепринятые) режимы работы:

A — постоянный с полной нагрузкой;
B — базовая нагрузка (при работе с энергосистемой);
C — полупиковый (при работе с энергосистемой);
D — переменный между базовой и пиковой нагрузкой;
E — суточный цикличный;
F — пиковый (при работе с энергосистемой);
G — оперативный резерв;
H — специальный, используемый конкретным заказчиком.

Режимы A — G определяют на основе:

- наработки (SH);
- коэффициента использования;
- отношения наработки к числу горячих пусков;
- числа ускоренных пусков;
- числа экстренных остановов.

Режимы работы представлены в таблице 1. Режим H определяет заказчик для его собственных специфических потребностей. На основе согласованного режима работы изготовитель ГТУ дает регламент ТО и коэффициенты, соответствующие максимальной рабочей нагрузке (для учета температуры продуктов сгорания) и типам топлива, как показано в таблицах 2, 3.

Таблица 1 — Режимы работы

Режим работы	Основное значение	Диапазон значений
Режим A		
Наработка *SH*, ч	8200	8000—8600
Коэффициент использования *SF*, %	90,6	90—100
Число пусков с зажиганием	20	3—40
Отношение наработки к числу пусков с зажиганием	410	Более 200
Число ускоренных пусков	0	—
Число экстренных остановов	4	0 — 8

Окончание таблицы 1

Режим работы	Основное значение	Диапазон значений
Режим B		
Наработка *SH*, ч	7000	6000—8000
Коэффициент использования *SF*, %	80,0	70—90
Число пусков с зажиганием	50	20—80
Отношение наработки к числу пусков с зажиганием	140	75—400
Число ускоренных пусков	0	—
Число экстренных остановов	4	1—8
Режим C		
Наработка *SH*, ч	5000	3000—6000
Коэффициент использования *SF*, %	57	35—70
Число пусков с зажиганием	40	10—60
Отношение наработки к числу пусков с зажиганием	125	60—400
Число ускоренных пусков	0	—
Число экстренных остановов	3	1—6
Режим D		
Наработка *SH*, ч	2500	2000—3000
Коэффициент использования *SF*, %	34,2	20—50
Число пусков с зажиганием	85	40—120
Отношение наработки к числу пусков с зажиганием	30	30—60
Число ускоренных пусков	1	0—5
Число экстренных остановов	3	1—6
Режим E		
Наработка *SH*, ч	3000	2000—4000
Коэффициент использования *SF*, %	34,2	20—50
Число пусков с зажиганием	240	220—270
Отношение наработки к числу пусков с зажиганием	12,5	10—18
Число ускоренных пусков	3	0—10
Число экстренных остановов	3	1—6
Режим F		
Наработка *SH*, ч	400	200—800
Коэффициент использования *SF*, %	4,5	2,2—10
Число пусков с зажиганием	100	60—150
Отношение наработки к числу пусков с зажиганием	4	3—8
Число ускоренных пусков	5	0—20
Число экстренных остановов	2	1—6
Режим G		
Наработка *SH*, ч	48	20—80
Коэффициент использования *SF*, %	0,5	0,2—0,9
Число пусков с зажиганием	30	10—120
Отношение наработки к числу пусков с зажиганием	1,6	0,5—2
Число ускоренных пусков	10	0—20
Число экстренных остановов	0	0—2

Изготовитель должен установить периодичность ТО по формам, указанным в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 —Интервалы между проверками, рекомендуемые изготовителем ГТУ

Режим работы	Периодичность контроля (инспекций), мес		
	Камера сгорания	Тракт горячего газа	ГТУ в целом
A — постоянный с полной нагрузкой B — базовая нагрузка (при работе с энергосистемой) C — полупиковый (при работе с энергосистемой) D — переменный между базовой и пиковой нагрузкой E — суточный цикличный F — пиковый (при работе с энергосистемой) G — оперативный резерв H — специальный, используемый конкретным заказчиком			

Таблица 3 — Коэффициенты для расчета периодичности контроля (инспекций)

Вид воздействия	Камера сгорания	Тракт горячего газа	ГТУ в целом
1 Влияние топлива 1a Природный газ 1b Какой-либо другой газ 1c Легкий дистиллят 1d Сырая нефть 1e Тяжелое остаточное топливо 1f Специальное топливо, используемое конкретным заказчиком 2 Влияние температуры сжигания 2a Базовая нагрузка 2b Пиковая нагрузка 2c Резервная пиковая нагрузка 3 Влияние инжекции воды/пара 3a Вода 3b Пар			

Наряду с периодичностью контроля (инспекций) изготовитель должен указывать для каждого типа инспекции следующее:

- описание задания;
- расчетное время простоя;
- расчетную потребность в запасных частях и материалах;
- расчетные трудозатраты (человекочасы);
- требования к уровню квалификации персонала, инструменту, контрольно-измерительному оборудованию и средствам ТО и ремонта;
- рекомендуемое место расположения для выполнения работы;
- детали и узлы, подлежащие отправке на ремонт в технический центр;
- общее время ремонта, включая время транспортирования в технический центр и обратно, время ожидания и т.п.;
- массу самого тяжелого предмета, подлежащего подъему;
- необходимый доступ;
- сроки встреч между изготовителем и заказчиком для анализа результатов предыдущих инспекций, статистики эксплуатации и планирования следующих инспекций/ремонтов;
- сроки проведения анализа применяемых масел и рабочих жидкостей.

4.1.3 Контроль, техническое обслуживание и ремонт во время работы

Изготовитель должен устанавливать, какие операции по контролю, ТО и ремонту могут выполняться во время работы ГТУ, а также ограничения на режимы работы, накладываемые этими операциями. Кроме того, изготовитель должен устанавливать, какое требуется специальное оборудование и какие меры предосторожности должны соблюдаться при выполнении инспекций, ТО и ремонта на работающей установке.

4.1.4 Контроль (мониторинг) состояния

По требованию заказчика изготовитель может предоставить систему мониторинга технического состояния, позволяющую детально отслеживать необходимую информацию; периодичность мониторинга; методы обработки информации, прогноза и/или диагностики возможных отказов, ухудшения характеристик или необходимости в ТО (например, трендовый анализ).

4.1.5 Текущее техническое обслуживание

Изготовитель должен устанавливать инспекции и ТО, которые должны проводиться как часть нормальной эксплуатации за рамками плановых инспекций, включая промывку компрессора, турбины, фильтров; замену фильтров, масел и т.д. Изготовитель должен указать все имеющиеся методы по промывке компрессора и/или турбины без их разборки.

4.1.6 Загрязнение

Изготовитель указывает типовые значения для обратимого ухудшения характеристик из-за загрязнения компрессора и/или турбины на основании опыта эксплуатации аналогичной установки на подобных режимах работы при таких же условиях. Если турбина сильно загрязнена, то этот случай следует рассматривать отдельно.

Изготовитель должен предоставить информацию для демонстрации типового восстановления рабочих характеристик после проведения различных видов ТО; промывки компрессора (как при работающей, так и при неработающей ГТУ), а также замены фильтра устройства воздухоподготовки.

Изготовитель должен дать критерии загрязнения, при котором ГТУ должна быть остановлена на ТО.

4.1.7 Потери мощности

По требованию покупателя изготовитель должен подтвердить прогноз долговременной, необратимой потери мощности из-за старения на основании опыта работы с аналогичной установкой. Должна быть представлена информация об изменении расхода воздуха через компрессор, эффективности компрессора, температуре газов на выходе из турбины, выработке энергии и тепловой мощности после 4000, 16000, 32000 и 48000 ч наработки.

4.2 Обязанности заказчика

Заказчик обязан выполнять следующие мероприятия:

- установление строгого порядка закупки, обращения и хранения топлива для гарантии применения на ГТУ только предусмотренного топлива, например:
  - контроль качества топлива при поставке и хранении; установку точного, градуированного атомного масс-спектрографа,
  - использование газового или жидкостного хроматографа, магнитных ловушек,
  - контроль загрязнения и промывка фильтров,
  - ТО аппарата выпуска газов из топливохранилища для ограничения попадания туда жидких и твердых примесей; периодическую очистку оборудования топливохранилища,
  - применение труб из нержавеющей стали для перекачки топлива после фильтрации,
  - использование центрифуги автономно и во время работы соответственно,
  - регистрацию качества топлива;
- выбор соответствующих режима работы, ТО, оборудования, хранения, конторского и управленческого персонала;
- периодическое обучение обслуживающего персонала на практических курсах, организованных изготовителем, на семинарах и конгрессах по ТО и ремонту ГТУ;
- ТО оборудования фильтрации воздуха для гарантии того, что в компрессор попадает только чистый воздух;
- строгое соблюдение инструкций изготовителя по эксплуатации, включая:
  - регулярное ведение отчетности в соответствии с рекомендациями изготовителя ГТУ,
  - периодическую калибровку приборов контроля,
  - использование смазки в соответствии с рекомендациями изготовителя;
- предупреждение отказов исходя из регистрационных записей, утечек, изменения вибрации и т.д.;
- использование только рекомендованных изготовителем запасных частей и расходных материалов (например, воздушного фильтра);
- поддержание непрерывной связи с изготовителем, информирование его относительно должного функционирования машинного оборудования; выполнение рекомендаций по ТО и ремонту;
- ведение записей об инспекциях, ТО и ремонте и, при необходимости, предоставление изготовителю быстрого доступа к ним и к данным по работе ГТУ;

- планирование совместно с изготовителем главного капитального ремонта. Это может также относиться к капитальному восстановлению или улучшению;
- надлежащий уход и хранение оборудования для ТО и ремонта;
- предотвращение резких изменений нагрузки и отключений, а также других потенциально опасных эксплуатационных случаев, таких как перегрузка, превышение крутящего момента, пониженная частота тока, рассинхронизация, короткое замыкание и т.д.

4.3 Хранение запасных частей

Изготовитель по договоренности с заказчиком предоставляет перечень требуемых запасных частей и нормы их расходования, учитывая:
- требуемую готовность ГТУ к применению и ее надежность как источника электропитания;
- предполагаемый режим работы ГТУ;
- время выполнения заказа на запасную часть;
- порядок поставки запасных частей на место назначения;
- удаленность и доступность склада запасных частей;
- удаленность и доступность ремонтных организаций;
- доступность к месту расположения ГТУ;
- средства, доступные на месте расположения ГТУ.

Запасные части следует классифицировать по следующим категориям:
- расходные запасные части — запасные части, поставляемые на случай отказа второстепенных агрегатов во время нормальной работы между инспекциями: прокладки, уплотнительные кольца, термопары, термореле, реле давления, элементы фильтров и т.д.;
- запасные части для капитального ремонта — запасные части, которые необходимы для различного вида плановых ремонтов и могут включать такие агрегаты, как жаровые трубы камеры сгорания, переходники, рабочие лопатки турбины, лопатки направляющих аппаратов турбины и т.д.;
- запасные части для аварийных ситуаций — запасные части, которые поставляют для непрогнозируемых отказов агрегатов и могут включать подшипники, вспомогательные насосы, наборы лопаток компрессора, роторы в сборе или газогенераторы.

4.4 Вахтенные журналы по эксплуатации

Изготовитель, по договоренности с заказчиком, должен предоставлять вахтенные журналы по эксплуатации, в которые заносят статистику (историю) эксплуатации ГТУ. С другой стороны, может обеспечиваться автоматическая запись данных. Ниже приведен типичный перечень зарегистрированных/записываемых данных:
- рабочий режим:
  - перепад давления воздуха на фильтре воздухозаборного устройства,
  - давление воздуха на входе в компрессор,
  - температура воздуха на входе в компрессор,
  - давление воздуха на выходе из компрессора,
  - температура воздуха на выходе из компрессора,
  - расход воздуха через компрессор,
  - давление продуктов сгорания на входе в турбину,
  - давление продуктов сгорания на выходе из турбины,
  - температура продуктов сгорания на выходе из турбины T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, ..., T_i и т.д.,
  - расход(ы) топлива,
  - частота(ы) вращения турбины,
  - частота в (энерго)системе,
  - нагрузка,
  - положение дросселя,
  - положение(я) лопаток направляющего аппарата,
  - расход инжектируемой воды/пара,
  - теплотворная способность топлива;
- механические характеристики:
  - уровни вибрации,
  - давления масла,
  - температуры масла,
  - уровень(ни) масла в баке,
  - расход(ы) охлаждающего воздуха,

давления охлаждающего воздуха,
температуры охлаждающего воздуха,
положение(я) регулирующего клапана для охлаждающего воздуха,
давление(я) охлаждающей воды,
температура(ы) охлаждающей воды,
время (времена) разгона,
время (времена) выбега роторов ГТУ;

- выбросы вредных веществ

NO_x
CO
O_2
CO_2
SO_2
C в виде сажи,
несгоревшие углеводороды
} Согласно требованию нормативных документов;

- готовность к применению и надежность:
  - число предпринятых нормальных пусков,
  - число предпринятых ускоренных пусков,
  - число успешных нормальных пусков,
  - число успешных ускоренных пусков,
  - наработка (время работы) с нагрузкой не выше базовой,
  - наработка (время работы) с нагрузкой не выше пиковой,
  - наработка (время работы) в качестве синхронного компенсатора,
  - сигналы тревоги (предупредительные сигналы):
    - дата и время,
    - причина,
  - остановы:
    - на холостой ход:
      - дата и время,
      - причина,
    - с перекрытием подачи топлива:
      - дата и время,
      - причина,
  - случаи простоя:
    - дата и время начала простоя,
    - дата и время окончания простоя,
    - положение,
    - тип,
    - причина,
    - последовательность,
    - меры,
  - останов:
    - дата и время,
    - причина,
  - выработанная энергия.

5 Надежность и готовность

5.1 Приемочные испытания на надежность

Приемочные испытания на надежность являются кратковременными испытаниями, которые не предназначены для точной оценки показателей надежности оборудования или готовности к применению, а служат для демонстрации качества изготовления и монтажа. В случае появления отказа во время приемочного испытания на надежность следует устранить выявленные дефекты, а затем повторно провести испытание.

Примечание — В международной стандартизации [1] надежность пуска должна считаться достигнутой, когда будут последовательно произведены 10 успешных пусков в соответствии с инструкциями по эксплуатации, поставляемыми вместе с ГТУ.

Другая общепринятая форма приемочного испытания на надежность — это 15- или 30-дневное показательное испытание, которое будет считаться успешным, если число вынужденных простоев не превысит некоторой величины X или эквивалентное время простоя установки в течение испытания не превысит величины Y. Если заказчик потребует проведения приемочного испытания на надежность данного типа, то поставщик должен предоставить значения X и Y, соответствующие данной конфигурации установки и ожидаемому режиму работы. Рекомендуется, чтобы значение X давало не менее 70 % вероятности (по Пуассону) для успеха отдельного испытания, основанной на предполагаемой интенсивности случаев вынужденного простоя в течение всего жизненного цикла. Рекомендуется, чтобы значение Y соответствовало эквивалентной готовности к применению для предполагаемого жизненного цикла установки. В случае отказа испытание проводится повторно.

5.2 Надежность и готовность — расчет и отчетность

Информацию о готовности и надежности рекомендуется обработать и представить с использованием терминов и определений, представленных в разделе 3. Дополнительная информация о готовности и надежности может быть найдена в стандартах Международной организации по стандартизации (ИСО), Международной электротехнической комиссии (МЭК) и т.д.

6 Безопасность

6.1 Общая часть

Данный раздел ограничен теми аспектами безопасности, которые доступны для контроля при соответствующем проектировании и реализации проекта. Раздел не охватывает такие аспекты безопасности, как обучение персонала, методики и использование защитного оборудования для персонала.

6.2 Элементы безопасности

Необходимо предотвращение рисков для безопасности как людей, так и оборудования. Проект силовой установки и его реализация должны соответствовать действующим правилам, стандартам и т.д. Особое внимание следует уделить:

- минимизации рисков пожара и обеспечению соответствующими средствами для предотвращения пожаров;
- системам управления, предназначенным для предотвращения возникновения опасных условий (частот вращения, температуры, вибрации и т.д.);
- сигнальным устройствам для предупреждения о возникновении опасных условий работы;
- соответствующим средствам отключения для защиты технического персонала и/или оборудования;
- взаимосвязи защитного оборудования ГТУ и его возможному влиянию на другое оборудование силовой установки или системы;
- ограждениям, изоляционным материалам, поручням и т.д. для защиты персонала от случайных контактов с опасными элементами. В этом случае также могут применяться соответствующие сигналы предупреждения;
- доступности для обслуживающего персонала надлежащего ручного оборудования и инструмента, безопасной работе с тяжелым оборудованием, включая такелажные и блокировочные инструменты, стропы, подъемники и краны;
- минимизации возможности возгорания из-за утечек масел, рабочих жидкостей и топлива (особое внимание должно уделяться локализации любых возможных утечек), а также
- должны быть предусмотрены соответствующая вентиляция и средства для эвакуации всего персонала станции, который будет находиться вблизи силовой установки во время ее работы; должен быть учтен тот факт, что срабатывание системы противопожарной защиты в замкнутом пространстве может быть опасным для обслуживающего персонала;
- должны соблюдаться рекомендации изготовителей относительно нахождения людей внутри ограждения ГТУ во время работы;
- операторы должны пользоваться удобными средствами защиты слуха, если они находятся в местах с уровнем шума выше допустимого;

- обслуживающий и технический персонал должен снабжаться инструкциями по безопасной работе, ТО и ремонту силовой установки;
- конструкция установки должна минимизировать возможность утечки газообразного топлива и взрыва газа обеспечением установки соответствующими устройствами для проветривания, обнаружения газа, вентиляции отсека/строения, искрогашения, заземления/соединения системы трубопроводов и т.д.

Библиография

[1] ИСО 2314. 1989 Gas turbines; acceptance tests. Турбины газовые. Приемочные испытания

УДК 621.452.3.6:006.354 ОКС 27.040 Е23

Ключевые слова: газотурбинные установки, турбины, надежность, техническое обслуживание, заказчик, готовность, ремонт, ресурс, безопасность, термины, определения, показатели (основные характеристики), потребитель, контроль (инспекция), эксплуатационная технологичность

Редактор *Р.Г. Говердовская*
Технический редактор *О.Н. Власова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 09.03.2006. Подписано в печать 18.04.2006. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,00. Тираж 218 экз. Зак. 251. С 2732.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «Стандартинформ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «Стандартинформ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru