



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

ДОКУМЕНТЫ НОРМАТИВНЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ,
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ОАО «ГАЗПРОМ»

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ
ПРИ ПОСТАВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ.
АГРЕГАТЫ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЕ
С ГАЗОТУРБИНЫМ ПРИВОДОМ.
АППАРАТЫ ВОЗДУШНОГО
ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА**

СТО Газпром 2-3.5-253-2008

ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ



Москва 2009

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ
ПРИ ПОСТАВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ.
АГРЕГАТЫ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЕ
С ГАЗОТУРБИНЫМ ПРИВОДОМ.
АППАРАТЫ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА**

СТО Газпром 2-3.5-253-2008

Издание официальное

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

**Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт
природных газов и газовых технологий – ВНИИГАЗ»**

Общество с ограниченной ответственностью «Газпром экспо»

Москва 2009

Предисловие

- 1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – ВНИИГАЗ»
- 2 ВНЕСЕН Департаментом по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО «Газпром»
- 3 УТВЕРЖДЕН
И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Распоряжением ОАО «Газпром» от 15 октября 2008 г. № 346
- 4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ОАО «Газпром», 2009
© Разработка ООО «ВНИИГАЗ», 2008
© Оформление ООО «Газпром экспо», 2009

Распространение настоящего стандарта осуществляется в соответствии с действующим законодательством и с соблюдением правил, установленных ОАО «Газпром»

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины, определения и сокращения	3
3.1 Термины и определения	3
3.2 Сокращения	8
4 Общие положения	9
5 Приемочные испытания опытных (головных) образцов газотурбинных газоперекачивающих агрегатов	11
5.1 Основные положения	11
5.2 Объект и цели приемочных испытаний	13
5.3 Объем приемочных испытаний	14
5.4 Программа и методика проведения приемочных испытаний	15
5.5 Оформление документации	17
6 Эксплуатационные испытания газотурбинных газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях	19
6.1 Основные положения	19
6.2 Цель и объем эксплуатационных испытаний	21
6.3 Программа и методика эксплуатационных испытаний	22
6.4 Оформление документации	24
7 Методика теплотехнических и газодинамических испытаний газотурбинных газоперекачивающих агрегатов	25
7.1 Основные положения	25
7.2 Порядок проведения испытаний	25
7.3 Расчет показателей газотурбинной установки	26
7.4 Расчет показателей газового компрессора	28
7.5 Оценка соответствия параметров газоперекачивающих агрегатов требованиям технических условий	31
8 Эксплуатационные испытания установок охлаждения газа	32
8.1 Основные положения	32
8.2 Цель и объем эксплуатационных испытаний	33
8.3 Программа и методика эксплуатационных испытаний	34
8.4 Оформление документации	38

Приложение А (обязательное) Форма акта предварительных испытаний	39
Приложение Б (рекомендуемое) Форма уведомления о готовности продукции к приемочным испытаниям	41
Приложение В (рекомендуемое) Форма акта выбора места проведения приемочных испытаний опытного образца	42
Приложение Г (рекомендуемое) Типовой перечень программ и методик приемочных испытаний опытного образца газоперекачивающего агрегата	43
Приложение Д (рекомендуемое) Таблица соответствия основных характеристик опытного образца газоперекачивающего агрегата требованиям нормативной документации	45
Приложение Е (обязательное) Форма акта приемочных испытаний	47
Приложение Ж (рекомендуемое) Форма акта готовности газоперекачивающего агрегата к эксплуатационным испытаниям	49
Приложение И (рекомендуемое) Таблица соответствия основных характеристик газоперекачивающего агрегата требованиям технических условий по результатам эксплуатационных испытаний	50
Приложение К (рекомендуемое) Форма протокола эксплуатационных испытаний газоперекачивающего агрегата	51
Приложение Л (обязательное) Форма акта приемки газоперекачивающего агрегата в промышленную эксплуатацию	52
Приложение М (справочное) Принципиальная схема измерений при испытаниях газоперекачивающего агрегата	54
Приложение Н (справочное) Перечень измерений и погрешности измерительных приборов при испытаниях газоперекачивающего агрегата	55
Приложение П (справочное) Единицы и соотношения физических величин	56
Приложение Р (рекомендуемое) Формулы для расчета показателей сжатия природного газа	57
Приложение С (рекомендуемое) Пример расчета теплотехнических и газодинамических параметров газоперекачивающего агрегата и оценки их соответствия требованиям технических условий по результатам эксплуатационных испытаний агрегата ГПА-10	59
Приложение Т (рекомендуемое) Таблица соответствия теплотехнических и газодинамических параметров газотурбинного газоперекачивающего агрегата требованиям нормативной документации	69
Приложение У (справочное) Принципиальная технологическая схема установки охлаждения газа	70

Приложение Ф (справочное) Принципиальная схема измерений при испытаниях установки охлаждения газа	71
Приложение Х (рекомендуемое) Перечень измерений и погрешностей измерительных приборов при испытаниях установок охлаждения газа	72
Приложения Ц (рекомендуемое) Пример расчета основных показателей установки охлаждения газа по результатам испытаний и оценки их соответствия требованиям нормативной документации	73
Библиография	77

Введение

Настоящий стандарт разработан с целью обеспечения качества поставляемого и модернизируемого технологического оборудования для компрессорных станций.

Настоящий стандарт разработан на основании Перечня приоритетных научно-технических проблем ОАО «Газпром» на 2006–2010 годы, утвержденного Председателем Правления ОАО «Газпром» А.Б. Миллером (№ 01-106 от 11.10.2005 г.), п. 4.1 «Создание технологий и технических средств для строительства, реконструкции и эксплуатации трубопроводных систем с оптимальными параметрами транспорта газа и устойчивостью к воздействию естественных факторов и технологических нагрузок».

Настоящий стандарт является инструментом технической политики ОАО «Газпром» по контролю качества оборудования компрессорных станций при поставке, эксплуатации и не заменяет собой необходимые договорные документы, предусмотренные Гражданским кодексом Российской Федерации при поставке, перевозке, упаковке и хранении продукции.

Стандарт разработан авторским коллективом ООО «ВНИИГАЗ» в составе: д.т.н. В.В. Огнев, к.т.н. В.А. Щуровский, к.т.н. Ю.Н. Сеницын, к.т.н. Е.В. Карпов, к.т.н. С.Ю. Сальников, А.В. Черемин, Г.С. Степанова, Р.В. Шиндяпин.

**СТАНДАРТ ОТКРЫТОГО АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА
«ГАЗПРОМ»**

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПОСТАВКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ.
АГРЕГАТЫ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЕ С ГАЗОТУРБИННЫМ ПРИВОДОМ.
АППАРАТЫ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА**

Дата введения – 2009-06-19

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на газоперекачивающие агрегаты, газотурбинные установки, газовые компрессоры и их сменные проточные части, аппараты воздушного охлаждения газа (далее также – оборудование).

1.2 Настоящий стандарт предназначен для организации и проведения приемочных и эксплуатационных испытаний газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом и аппаратов воздушного охлаждения газа на объектах дочерних обществ и организаций ОАО «Газпром».

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:
ГОСТ 1.1-2002 Межгосударственная система стандартизации. Термины и определения
ГОСТ 2.116-84 Единая система конструкторской документации. Карта технического уровня и качества продукции

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

ГОСТ 10921-90 Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний

ГОСТ 16504-81 Системы государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 20440-75 Агрегаты газотурбинные. Методы испытаний

СТО Газпром 2-3.5-253-2008

ГОСТ 28775-90 Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Общие технические условия

ГОСТ Р 8.563-96 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений

ГОСТ 8.586.1-2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования

ГОСТ 8.586.2-2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования

ГОСТ 8.586.3-2005 (ИСО 5167-3-2003) Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 3. Сопла и сопла Вентури. Технические требования

ГОСТ 8.586.4-2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 4. Трубы Вентури. Технические требования

ГОСТ 8.586.5-2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 5. Методика выполнения измерений

ГОСТ Р 15.201-2000 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство

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

ГОСТ Р 51852-2001 (ИСО 3977-1-97) Установки газотурбинные. Термины и определения

ГОСТ Р 52200-2004 (ИСО 3977-2-97) Установки газотурбинные. Нормальные условия и номинальные показатели

СТО Газпром РД 1.14-133-2005 Методика измерения вибрации для аттестации рабочих мест

СТО Газпром 2-1.16-055-2006 Контроль качества и приемка материально-технических ресурсов для ОАО «Газпром» на предприятиях-изготовителях. Основные положения

СТО Газпром 2-3.5-038-2005 Инструкция по проведению контрольных измерений вредных выбросов газотурбинных установок на компрессорных станциях

СТО Газпром 2-3.5-039-2005 Каталог удельных выбросов вредных веществ газотурбинных газоперекачивающих агрегатов

СТО Газпром 2-3.5-040-2005 Типовая методика акустических испытаний опытных и серийных образцов газоперекачивающих агрегатов

СТО Газпром 2-3.5-138-2007 Типовые технические требования к газотурбинным ГПА и их системам

СТО Газпром 9000-2006 Система стандартизации ОАО «Газпром». Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь

ОСТ 153-00.0-002-98 Порядок разработки и постановки продукции производственно-технического назначения для топливно-энергетического комплекса

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

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 1.1, ГОСТ 16504, ГОСТ 20440, ГОСТ Р 51852, ГОСТ Р 52200, СТО Газпром 2-1.16-055, СТО Газпром 2-3.5-039, СТО Газпром 9000, а также следующие термины с соответствующими определениями и сокращениями:

3.1.1 **аппарат воздушного охлаждения газа; АВОГ:** Теплообменные секции с вентиляторами и аэродинамическими элементами, расположенные на несущих конструкциях.

3.1.2 **(газовая) турбина:** Компонент газотурбинного двигателя, преобразующий потенциальную энергию нагретого рабочего тела под давлением в механическую работу.

[ГОСТ Р 51852-2001, пункт 2.16]

3.1.3 **газотурбинный двигатель; ГТД:** Машина, предназначенная для преобразования тепловой энергии в механическую.

[ГОСТ Р 51852-2001, пункт 2.1]

3.1.4 **газоперекачивающий агрегат; ГПА:** Установка, включающая в себя газовый компрессор, привод (газотурбинный, электрический, поршневой) и оборудование, необходимое для их функционирования.

3.1.5 **газотурбинная установка; ГТУ:** Газотурбинный двигатель и все основное оборудование, необходимое для генерирования энергии в полезной форме.

[ГОСТ Р 51852-2001, пункт 2.2]

3.1.6 **разработчик:** Организация, выполняющая научно-техническую, проектную и опытно-конструкторскую работу в соответствии с договором.

3.1.7 **камера сгорания (основного [промежуточного] подогрева):** Устройство газотурбинного двигателя для основного [промежуточного] подогрева рабочего тела.

[ГОСТ Р 51852-2001, пункт 2.18]

3.1.8 **контроль качества продукции:** Контроль количественных и (или) качественных характеристик свойств продукции.

[ГОСТ 16504-81, пункт 82]

3.1.9 **контрольные испытания:** Испытания, проводимые для контроля качества объекта.

[ГОСТ 16504-81, пункт 36]

3.1.10 **концентрация:** Масса компонента i , содержащаяся в 1 м^3 сухих продуктов сгорания при $0 \text{ }^\circ\text{C}$ и $0,1013 \text{ МПа}$.

[СТО Газпром 2-3.5-039-2005, пункт 3.1.1]

3.1.11 **коэффициент полезного действия; КПД:** Отношение выходной мощности к расходу теплоты топлива, подсчитанное по его низшей теплоте сгорания при нормальных условиях.

[ГОСТ Р 51852-2001, пункт 2.34]

3.1.12 **метод испытаний:** Правила применения определенных принципов и средств испытаний.

[ГОСТ 16504-81, пункт 11]

3.1.13 **метод контроля:** Правила применения определенных принципов и средств контроля.

[ГОСТ 16504-81, пункт 87]

3.1.14 **методика испытаний:** Организационно-методический документ, обязательный к выполнению, включающий метод испытаний, средства и условия испытаний, отбор проб, алгоритмы выполнения операций по определению одной или нескольких взаимосвязанных

характеристик свойств объекта, формы представления данных и оценивания точности, достоверности результатов, требования техники безопасности и охраны окружающей среды.

[ГОСТ 16504-81, пункт 14]

3.1.15 **мощность АВОГ:** Активная составляющая мощности, потребляемой вентилятором, измеренная после конденсаторных батарей.

3.1.16 **несоответствие:** Невыполнение требования.

[СТО Газпром 9000-2006, пункт 3.2.8]

3.1.17 **нормативная документация; НД:** Стандарты различных категорий, нормативные и технические документы, технические задания, технические регламенты, технические условия и другие документы, утверждаемые в установленном порядке.

[СТО Газпром 2-1.16-055-2006, пункт 3.18]

3.1.18 **номинальная мощность ГТУ (ГПА) в стационарных условиях:** Мощность на муфте газотурбинной установки в стационарных условиях по ГОСТ 28775.

3.1.19 **номинальный коэффициент полезного действия газотурбинной установки в стационарных условиях:** Коэффициент полезного действия, рассчитанный в соответствии с ГОСТ 20440 в стационарных условиях по ГОСТ 28775.

3.1.20 **объект испытаний:** Продукция, подвергаемая испытаниям.

[ГОСТ 16504-81, пункт 6]

3.1.21 **объем испытаний:** Характеристика испытаний, определяемая количеством объектов и видов испытаний, а также суммарной продолжительностью испытаний.

[ГОСТ 16504-81, пункт 12]

3.1.22 **объемная производительность газового компрессора Q_n , м³/мин:** Объемный расход газа во входном сечении патрубка при входных параметрах газа.

3.1.23 **отношение давлений центробежного газового компрессора:** Отношение абсолютных давлений, измеренных в сечениях входного и выходного патрубков (фланцев).

3.1.24 **оценка соответствия:** Прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту.

[СТО Газпром 9000-2006, пункт 3.3.2.8]

3.1.25 **периодические испытания:** Контрольные испытания выпускаемой продукции, проводимые в объемах и в сроки, установленные нормативно-технической документацией, с целью контроля стабильности качества продукции и возможности продолжения ее выпуска.

[ГОСТ 16504-81, пункт 48]

3.1.26 подтверждение соответствия: Документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

[СТО Газпром 9000-2006, пункт 3.3.2.9]

3.1.27 политропный коэффициент полезного действия газового компрессора: Отношение удельной полезной политропной работы (политропного напора) к разности энтальпий (удельному полному напору), определяемым по параметрам газа, измеренным в сечениях входного и выходного патрубков (фланцев).

3.1.28 поставщик: Организация или лицо, предоставляющие продукцию.

[СТО Газпром 9000-2006, пункт 3.2.11]

3.1.29 потребитель: Организация или лицо, получающие продукцию.

[СТО Газпром 9000-2006, пункт 3.2.12]

3.1.30 предварительные испытания: Контрольные испытания опытных образцов и (или) опытных партий продукции с целью определения возможности их предъявления на приемочные испытания.

[ГОСТ 16504-81, пункт 43]

3.1.31 предприятия-изготовители: Организации, осуществляющие в интересах ОАО «Газпром», его дочерних обществ и организаций производство, испытания, поставку и ремонт материально-технических ресурсов как непосредственно, так и в порядке кооперации.

[СТО Газпром 2-1.16-055-2006, пункт 3.4]

3.1.32 приемосдаточные испытания: Контрольные испытания продукции при приемочном контроле.

[ГОСТ 16504-81, пункт 47]

3.1.33 приведенная концентрация C_i^{15} , мг/м³: Приведенная к 15 % содержания кислорода (по объему) масса компонента i , содержащаяся в 1 м³ сухих продуктов сгорания при 0 °С и 0,1013 МПа.

[СТО Газпром 2-3.5-039-2005, пункт 3.1.2]

3.1.34 приемочные испытания: Контрольные испытания опытных образцов, опытных партий продукции или изделий единичного производства, проводимые соответственно с целью решения вопроса о целесообразности постановки этой продукции на производство и (или) использования по назначению.

[ГОСТ 16504-81, пункт 44]

3.1.35 программа испытаний: Организационно-методический документ, обязательный к выполнению, устанавливающий объект и цели испытаний, виды, последовательность и объем проводимых экспериментов, порядок, условия, место и сроки проведения испытаний, обеспечение и отчетность по ним, а также ответственность за обеспечение и проведение испытаний.

[ГОСТ 16504-81, пункт 13]

3.1.36 производительность газового компрессора, млн м³/сут: Расход газа при условии – стандартный м³ при 293,15 К и 0,1013 МПа.

3.1.37 протокол испытаний: Документ, содержащий необходимые сведения об объекте испытаний, применяемых методах, средствах и условиях испытаний, результаты испытаний, а также заключение по результатам испытаний, оформленный в установленном порядке.

[ГОСТ 16504-81, пункт 24]

3.1.38 тепловая нагрузка (теплосъем) АВОГ: Количество тепла, отводимое от газа потоком атмосферного воздуха.

3.1.39 теплота сгорания топлива: Общее количество тепла, выделившегося при сгорании единицы массы топлива, кДж/кг.

[ГОСТ Р 51852-2001, пункт 2.31]

3.1.40 техническая документация: Совокупность конструкторской, технологической, проектной и программной документации, используемой для изготовления, монтажа, эксплуатации, ремонта и утилизации продукции.

[СТО Газпром 2-1.16-055-2006, пункт 3.17]

3.1.41 техническое задание; ТЗ: Исходный технический документ для разработки изделия и технической документации на него.

Примечание – ТЗ на разработку изделия содержит общие сведения о разработке изделия, требования, предъявляемые к изделию, и требования к самому процессу его разработки. Действие ТЗ распространяется на стадии разработки, включая утверждение акта приемки опытного образца (опытной партии) и доработку технической документации по результатам приемочных испытаний, после чего основным документом на изделие служат ТУ или стандарт.

3.1.42 требование: Положение нормативного документа, содержащее критерии, которые должны быть соблюдены.

[ГОСТ 1.1-2002, пункт 6.1.1]

3.1.43 удельный расход масла ГПА, ГТУ или газового компрессора: Безвозвратные потери масла в процессе эксплуатации на 1 ч наработки.

3.1.44 **установка (воздушного) охлаждения газа; УОГ:** Установка, предназначенная для охлаждения газа после сжатия, включающая в себя один и более аппаратов охлаждения газа (преимущественно воздушного) и конструкции, их объединяющие.

3.1.45 **функциональный заказчик:** Подразделение ОАО «Газпром», обеспечивающее научно-техническое сопровождение производства по закрепленному за ним направлению деятельности и ответственное за организацию приемки и внедрения новой техники.

3.1.46 **центробежный газовый компрессор (центробежный нагнетатель); ЦБК:** Машина, предназначенная для повышения давления транспортируемого газа.

3.1.47 **эксплуатационные испытания:** Испытания объекта, проводимые при эксплуатации.

[ГОСТ 16504-81, пункт 58]

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте использованы также следующие сокращения:

АВОМ – аппарат воздушного охлаждения масла;

ВОУ – воздухоочистительное устройство;

ИКМ – измеритель крутящего момента;

ИЭ – инструкция по эксплуатации;

КД – конструкторская документация;

КВОУ – комплексное воздухоочистительное устройство;

КМЧ – комплект материальной части;

КС – компрессорная станция;

КЦ – компрессорный цех;

НИР – научно-исследовательская работа;

ОКР – опытно-конструкторская работа;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ПОС – противообледенительная система;

САУ – система автоматического управления;

СПЧ – сменная проточная часть;

СТ – силовая турбина;

ТВД – турбина высокого давления;

ТУ – технические условия;

УТО – утилизационный теплообменник.

4 Общие положения

4.1 Опытные (головные) образцы оборудования, согласно ГОСТ Р 15.201, СТО Газпром 2-3.5-138, ОСТ 153-00.0-002, подвергают следующим контрольным испытаниям:

- предварительные испытания, проводимые с целью предварительной оценки соответствия опытного образца оборудования требованиям ТЗ (ТУ), а также определения возможности их предъявления на приемочные испытания;

- приемочные испытания, проводимые с целью оценки всех определенных ТЗ (ТУ) характеристик оборудования, проверки и подтверждения соответствия опытного образца оборудования требованиям ТЗ (ТУ) в условиях, максимально приближенных к условиям реальной эксплуатации оборудования, а также для принятия решений о возможности промышленного производства и реализации оборудования.

4.2 Серийные образцы оборудования подвергают эксплуатационным испытаниям при вводе их в эксплуатацию с целью проверки и подтверждения соответствия характеристик оборудования требованиям ТУ.

Серийные образцы подвергают также приемосдаточным и периодическим испытаниям в соответствии с ГОСТ 15.309, ГОСТ 28775.

4.3 Приемосдаточные, предварительные, приемочные и эксплуатационные испытания проводят по соответствующим программам и методикам испытаний (далее – программы испытаний), разрабатываемым разработчиком и согласованным с заказчиком в установленном порядке.

4.4 Программы испытаний разрабатывают на основе требований ТЗ, ТУ, КД с использованием при необходимости типовых программ, типовых (стандартизованных) методик испытаний и другой НД в части организации и проведения испытаний.

В программу испытаний включают:

- объект испытаний;
- цель испытаний;
- объем испытаний;
- условия и порядок проведения испытаний;
- материально-техническое обеспечение испытаний;
- метрологическое обеспечение испытаний;
- отчетность по испытаниям.

В программы испытаний включают перечни конкретных проверок (решаемых задач, оценок), которые следует проводить при испытаниях для подтверждения выполнения требований ТЗ и ТУ с ссылками на соответствующие методики испытаний. Программа и методика

приемочных испытаний опытных образцов оборудования должны, кроме того, содержать проверку качества рабочей КД и ИЭ (включая проект ТУ для промышленного производства оборудования) для принятия решения о пригодности НД в промышленном производстве.

В методику испытаний включают:

- оцениваемые характеристики (показатели) оборудования;
- условия и порядок проведения испытаний;
- способы обработки, анализа и оценки результатов испытаний;
- используемые средства испытаний, контроля и измерений;
- отчетность.

4.5 Испытания проводят после проверки готовности мест проведения испытаний к обеспечению технических требований, требований безопасности и после назначения ответственных специалистов по всем работам при подготовке и проведении испытаний, оценке характеристик оборудования с установленной точностью измерений, а также регистрации их результатов.

Для проведения испытаний, как правило, назначают комиссию, которая контролирует полноту, достоверность и объективность результатов испытаний, а также полноту информации, соблюдение сроков испытаний и документальное оформление их результатов.

4.6 К началу проведения испытаний должны быть завершены мероприятия по их подготовке, предусматривающие:

- наличие, годность и готовность на месте проведения испытаний средств материально-технического и метрологического обеспечения, гарантирующих создание условий и режимов испытаний, соответствующих указанным в программе испытаниям;
- обучение и, при необходимости, аттестацию персонала, допускаемого к испытаниям;
- назначение комиссии;
- своевременное представление к месту испытаний испытываемого оборудования с комплектом КД, НД, справочной и другой документации, предусмотренной программой испытаний.

4.7 В процессе испытаний ход и результаты испытаний документально фиксируют по форме и в сроки, предусмотренные в программе испытаний.

В обоснованных случаях испытания могут быть прерваны или прекращены, что документально оформляют.

4.8 Заданные и фактические данные, полученные при испытаниях, отражают в протоколе (протоколах).

4.9 Испытания считают законченными, если их результаты оформлены актом, подтверждающим выполнение программы испытаний и содержащим оценку результатов испытаний с конкретными точными формулировками, отражающими соответствие испытуемого образца оборудования требованиям ТЗ (ТУ).

4.10 Органы государственного надзора определяют при приемочных испытаниях степень соответствия НД обязательным требованиям и выдают по результатам испытаний окончательное заключение, что отражают в акте или в отдельном документально оформленном заключении.

5 Приемочные испытания опытных (головных) образцов газотурбинных газоперекачивающих агрегатов

5.1 Основные положения

5.1.1 Приемочные испытания опытного (головного) образца ГПА проводят после окончания предварительных испытаний, которые организует разработчик. Результаты предварительных испытаний должны быть оформлены актом предварительных испытаний, который утверждает председатель комиссии (разработчик ГПА). Форма акта предварительных испытаний приведена в приложении А.

5.1.2 После получения положительного заключения по результатам предварительных испытаний разработчик составляет уведомление о готовности ГПА к приемочным испытаниям по форме, приведенной в приложении Б, которое вместе с актом предварительных испытаний направляет функциональному заказчику.

5.1.3 Функциональный заказчик совместно с разработчиком определяют место проведения приемочных испытаний. Результаты выбора оформляют «Актом выбора мест проведения приемочных испытаний», который утверждает функциональный заказчик, подписывают руководители организации-разработчика и организации, в которой предусматривается проведение приемочных испытаний.

Акт выбора не представляют, если место проведения испытания определено ТЗ или другими совместными решениями. Форма акта выбора места проведения приемочных испытаний опытного (головного) образца приведена в приложении В.

5.1.4 Приемочные испытания проводят в соответствии с действующими стандартами и типовыми программами и методиками испытаний.

При отсутствии типовых программ и методик приемочные испытания проводят в соответствии с программой и методикой испытаний, разрабатываемой и утверждаемой разработчиком в соответствии с требованиями ГОСТ Р 15.201 и согласованной с функциональным

заказчиком, организацией, на объектах которой проводят испытания, и, при необходимости, с Федеральной службой экологического, технологического и атомного надзора.

5.1.5 Дату приемочных испытаний и состав приемочной комиссии назначают распоряжением разработчика о назначении комиссии и даты по проведению приемочных испытаний. В распоряжении указывают место проведения испытаний. Состав приемочной комиссии и дату испытаний согласовывают разработчик и функциональный заказчик.

В состав комиссии включают представителей:

- функционального заказчика – председатель комиссии;
- разработчика – заместитель председателя комиссии;
- организации, в которой проводят испытания;
- соответствующих органов государственного надзора;
- головной экспертной организации;
- других заинтересованных организаций, перечень которых определяют разработчик и функциональный заказчик.

5.1.6 Разработчик после получения соответствующего разрешения регионального представителя Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору на проведение приемочных испытаний опытного (головного) образца ГПА (для технических устройств, входящих в Перечень [1]) представляет приемочной комиссии следующие документы:

- ТЗ;
- акт выбора места проведения приемочных испытаний;
- комплект КД и НД (перечень предоставляемой КД и НД определяет разработчик по согласованию с председателем комиссии);
- программу и методику приемочных испытаний или другие документы, предусмотренные ТЗ;
- результаты испытаний (предварительных, приемочных), если испытания проводила не приемочная комиссия;
- проект ТУ, предварительно согласованный с функциональным заказчиком;
- документ, удостоверяющий технический уровень и конкурентоспособность продукции (по усмотрению исполнителя: справку, сравнительную таблицу или карту технического уровня и качества в соответствии с требованиями ГОСТ 2.116);
- проект эксплуатационных документов (руководство по эксплуатации, инструкцию по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия, паспорт или формуляр и т.д.);
- проект ремонтных документов (руководство по ремонту, ТУ на ремонт и т.д.).

Приемочная комиссия может запросить другие документы и материалы, необходимые для работы комиссии.

5.1.7 До начала испытаний приемочная комиссия выполняет следующее:

- проверяет комплектность опытного образца ГПА и его соответствие предъявленной документации;
- анализирует предъявленную документацию и оценивает результаты проведенных НИР, ОКР и результаты предварительных испытаний;
- дает разрешение на начало приемочных испытаний;
- утверждает график проведения приемочных испытаний.

5.2 Объект и цели приемочных испытаний

5.2.1 Приемочным испытаниям подвергают комплектный ГПА, включающий в себя: ГТУ со вспомогательным оборудованием, ЦБК, САУ, систему электроснабжения и электрооборудования, маслосистему, систему промывки ГТУ и другие системы.

При реконструкции (модернизации) ГПА приемочным испытаниям подвергают КМЧ в объеме полной поставки по действующему ТЗ (ТУ).

5.2.2 Как правило, в рамках предварительных и приемочных испытаний ГПА должен отработать под нагрузкой не менее 5000 ч без замены базовых элементов (двигателей, ходовых и проточных частей ЦБК).

В период предварительных и приемочных испытаний поставщик ГПА обеспечивает сопровождение ГПА и оперативное устранение неисправностей работы всех систем, входящих в поставку.

5.2.3 Приемочные испытания опытных образцов ГПА проводят на опытных стендах, полигонах или на КС, на которых обеспечивают соответствие состава оборудования эксплуатационным условиям, возможность регулирования во всем диапазоне эксплуатационных режимов, а также выполнение программы и методики испытаний.

5.2.4 Приемочные испытания опытного образца ГПА проводят с целью:

- определения и подтверждения соответствия конструкции ТЗ, рабочей документации, ТУ, национальным стандартам и стандартам ОАО «Газпром»;
- выявления работоспособности и эксплуатационной надежности ГПА и его составных частей;
- оценки эргономических показателей, показателей унификации и стандартизации;
- определения технического уровня;
- определения соответствия требованиям безопасности и санитарным нормам и правилам;

- определения соответствия требованиям охраны окружающей среды;
- разработки рекомендаций о постановке ГПА на производство.

5.2.5 Испытания разделяют на следующие этапы:

- подготовку к испытаниям;
- определение основных показателей и характеристик ГТД и ЦБК;
- испытания системы автоматического регулирования, защиты, контроля и управления;
- испытания вспомогательных систем и устройств;
- проверку эксплуатационной надежности и ремонтпригодности ГПА;
- проверку безопасности и требований охраны окружающей среды.

5.2.6 Отдельные этапы приемочных испытаний могут быть осуществлены в процессе предварительных испытаний с участием представителей функционального заказчика.

5.3 Объем приемочных испытаний

5.3.1 В процессе испытаний решают следующие задачи по определению и оценке соответствия основных характеристик ГПА требованиям ТЗ (ТУ):

- проверка САУ и защитных устройств в составе ГПА;
- определение безвозвратных потерь масла;
- измерение концентраций вредных веществ с продуктами сгорания;
- оценка надежности пуска и останова ГПА;
- определение мощности и эффективного КПД привода в составе ГПА;
- газодинамические характеристики и эффективность ЦБК;
- вибрационные характеристики;
- эффективность работы АВМ двигателя и ЦБК;
- подогрев циклового воздуха при включении ПОС;
- гидравлические потери в входном тракте;
- гидравлические потери в выхлопном тракте;
- уровень шума по маршруту обхода и осмотра ГПА;
- работоспособность КВОУ;
- время безаварийной работы и останова ГПА при отключении внешнего электропитания;
- эффективность систем пожарной сигнализации и тушения пожара, контроля загазованности;
- оценка параметров систем вентиляции и обогрева здания-укрытия и отсеков ГПА;
- время запуска ГПА с выходом на холостой ход;

- стабильность центровки системы привода – ЦБК;
- проверка электробезопасности оборудования;
- температура поверхностей элементов конструкции ГПА;
- температура воздуха в помещении привода, приведенная к расчетным параметрам наружного воздуха;
- работоспособность системы магнитного подвеса ротора ЦБК;
- работоспособность антипомпажной системы ЦБК;
- время разогрева масла в маслобаках привода и ЦБК;
- ремонтпригодность и удобства технического обслуживания ГПА;
- соответствие требованиям техники безопасности и санитарным нормам;
- параметры системы охлаждения трансмиссии;
- параметры системы охлаждения опоры двигателя при аварийном останове ГПА;
- характеристики воздухоподогревателей (регенераторов) в составе ГПА;
- характеристики УТО;
- работоспособность и эффективность системы промывки (очистки) осевого компрессора.
- оценка стабильности эксплуатационных свойств масла при работе ГПА.

5.3.2 По каждому типу проверок и испытаний разработчиком ГПА должны быть разработаны частные программы – методики испытаний, которые должны быть согласованы с заказчиком. Типовой перечень частных программ – методик испытаний приведен в приложении Г.

5.3.3 Объем испытаний можно корректировать по решению приемочной комиссии.

5.4 Программа и методика проведения приемочных испытаний

5.4.1 Подготовку ГПА к испытаниям и его обслуживание во время испытаний проводят согласно ИЭ ГПА, техническому описанию и инструкциям (руководствам) по эксплуатации на составные части ГПА (ГТУ, ЦБК, САУ, систему пожаротушения и т.д.).

5.4.2 Определение параметров ГПА проводят в объеме показаний средств измерений САУ ГПА.

Для определения ряда характеристик ГПА (теплотехнические, газодинамические, экологические, вибрационные и др.) используют дополнительные средства измерения согласно программе и методике испытаний и соответствующим НД – ГОСТ 20440, СТО Газпром 2-3.5-038, ГОСТ Р ИСО 11042-1, СТО Газпром РД 1.14-133, СТО Газпром 2-3.5-040, ПР 51-31323949-43-99 [2] и др.

5.4.3 Испытания проводят при работе ГПА на замкнутое кольцо (технологический контур) КС или при работе в магистраль.

Требуемые режимы устанавливают изменением давления в технологическом контуре путем изменения положения крана регулирования производительности и изменением частоты вращения ротора ЦБК.

5.4.4 Испытания ГПА проводят при фактических параметрах окружающей среды, соответствующих периоду испытаний. В случае, когда по причинам, не зависящим от ГПА, он не может быть загружен до максимальной (по ТУ) загрузки, допускают по решению приемочной комиссии проведение испытаний при пониженных нагрузках.

5.4.5 Выполняют подряд пять автоматических пусков ГПА с выходом на режимы:

- минимальный – 1 пуск;
- номинальный – 2 пуска;
- максимальный – 2 пуска.

Из них первый пуск – из холодного состояния при минимальной температуре масла в масляной системе, назначенной в руководстве по эксплуатации. При этом осуществляют один аварийный останов ГПА (с минимального режима) и два нормальных останова с режима полной нагрузки.

Общее количество пусков из холодного состояния – не менее двух. Время работы на каждом режиме не менее одного часа.

При пусках ГПА из холодного состояния выполняют определение пусковых характеристик ГПА.

При проведении пусков и остановов ГПА выполняют:

- определение времени запуска ГПА;
- проверку работоспособности САУ и алгоритмов ее функционирования, в том числе по защитам на работающем и неработающем ГПА, проверку блокировок;
- проверку обеспечения конструкцией ЦБК его останова и пуска под полным рабочим давлением в контуре ЦБК;
- определение уровня шумов по маршруту обхода и осмотра ГПА;
- определение вибраций элементов конструкции ГПА, в том числе ЦБК и ГТД.

Определения и проверки параметров ГПА производят по соответствующим программам и методикам, указанным в приложении Г.

5.4.6 Проводят теплотехнические испытания ГТУ и газодинамические испытания ЦБК.

Испытания проводят на режимах, соответствующих следующим значениям относительной приведенной мощности: 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,20 по рабочим программам – методикам, разработанным в соответствии с разделом 7.

В процессе испытаний определяют следующие показатели:

- мощность на муфте ГТУ;
- расход топливного газа;
- эффективный КПД ГТУ;
- отношение давлений, производительность, политропный КПД ЦБК;
- гидравлические сопротивления входного и выхлопного трактов.

По результатам испытаний определяют также линию помпажа и коэффициент расхода входного конфузора ЦБК.

На основании результатов строят теплотехнические и газодинамические характеристики ГТУ и ЦБК в приведенной форме.

Основные положения методики испытаний и расчета теплотехнических и газодинамических характеристик должны соответствовать ГОСТ 20440, ПР 51-31323949-43-99 [2], ISO 2314:1989 [3], ISO 5167-1:2003 [4], ISO 5167-2:2003 [5], ISO 5389:2005 [6], ISO 6976:1995 [7] и положениям раздела 7.

5.4.7 Проводят испытания опытного (головного) образца ГПА в объеме утвержденной программы и методики приемочных испытаний по согласованным частным программам – методикам, приведенным в приложении Г.

По результатам отдельных испытаний оформляют протоколы испытаний.

Допускается, по решению приемочной комиссии, отдельные результаты испытаний устройств и систем, полученные на этапе предварительных испытаний ГПА, зачесть в результаты приемочных испытаний.

5.4.8 По результатам испытаний подготавливают сводную таблицу соответствия основных параметров и характеристик опытного образца ГПА требованиям ТЗ (ТУ).

Форма таблицы соответствия приведена в приложении Д.

5.5 Оформление документации

5.5.1 По результатам рассмотрения представленных материалов приемочная комиссия составляет акт приемочных испытаний по форме, приведенной в приложении Е, к которому прилагают протоколы испытаний.

В акте указывают:

- соответствие (несоответствие) ГПА требованиям ТЗ и рекомендации о его постановке на производство;

- соответствие (несоответствие) требованиям органов государственного надзора;
- результаты оценки технического уровня ГПА;
- согласование эксплуатационных документов, ТУ и других документов;
- замечания и предложения по доработке опытного образца ГПА или оборудования при изготовлении установочной серии;
- рекомендации по изготовлению установочной серии.

5.5.2 В акте приводят следующие рекомендации по дальнейшему использованию опытного (головного) образца ГПА, прошедшего испытания:

- постановка опытного (головного) образца ГПА на эксплуатационные (ресурсные)* испытания с указанием конкретного производственного объекта ОАО «Газпром», где он будет эксплуатироваться;

- передача опытного образца ГПА в промышленную эксплуатацию по его назначению с присвоением ему статуса «промышленный» и указанием конкретного производственного объекта ОАО «Газпром», где он будет эксплуатироваться;

- списание опытного образца ГПА, износившегося физически или морально в процессе проведения предварительных, приемочных и эксплуатационных испытаний, с указанием его способа реализации;

- списание затрат;

- продажа опытного образца ГПА сторонней организации для использования не по назначению;

- сдача отдельных частей или образца ГПА в целом в утиль с получением дохода от его реализации и др.;

- передача опытного образца ГПА в аренду разработчику или изготовителю, либо другому арендатору с указанием конкретного производственного объекта ОАО «Газпром», где он будет эксплуатироваться.

5.5.3 При отрицательных результатах приемочных испытаний в акте приемочных испытаний указывают причину, по которой не принято решение о возможности постановки ГПА на производство, направления дальнейших работ и условия приемки их результатов либо нецелесообразность их продолжения и списания затрат на разработку.

Примечание – В случае, если приемочная комиссия признает необходимость внесения изменений в ТЗ, финансирование дополнительных работ осуществляет заказчик. В случае, если опытный образец ГПА не соответствует требованиям ТЗ, финансирование разработки осуществляет исполнитель.

* Ресурсные испытания проводят в случаях, если они предусмотрены ТЗ.

5.5.4 Акт приемочных испытаний утверждает заказчик.

Утверждение акта приемочных испытаний означает окончание разработки оборудования, прекращение действия ТЗ (если оно не распространяется на дальнейшие работы), согласование представленных проектов технических и эксплуатационных документов, а также разрешение заказчика на производство серийного оборудования после устранения замечаний и выполнения рекомендаций приемочной комиссии (при их наличии) и корректировки КД и НД с присвоением литеры «О₁»).

5.5.5 Исполнитель по завершении работы в целом представляет в ОАО «Газпром» следующую документацию:

- КД на опытный образец ГПА в электронном виде и в виде учтенных копий;
- заключительный отчет по выполненным работам;
- технический паспорт ГПА;
- отчет о патентных исследованиях;
- патентный формуляр.

6 Эксплуатационные испытания газотурбинных газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях

6.1 Основные положения

6.1.1 Эксплуатационным испытаниям подвергают каждый вводимый в эксплуатацию серийный ГПА или КМЧ для реконструкции (модернизации) в объеме поставки по действующим ТУ.

Положения и методики настоящего раздела могут быть использованы для испытаний ГПА до и после модернизации или ремонта.

6.1.2 Испытания проводят после окончания монтажа и наладки ГПА на месте его эксплуатации и подписания участвующими сторонами акта завершения пусконаладочных работ с заключением о допуске ГПА к эксплуатационным испытаниям согласно приложению Ж.

6.1.3 Для проведения эксплуатационных испытаний и приемки ГПА в промышленную эксплуатацию распоряжением заказчика назначают рабочую комиссию в составе представителей заказчика (председатель комиссии), поставщика и предприятий – изготовителей ГПА.

6.1.4 Рабочая комиссия проводит проверку комплектности вводимого ГПА требованиям ТУ, осуществляет анализ отчетной документации по результатам монтажных и пусконаладочных работ, утверждает график проведения испытаний и дает разрешение на начало испытаний.

6.1.5 Испытания элементов и систем ГПА проводят по программам и методикам, разработанным разработчиком (поставщиком) оборудования и согласованным с заказчиком.

6.1.6 По решению рабочей комиссии объем и содержание программ и методик, по которым проводят испытания, могут корректироваться.

6.1.7 Обслуживание агрегата при подготовке и проведении испытаний проводит персонал эксплуатирующей организации согласно технической документации на ГПА под техническим руководством представителей предприятий-изготовителей (поставщиков).

6.1.8 Организацию испытаний нужно осуществлять таким образом, чтобы на испытательных режимах, отличающихся от текущего эксплуатационного режима, были максимально совмещены различные виды испытаний.

6.1.9 Проведение испытаний оформляют протоколами испытаний, в которых отражают фактические данные проверок, осмотров, контроля, измерений и другие данные, которые должны быть подписаны членами рабочей комиссии и лицами, участвующими в конкретном виде испытаний.

6.1.10 Результаты испытаний считают положительными, если продукция выдержала испытания по всем пунктам программы испытаний.

6.1.11 При отказах и несоответствии параметров требованиям ТУ работу по выявлению, учету и устранению дефектов ГПА проводят в соответствии с требованиями действующей НД.

6.1.12 Обязанности сторон при проведении эксплуатационных испытаний оборудования до момента приемки его в промышленную эксплуатацию определяются заключенными контрактами, а границы эксплуатационной ответственности сторон определяются границами балансовой принадлежности оборудования.

6.1.13 На эксплуатационные испытания предъявляют следующую документацию:

- комплект технической документации на ГПА и его составные части в соответствии с ведомостью эксплуатационной документации;
- акт готовности ГПА и его составных частей к испытаниям;
- акт центровки ЦБК с трубопроводами газовой магистрали;
- акт приемки электротехнического оборудования;
- акт опрессовки газовой обвязки ЦБК;
- акт опрессовки и продувки трубопроводов систем пускового и топливного газа после фильтров ГПА;
- сертификаты на масла, применяемые в маслосистемах ГПА, и данные их анализа на КС;

- акт калибровки измерительных каналов САУ;
- акт готовности общестанционных систем КС;
- акт центровки ЦБК с ГТУ;
- акт приемки системы пожаротушения;
- акт проверки аппаратуры контроля загазованности в отсеках;
- акт проверки чистоты воздушного тракта (всаса);
- акт по результатам прокачек маслосистем ГТУ и ЦБК (по чистоте масла);
- акт проверки чистоты обвязки ЦБК и осмотра защитной решетки;
- акт осушки технологических трубопроводов после гидравлических испытаний;
- рабочие программы и методики отдельных видов эксплуатационных испытаний, разработанных разработчиками (поставщиками) оборудования и согласованным с заказчиком;
- акт и протокол приемосдаточных испытаний двигателя ГТУ на заводском стенде, теплотехнические и экологические характеристики ГТУ;
- акт и протокол приемосдаточных испытаний ЦБК (СПЧ) на заводском стенде, газодинамические характеристики ЦБК (СПЧ);
- акт и протокол приемосдаточных испытаний САУ.

6.2 Цель и объем эксплуатационных испытаний

6.2.1 Цель эксплуатационных испытаний:

- проверка соответствия объема поставки оборудования требованиям ТУ на поставку;
- проверка качества выполнения сборки, монтажных и пусконаладочных работ;
- проверка соответствия параметров ГПА требованиям ТУ, техническим спецификациям, стандартам и технической документации;
- прием ГПА в эксплуатацию.

6.2.2 Объем испытаний

В процессе испытаний проверяют:

- работоспособность систем управления и защиты ГПА;
- надежность систем автоматического пуска и останова ГПА;
- состояние систем и узлов ГПА;
- время выхода ГПА на режим и время выбега ротора ЦБК при останове;
- работа ВОУ: открытие байпасного клапана, подогрев циклового воздуха при включении ПОС;
- надежность системы взрывозащиты и блокировок в условиях эксплуатации;
- безвозвратные потери масла ГПА;
- работоспособность системы уплотнения ЦБК;

- работоспособность системы магнитного подвеса ротора компрессора;
- температурный режим подшипников;
- работоспособность маслоохладителей;
- работоспособность системы пожаротушения;
- вибрационные характеристики ГТУ и ЦБК;
- акустические характеристики ГПА;
- теплотехнические характеристики ГТУ (мощность, эффективный КПД);
- экологические характеристики ГТУ (концентрации оксидов азота и углерода);
- газодинамические характеристики ЦБК (отношение давлений, объемный расход, политропный КПД);
- непрерывная работа ГПА под нагрузкой;
- проверка времени безаварийной остановки ГПА при отключении внешнего электро-снабжения.

Объем испытаний может корректироваться по решению рабочей комиссии по проведению испытаний.

6.3 Программа и методика эксплуатационных испытаний

6.3.1 Подготовку ГПА к испытаниям и его обслуживание во время испытаний проводят согласно ИЭ ГПА, техническому описанию и инструкциям (руководствам) по эксплуатации на составные части ГПА.

6.3.2 Определение параметров ГПА проводят в объеме показаний средств измерений САУ ГПА.

Для определения ряда характеристик ГПА (теплотехнические, газодинамические, экологические, вибрационные и др.) используют дополнительные средства измерения согласно соответствующим НД: ГОСТ 20440, СТО Газпром 2-3.5-038, СТО Газпром РД 1.14-133, СТО Газпром 2-3.5-040, ПР 51-31323949-43-99 [2] и др.

6.3.3 Проводят проверку блокировки и защиты САУ ГПА на неработающем ГПА по эксплуатационной документации предприятия – разработчика САУ.

6.3.4 Фиксируют уровень и температуру масла в маслобаках ГТУ и ЦБК.

Примечание – Для определения безвозвратных потерь масла в процессе испытаний доливки масла в маслобаки не производят.

6.3.5 Проверка функционирования систем ГПА в процессе пусков и остановов.

6.3.5.1 Из состояния «горячий резерв» проводят запуск ГПА, выводят на минимальный режим (работа на «кольцо»), после стабилизации режима проводят нормальный останов ГПА.

6.3.5.2 Проводят осмотр узлов ГПА на предмет целостности, отсутствия течей масла.

6.3.5.3 Проводят пять автоматических пусков ГПА с выходом:

- на номинальный режим – 2 пуска с нормальным и аварийным остановами;
- максимальный режим – 2 пуска с нормальными остановами;
- минимальный режим – 1 пуск с аварийным остановом.

Время работы на каждом режиме не менее 30 мин.

6.3.5.4 При проведении пусков и остановов проводят:

- определение времени запуска ГПА;
- проверку функционирования САУ в соответствии с программой и методикой испытаний САУ на функционирование, разработанной предприятием – разработчиком САУ.

6.3.5.5 Проводят внешний осмотр ГТУ, ЦБК и всех систем ГПА на предмет выявления течи масла, проверку контровки резьбовых соединений, осмотр фильтров смазки и уплотнений, проверку центровки «ГТУ–ЦБК» в соответствии с эксплуатационной документацией.

6.3.6 Теплотехнические испытания ГТУ и газодинамические испытания ЦБК проводят в соответствии с рабочей программой-методикой, разработанной в соответствии с ПР 51-31323949-43-99 [2] и разделом 7.

В процессе испытаний определяют следующие показатели:

- мощность на муфте ГТУ;
- эффективный КПД ГТУ;
- отношение давлений, производительность, политропный КПД, границу помпажных режимов ЦБК.

6.3.7 Экологические испытания ГПА и обработку результатов испытаний проводят по СТО Газпром 2-3.5-038.

Основными компонентами вредных выбросов с продуктами сгорания ГТУ являются оксиды азота NO_x и углерода CO.

6.3.8 Акустические испытания ГПА проводят в случаях:

- отсутствия данных для данной комплектации ГПА;
- аттестации рабочих мест.

Акустические испытания ГПА проводят согласно программе-методике и в соответствии с СТО Газпром 2-3.5-040.

6.3.9 Измерение вибрации на рабочих местах проводят согласно методическим указаниям СТО Газпром РД 1.14-133.

6.3.10 Во время эксплуатационных испытаний ГПА также проверяют:

- вибрацию ГТУ и ЦБК;

- температурный режим подшипников;
- работоспособность системы уплотнений ЦБК – в соответствии с ИЭ;
- работу ВОУ – в соответствии с ИЭ и по значению перепада давления тракта всаса по штатным средствам измерений, разряжение открытия байпасного клапана;
- работоспособность ПОС – по изменению температуры воздуха на входе в ГТУ при включенной и отключенной ПОС;
- работу маслоохладителей – по температуре масла на входе и выходе маслоохладителей;
- работу систем обогрева и вентиляции – по температуре воздуха в отсеках ГПА и под кожухом ГТУ и по параметрам перепада давления воздуха между атмосферой и зоной воздухообдува двигателя и трансмиссии;
- величину безвозвратных потерь масла определяют по разнице уровней масла в маслобаках, зафиксированных до и после испытаний, и отнесенной ко времени работы ГПА (в маш.ч);
- работоспособность системы магнитных подшипников (если имеется) – в соответствии с ИЭ;
- работоспособность системы промывки осевого компрессора – в соответствии с ИЭ.

6.3.11 Значения параметров, измеренные приборами, контролируемые САУ ГПА, не должны выходить за пределы диапазонов предупредительной сигнализации («уставок»).

6.3.12 По результатам проведенных испытаний подготавливают таблицу соответствия основных параметров газотурбинного ГПА требованиям ТУ (технических спецификаций) на поставку согласно приложению И.

6.4 Оформление документации

В процессе испытаний оформляют следующую документацию:

- суточную ведомость работы ГПА (распечатка с пульта оператора значений контролируемых параметров по времени);
- оперативный журнал сменного инженера (в журнале фиксируют дату и время пуска и останова агрегата, причины останова, выявленные дефекты в работе систем ГПА и стационарных систем, задействованных на работу с ГПА, время простоя, а также время наработки ГПА с начала испытаний);
- акты на аварийную остановку ГПА (при наличии аварийных остановов);
- формуляр (паспорт) ГПА, формуляры (паспорта) на другие составные части ГПА (комплектующие), если это предусмотрено правилами ведения формуляра (паспорта);
- протоколы проверок систем ГПА в соответствии с 6.3;

- протокол эксплуатационных испытаний ГПА, составляемый комиссией по испытаниям, приведенный в приложении К.

По результатам испытаний комиссия составляет акт приемки ГПА в промышленную эксплуатацию, приведенный в приложении Л.

К акту прикладывают протоколы испытаний и суточные ведомости работы ГПА за период испытаний.

Экземпляр акта должен быть подшит в формуляр (паспорт) ГПА как приложение и храниться до окончания эксплуатации ГПА.

7 Методика теплотехнических и газодинамических испытаний газотурбинных газоперекачивающих агрегатов

7.1 Основные положения

7.1.1 Цель испытаний – оценка соответствия теплотехнических и газодинамических характеристик серийных газотурбинных ГПА требованиям ТУ на поставку при сдаче ГПА в эксплуатацию.

7.1.2 Задачи испытаний – определение показателей:

- мощности на муфте ГТУ;
- эффективного КПД ГТУ;
- отношения давлений ЦБК;
- политропного КПД ЦБК;
- объемной производительности ЦБК;
- границы помпажных режимов ЦБК.

7.2 Порядок проведения испытаний

7.2.1 Подготовку к пуску, эксплуатации и техническому обслуживанию ГПА в процессе испытаний производят работники КЦ в соответствии с ИЭ ГПА и правилами технической эксплуатации КЦ с газотурбинным приводом.

7.2.2 Испытания проводят на установившихся режимах работы ГПА.

Критерием тепловой стабилизации ГТУ является изменение температуры рабочей среды по тракту ГТУ, которое не должно превышать 5 °С в течение 30 мин.

7.2.3 Испытания проводят при отключенной ПОС (за исключением специальных исследований по определению эффективности ПОС) и без отбора воздуха после осевого компрессора на собственные нужды КЦ.

Перед испытаниями ГПА должна быть проведена промывка осевого компрессора ГТУ.

7.2.4 На каждом режиме отсчеты показаний измерительных приборов проводят не менее двух раз с интервалом 10–15 мин в течение не более 30 мин.

7.2.5 Испытания проводят на нескольких режимах (не менее трех) в диапазоне нагрузок от 50 % номинальной мощности ГПА до максимально допустимой.

Установление режимов производят как переходом с меньшей нагрузки на большую, так и наоборот.

Принципиальная схема измерений приведена в приложении М, перечень измерений и погрешностей измерительных приборов приведен в приложении Н.

При обеспечении требуемых погрешностей измерений, приведенных в приложении Н, среднеквадратическая относительная погрешность определения показателей ГПА составляет:

мощность ГПА $\pm 3 \% \dots 5 \%$;
эффективный КПД $\pm 3 \%$ (отн.);
политропный КПД $\pm 1,5 \% \dots 2,0 \%$.

7.2.6 Стандартное сужающее устройство для измерения топливного газа должно быть проверено в соответствии с ГОСТ 8.586.1–ГОСТ 8.586.5.

7.2.7 Измерительные приборы должны быть подвергнуты тарировке непосредственно до и после испытаний.

Проверку средств измерений, входящих в состав расходомерных узлов технологического и топливного газа, производят по существующей НД на методы и средства проверки расходомерных узлов.

7.2.8 Единицы и соотношения некоторых физических величин приведены в приложении П.

7.3 Расчет показателей газотурбинной установки

7.3.1 Мощность на муфте ГТУ N_e определяют одним из следующих способов:

7.3.1.1 По мощности приводимого ЦБК N_i , кВт, по формуле

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_M}, \quad (1)$$

где N_i – внутренняя мощность ЦБК, определяемая в соответствии с 7.4, кВт;

η_M – механический КПД ЦБК.

Механический КПД учитывает потери энергии в подшипниках, насосах и других устройствах.

Для газотурбинных ГПА механические потери составляют $\eta_M = 0,980 \pm 0,995$ и принимают их по данным технической документации.

7.3.1.2 По крутящему моменту, измеренному ИКМ, и измеренной частоте вращения СТ.

Примечание – В случае выбора вариантов данный метод предпочтителен, его преимущества:

- точность ($0,5 \pm 1,5$ %) определения мощности;
- надежность полученных результатов, минимальная подготовка к испытаниям.

Расчет мощности методом прямого измерения крутящего момента проводят согласно технической документации ИКМ.

7.3.1.3 По характеристикам привода, если они были ранее получены при приемосдаточных испытаниях на стендах завода-изготовителя и не требуют проверки.

Примечание – Допускают использование других методов определения мощности ГТУ. При этом погрешность определения мощности не должна превышать 5 %.

7.3.2 КПД ГТУ η_e вычисляют по формуле

$$\eta_e = \frac{N_e}{G_{\text{ТГ}} \cdot (Q_m + i_{\text{ТГ}})}, \quad (2)$$

где $G_{\text{ТГ}}$ – расход топливного газа, кг/с;

Q_m – массовая низшая теплота сгорания, кДж/кг;

$i_{\text{ТГ}}$ – удельная энтальпия топливного газа, кДж/кг, вычисляемая по формуле

$$i_{\text{ТГ}} = 2,3 \cdot (T_{\text{ТГ}} - 273,15), \quad (3)$$

где 2,3 – средняя удельная теплоемкость топливного газа;

$T_{\text{ТГ}}$ – температура топливного газа, К.

В диапазоне температур топливного газа от 5 °С до 25 °С поправкой $i_{\text{ТГ}}$ можно пренебречь.

Расход топливного газа $G_{\text{ТГ}}$ определяют по измеренным параметрам на агрегатном замерном узле по действующей НД.

Низшую теплоту сгорания определяют по компонентному составу топливного газа и значений величин теплоты сгорания компонентов в соответствии с ПР 51-31323949-43-99 [2] или принимают по диспетчерским данным.

7.3.3 Результаты испытаний ГТУ, выполненных по кинематической схеме со свободной СТ, представляют в приведенной форме в соответствии с ГОСТ 20440. Приведенные параметры вычисляют по формулам:

- приведенная мощность $N_{e_{\text{пр}}}$, кВт,

$$N_{e_{\text{пр}}} = N_e \cdot \frac{P_{a_0}}{P_a} \cdot \sqrt{\frac{T_{3_0}}{T_3}} \quad (4)$$

где P_{a_0} – стандартное барометрическое давление, МПа;

P_a – атмосферное давление, МПа;

T_{30} – стандартная температура воздуха, К;

T_3 – температура воздуха на входе в двигатель, К;

- приведенный КПД $\eta_{\text{епр}}$

$$\eta_{\text{епр}} = \eta_e; \quad (5)$$

- приведенный расход топливного газа $G_{\text{ггпр}}$, кг/с,

$$G_{\text{ггпр}} = G_{\text{гг}} \cdot \frac{P_{a_0}}{P_a} \cdot \sqrt{\frac{T_{30}}{T_3}} \cdot \frac{Q_M}{Q_{M_0}}, \quad (6)$$

где Q_{M_0} – номинальная массовая низшая теплота сгорания, кДж/кг;

- приведенная частота вращения роторов $n_{\text{пр}}$, об/мин,

$$n_{\text{пр}} = n \cdot \sqrt{\frac{T_{30}}{T_3}}; \quad (7)$$

- приведенные абсолютные температуры по тракту ГТУ $T_{\text{пр}}$, К,

$$T_{\text{пр}} = T \cdot \frac{T_{30}}{T_3}, \quad (8)$$

где T – абсолютная температура, К;

- приведенное отношение давлений в осевом компрессоре ГТУ $\varepsilon_{\text{кпр}}$

$$\varepsilon_{\text{кпр}} = \varepsilon_k, \quad (9)$$

где ε_k – отношение давлений в осевом компрессоре.

7.4 Расчет показателей газового компрессора

7.4.1 Показатели и характеристики ЦБК определяют по статическим параметрам перекачиваемого газа (давлению и температуре), измеренным в сечениях входного и выходного фланцев (патрубков).

7.4.2 По результатам измерений определяют следующие параметры:

7.4.2.1 Отношение давлений в ЦБК $\varepsilon_{\text{н}}$ по формуле

$$\varepsilon_{\text{н}} = \frac{P_{2\text{н}}}{P_{1\text{н}}}, \quad (10)$$

где $P_{2\text{н}}$, $P_{1\text{н}}$ – абсолютное давление газа соответственно на выходе и входе ЦБК, МПа.

7.4.2.2 Политропный КПД ЦБК $\eta_{\text{п}}$ по формуле

$$\eta_{\text{п}} = \frac{H_{\text{п}}}{H_{\text{і}}}, \quad (11)$$

где $H_{\text{п}}$ – политропный напор (удельная политропная работа);

$H_{\text{і}}$ – полный напор (внутренняя удельная работа).

7.4.2.3 Внутренняя мощность ЦБК N_i , кВт, по формуле

$$N_i = H_i \cdot G_{1H}, \quad (12)$$

где G_{1H} – массовый расход ЦБК, кг/с.

7.4.2.4 Политропный напор H_{Π} , кДж/кг, по формуле

$$H_{\Pi} = \frac{Z_{\text{cp}} \cdot R \cdot T_{1H}}{m_T} \cdot [(\varepsilon_H)^{m_T} - 1] \cdot \xi, \quad (13)$$

где Z_{cp} – средний коэффициент сжимаемости газа, вычисляют по формуле

$$Z_{\text{cp}} = \frac{Z_{1H} + Z_{2H}}{2}, \quad (14)$$

R – газовая постоянная, кДж/кг;

ξ – корректирующий коэффициент, принимают равным 1,0 при $\varepsilon_H \leq 4,0$; при $\varepsilon_H > 4,0$, определяют в соответствии с ISO 5389:2005 [6];

m_T – температурный показатель политропы, вычисляют по формуле

$$m_T = \lg\left(\frac{T_{2H}}{T_{1H}}\right) \cdot \left[\lg\left(\frac{P_{2H}}{P_{1H}}\right) \right]^{-1}, \quad (15)$$

где T_{2H} , T_{1H} – температуры газа соответственно на выходе и входе в ЦБК, К.

7.4.2.5 Полный напор H_i , кДж/кг, по формуле

$$H_i = i_{2H} - i_{1H}, \quad (16)$$

где i_{2H} , i_{1H} – энтальпия газа при параметрах выхода и входа в ЦБК соответственно, кДж/кг.

7.4.2.6 Термодинамические свойства газов и показатели ЦБК определяют:

- диапазоны параметров:

$\text{CH}_4 > 90 \%$; $273 \text{ K} < T < 373 \text{ K}$; $P < 8,45 \text{ МПа}$	по Р.1 (приложение Р)
$\text{CH}_4 > 85 \%$; $260 \text{ K} < T < 400 \text{ K}$; $P < 15,00 \text{ МПа}$	по ПР 51-31323949-43-99 [2]
$\text{CH}_4 > 85 \%$; $260 \text{ K} < T < 500 \text{ K}$; $P < 25,00 \text{ МПа}$	по Р.2 (приложение Р), ISO 5389:2005 [6]

По согласованию сторон (участников испытаний) допускают применение других источников термодинамических свойств природных газов.

7.4.2.7 Объемный расход газа на входе в ЦБК Q_{1H} , м³/мин, по формуле

$$Q_{1H} = \frac{60 \cdot G_{1H}}{\rho_{1H}}, \quad (17)$$

где ρ_{1H} – плотность газа на входе в ЦБК, кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho_{1H} = \frac{P_{1H} \cdot 10^3}{Z_{1H} \cdot R \cdot T_{1H}}. \quad (18)$$

7.4.3 Массовый расход компримируемого газа G_{1H} , кг/с, определяют по одному из следующих способов:

7.4.3.1 По измеренному перепаду давлений газа на входном сужающем устройстве (конфузоре) ЦБК по формуле

$$G_{1H} = \frac{A \cdot \sqrt{\Delta P_k \cdot \rho_{1H}}}{60}, \quad (19)$$

где A – размерный коэффициент расхода, м^{2,5}/мин;

ΔP_k – разность (перепад) давлений на входном конфузоре, кПа;

ρ_{1H} – плотность газа на входе в ЦБК, кг/м³.

Коэффициент расхода A принимают по результатам приемочных испытаний ЦБК или определяют по результатам индивидуальной тарировки конфузора.

7.4.3.2 По расходу газа через КЦ, измеренному на газоизмерительных станциях.

При этом необходимо обеспечить работу в КЦ одного (испытываемого) ГПА.

7.4.3.3 По измеренной мощности привода, если имеется возможность надежного измерения мощности ГПА, например вариант прямого измерения крутящего момента на муфте ЦБК, по формуле

$$G_{1H} = \frac{N_e \cdot \eta_M}{H_1}. \quad (20)$$

7.4.3.4 С помощью расходомеров ультразвукового типа, типа «аннубар» – в соответствии с методикой определения расхода согласно технической документации на устройства.

7.4.4 При обработке результатов испытаний используют приведенные показатели по ПР 51-31323949-43-99 [2]. Минимальный по составу и форме представления объем показателей:

- приведенный объемный расход на входе в ЦБК Q_{H1np} , кг/с, вычисляют по формуле

$$Q_{H1np} = Q_{1H} \cdot \frac{n_0}{n_H}, \quad (21)$$

где n_0 – номинальная частота вращения ЦБК, об/мин;

n_H – частота вращения ЦБК, об/мин;

- приведенное отношение давлений ε_{H1np} , вычисляют по формуле

$$\varepsilon_{H1np} = 1 + \frac{Z_{1H} \cdot R \cdot T_{1H}}{(Z_{1H_0} \cdot R_0 \cdot T_{1H_0})} \cdot (\varepsilon_H - 1) \cdot \left(\frac{n_0}{n} \right)^2, \quad (22)$$

где $Z_{1H_0} \cdot R_0 \cdot T_{1H_0}$ – расчетные величины параметров, принимают по паспортным газодинамическим характеристикам ЦБК;

- политропный КПД $\eta_{пг}$.

Примечание – Формулу (22) применяют при $n_0/n = 0,95 - 1,05$ и $\varepsilon_H < 1,7$; в других диапазонах – по ПР 51-31323949-43-99 [2].

7.5 Оценка соответствия параметров газоперекачивающих агрегатов требованиям технических условий

7.5.1 По результатам испытаний рассчитывают теплотехнические и газодинамические параметры $N_{e_{пр}}$, η_e , $\varepsilon_{пр}$, $\varepsilon_{нпр}$, $\eta_{пол}$, $Q_{I_{нпр}}$.

Форма и пример расчета параметров приведены в приложении С.

7.5.2 По результатам испытаний ГТУ строят следующие теплотехнические характеристики привода в зависимости от приведенной мощности:

- приведенная температура продуктов сгорания в точке ее штатного измерения;
- приведенные обороты компрессора газогенератора, ограничивающего мощность ГТУ;
- приведенный расход топливного газа;
- эффективный КПД.

При необходимости проводят экстраполяцию графиков до номинального значения мощности.

Примечание – Зависимость приведенного расхода топливного газа от приведенной мощности, как правило, представляет собой линейную зависимость.

7.5.2.1 Определяют (из ИЭ, ТУ, уставок САУ) параметр, ограничивающий величину эксплуатационной загрузки (мощности) ГПА. Как правило, это температура продуктов сгорания привода в точке ее штатного измерения и (или) частота вращения газогенератора.

7.5.2.2 По полученным приведенным характеристикам по каждому из ограничивающих параметров определяют значение приведенной мощности:

- наименьшую ее величину принимают за фактическую номинальную мощность;
- если фактическая мощность не менее указанной в ТУ, то по приведенной характеристике «мощность–КПД» определяют значение КПД ГТУ при номинальной мощности и сравнивают с номинальным значением КПД из ТУ;
- если фактическая мощность меньше, чем в ТУ, то по приведенной характеристике «мощность–КПД» определяют значение КПД при этой фактической мощности и сравнивают с номинальным значением КПД из ТУ.

7.5.3 На основании результатов испытаний ЦБК строят следующие газодинамические характеристики в зависимости от приведенного объемного расхода на входе в ЦБК:

- приведенное отношение давлений;
- политропный КПД.

Полученные параметры сравнивают с данными ТУ в точке с номинальным расходом и отношением давлений.

Если предусмотрено программой – методикой испытаний, могут быть сертифицированы несколько точек на характеристике ЦБК.

Границы помпажных режимов определяют по специальной частной методике.

7.5.4 По результатам испытаний подготавливают таблицу соответствия теплотехнических и газодинамических параметров НД по форме, приведенной в приложении Т.

Примечание – Пример расчета основных параметров газотурбинных ГПА и оценки их соответствия требованиям ТУ по результатам эксплуатационных испытаний приведен в приложении С.

8 Эксплуатационные испытания установок охлаждения газа

8.1 Основные положения

8.1.1 Эксплуатационным испытаниям подлежат вводимые в эксплуатацию АВОГ в составе цеховой или агрегатной УОГ после его сжатия.

Положения настоящего раздела могут быть использованы при вводе в эксплуатацию АВОГ (УОГ), прошедших ремонт, модернизацию или замену оборудования.

8.1.2 Испытания проводят после окончания монтажа и наладки АВОГ на месте его эксплуатации и подготовки акта готовности УОГ к эксплуатационным испытаниям, приведенного в приложении Ж.

8.1.3 Для проведения испытаний и ввода АВОГ в эксплуатацию участвующие стороны создают рабочую комиссию в составе представителей заказчика и предприятия – изготовителя АВОГ под председательством заказчика, назначаемую приказом эксплуатирующей организации.

Для агрегатной УОГ следует совмещать процедуры эксплуатационных испытаний ГПА и УОГ.

8.1.4 Обязанности сторон при проведении эксплуатационных испытаний УОГ до момента ее приемки в промышленную эксплуатацию определяются заключенными договорами, а границы эксплуатационной ответственности сторон определяются границами балансовой принадлежности эксплуатируемого оборудования.

8.1.5 Рабочая комиссия проводит проверку комплектности и соответствия вводимого АВОГ требованиям ТУ, осуществляет анализ отчетной документации по результатам монтажных и пусконаладочных работ, утверждает график проведения испытаний и дает разрешение на начало испытаний.

8.1.6 Испытания элементов и систем АВОГ проводят по рабочей программе, разработанной в соответствии с программой–методикой, приведенной в 8.3.

8.1.7 Обслуживание аппаратов при подготовке и проведении испытаний производят работники эксплуатирующей организации согласно ИЭ УОГ.

8.1.8 Проведение испытаний оформляют протоколами испытаний, в которых отражают фактические данные проверок, осмотров, измерений и другие данные.

8.1.9 Результаты испытаний считают положительными, если продукция выдержала испытания в соответствии с рабочей программой испытаний.

8.1.10 При отказах и несоответствии параметров требованиям ТЗ, ТУ или соответствующей НД работу по выявлению, учету и устранению дефектов проводят в соответствии с требованиями НД.

8.1.11 На эксплуатационные испытания представляют следующую документацию:

- комплект технической документации на АВОГ и его составные части в соответствии с ведомостью эксплуатационной документации;
- акт готовности аппаратов и их составных частей к испытаниям;
- акт измерения электрического сопротивления заземляющих устройств;
- результаты опрессовки газовой обвязки и аппаратов;
- акт метрологической аттестации измерительных каналов САУ (при наличии САУ);
- результаты очистки (продувки или промывки) воздушного тракта;
- акт проверки работоспособности жалюзи (для АВОГ с рециркуляцией);
- акт и протокол приемосдаточных испытаний теплообменной секции на заводском стенде;
- акт и протокол приемосдаточных испытаний вентилятора на заводском стенде;
- акт и протокол приемосдаточных испытаний САУ (при наличии САУ).

8.2 Цель и объем эксплуатационных испытаний

8.2.1 Цель эксплуатационных испытаний:

- проверка соответствия объема поставки оборудования требованиям ТУ на поставку;
- проверка качества выполнения сборки, монтажных и пусконаладочных работ;
- проверка соответствия параметров аппаратов (установки) требованиям ТУ, техническим спецификациям, стандартам и НД;
- прием установки (аппаратов) в эксплуатацию.

8.2.2 В процессе испытаний проверяют:

- работоспособность АВОГ;
- надежность системы включения и выключения аппаратов;
- состояние систем и узлов аппаратов, включая отсутствие утечек газа;
- вибрационные характеристики АВОГ и вентиляторов;
- акустические характеристики установки (в порядке процедуры аттестации рабочих мест);

- теплотехнические характеристики АВОГ;
- гидравлические характеристики (гидравлическое сопротивление);
- мощностные характеристики (потребляемая электрическая мощность).

Объем испытаний можно корректировать по решению рабочей комиссии по проведению испытаний.

8.3 Программа и методика эксплуатационных испытаний

8.3.1 Испытания УОГ проводят в соответствии с реализуемой на КС технологической схемой процесса охлаждения газа. Принципиальная технологическая схема УОГ приведена в приложении У.

8.3.2 Испытания проводят на установившихся режимах работы УОГ. Критерием тепловой стабилизации является изменение температуры газа за УОГ не более $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 30 мин.

8.3.3 Измерительная аппаратура должна удовлетворять требованиям ГОСТ Р 8. 563. Измерительные приборы должны быть подвергнуты тарировке до и после испытаний. Принципиальная схема измерений приведена в приложении Ф, перечень измерений и погрешностей измерительных приборов – в приложении Х.

8.3.4 На каждом режиме расход газа, температура газа на входе в УОГ, температура окружающей среды и температура газа на выходе из УОГ, потребляемая мощность и гидравлическое сопротивление должны быть определены по результатам не менее двух измерений с интервалом 10–15 мин.

Примечание – Единицы и соотношения некоторых физических величин приведены в приложении П.

8.3.5 Для определения ряда характеристик АВОГ (теплотехнические, вибрационные и др.) могут быть использованы дополнительные средства измерения согласно соответствующим НД.

8.3.6 До проведения пусков проводят внешний осмотр АВОГ, вентилятора и всех систем АВОГ на предмет выявления утечки газа, проверки уплотнений в соответствии с эксплуатационной документацией.

8.3.7 В процессе теплотехнических испытаний УОГ определяют следующие показатели:

- степень охлаждения – μ ;
- потерю давления (гидравлическое сопротивление) – ΔP ;
- потребляемую мощность – N .

Предприятием-изготовителем (поставщиком) должны быть представлены паспортные теплотехнические характеристики в форме зависимостей, полученных для данного типоразмера АВОГ при всех включенных вентиляторах, работающих при максимальном угле установки лопастей колес на номинальной частоте вращения.

8.3.7.1 Расход газа через УОГ определяют:

- по данным газоизмерительной станции (если имеется);
- по сумме расходов газа работающих ЦБК (по измеренному перепаду давлений на входном сужающем устройстве – конфузоре).

Примечание – Допускают определение расхода газа:

- по данным диспетчерского баланса расходов технологического газа;
- по методикам с использованием газодинамических характеристик ЦБК.

8.3.7.2 Массовый расход газа через УОГ $G_{\text{уог}}$, кг/с, вычисляют по формуле

$$G_{\text{уог}} = 4,0 \frac{q_k}{R}, \quad (23)$$

где q_k – коммерческая производительность, млн м³/сут.

8.3.7.3 Массовый расход газа через один АВОГ G , кг/с, вычисляют по формуле

$$G = \frac{G_{\text{уог}}}{n_{\text{авог}}}, \quad (24)$$

где $n_{\text{авог}}$ – общее число включенных АВОГ, шт.

8.3.7.4 Расчетную температуру газа на выходе из АВОГ t_{2p} , °С, определяют:

- по режимным характеристикам, представленным в технической документации поставщика;
- при наличии только параметров номинального режима по формуле

$$t_{2p} = t_a + (t_1 - t_a) \cdot \exp\left(-\frac{k}{G}\right), \quad (25)$$

где t_a – измеренная температура воздуха на входе в АВОГ, °С;

t_1 – измеренная температура газа на входе в АВОГ, °С;

k – размерный коэффициент, кг/с, вычисляют по формуле

$$k = G_0 \cdot \ln\left(\frac{t_{1_0} - t_{a_0}}{t_{2_0} - t_{a_0}}\right), \quad (26)$$

где G_0 – массовый расход газа через АВОГ на номинальном режиме, кг/с.

t_{1_0} , t_{a_0} , t_{2_0} – температуры газа и воздуха на входе и газа на выходе АВОГ на номинальном режиме, соответственно, °С.

8.3.7.5 Нормативную (паспортную) степень охлаждения газа в УОГ $\mu_{\text{уог}_p}$ вычисляют по формуле

$$\mu_{\text{уог}_p} = \frac{t_1 - t_{2p}}{t_1 - t_a}. \quad (27)$$

8.3.7.6 Фактическую степень охлаждения газа в УОГ $\mu_{\text{уог}}$ вычисляют по формуле

$$\mu_{\text{уог}} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_a}. \quad (28)$$

8.3.7.7 Расчетную величину мощности АВОГ N_p , кВт, вычисляют по формуле

$$N_p = \frac{N_0}{\eta_{\text{эд}}} \cdot \left(\frac{P_a}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_a} \right), \quad (29)$$

где N_0 – номинальная мощность АВОГ в соответствии с технической документацией, кВт;
 $\eta_{\text{эд}}$ – КПД электродвигателя (паспортные данные);
 P_0 и T_0 – стандартные условия для вентиляторов ($P_0 = 0,1013$ МПа, $T_0 = 293,15$ К) в соответствии с ГОСТ 10921.

8.3.7.8 Расчетную величину мощности УОГ $N_{\text{уог}_p}$, кВт, вычисляют по формуле

$$N_{\text{уог}_p} = N_p \cdot n_{\text{авог}}. \quad (30)$$

8.3.7.9 Фактическую величину мощности УОГ $N_{\text{уог}}$, кВт, вычисляют по результатам измерений.

Примечание – Допускают как измерение мощности каждого работающего вентилятора, так и определение расхода электроэнергии по показаниям счетчика электроэнергии для группы вентиляторов.

8.3.7.10 Тепловую нагрузку на УОГ $Q_{\text{уог}}$, кВт, вычисляют по разности температур $\Delta t_{\text{ф}}$ и расходу газа

$$Q_{\text{уог}} = G_{\text{уог}} \cdot C_p \cdot (t_1 - t_2), \quad (31)$$

где C_p – удельная теплоемкость газа, определяют для среднеарифметических температур и давлений газа по приложению Р или ПР 51-31323949-43-99 [2], кДж / (кг·К).

Примечание – Допускают определение C_p по другим данным, согласованным участниками испытаний.

8.3.7.11 Расчетную величину гидравлического сопротивления УОГ $\Delta P_{\text{уог}_p}$, кПа, вычисляют по формуле

$$\Delta P_{\text{уог}_p} = \Delta P_0 \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right) \cdot \left(\frac{G}{G_0} \right)^2, \quad (32)$$

где ΔP_0 – потери давления в АВОГ на номинальном режиме, кПа;

ρ_0 и ρ – соответственно плотность газа при номинальных условиях и условиях измерений, кг/м³;

G и G_0 – массовый расход газа через АВОГ на рабочем и номинальном режиме, кг /с;

ΔP_0 и G_0 – определяют по технической документации данного типоразмера АВОГ.

8.3.7.12 Плотность газа в АВОГ ρ , кг/м³, вычисляют для средних параметров по формуле

$$\rho = \frac{P_{\text{cp}} \cdot 10^3}{Z_{\text{cp}} \cdot R \cdot T_{\text{cp}}}, \quad (33)$$

где P_{cp} – среднее давление газа по входу и выходу УОГ (АВОГ), МПа, вычисляют по формуле

$$P_{\text{cp}} = \frac{P_1 + P_2}{2}, \quad (34)$$

$$P_2 = P_1 - \Delta P \cdot 10^{-3}, \quad (35)$$

Z_{cp} – средний коэффициент сжимаемости газа по входу и выходу УОГ (АВОГ), вычисляют по формуле

$$Z_{\text{cp}} = \frac{Z_1 + Z_2}{2}, \quad (36)$$

T_{cp} – средняя температура газа по входу и выходу УОГ (АВОГ), К, вычисляют по формуле

$$T_{\text{cp}} = \frac{T_1 + T_2}{2}. \quad (37)$$

Примечание – Допускают определение приведенных выше параметров по упрощенным зависимостям, приведенным в приложении Р.

8.3.7.13 Фактическую величину гидравлического сопротивления УОГ $\Delta P_{\text{уог}}$, кПа, вычисляют по результатам измерений.

8.3.7.14 Результат эксплуатационных испытаний считают положительным, если численные значения показателей отличаются от нормативных паспортных величин, приведенных к условиям испытаний не более чем на 10 %.

8.3.8 Акустические испытания аппарата проводят в случаях:

- отсутствия данных для данной комплектации АВОГ;
- аттестации рабочих мест.

Акустические испытания аппарата проводят согласно СТО Газпром 2-3.5-040.

8.3.9 Измерение вибрации на рабочих местах проводят согласно СТО Газпром РД 1.14-133.

8.3.10 Во время эксплуатационных испытаний АВОГ проверяют:

- работоспособность системы продувки и промывки аппарата – в соответствии с ИЭ;
- работоспособность тележки для монтажа вентиляторов – в соответствии с ИЭ (при наличии последней).

Примечание – Пример расчета основных показателей УОГ по результатам испытаний и оценки их соответствия требованиям НД приведен в приложении Ц.

8.4 Оформление документации

В процессе испытаний оформляют следующую документацию:

- ведомость работы (распечатка с пульта оператора значений контролируемых параметров по времени);
 - оперативный журнал сменного инженера (в журнале фиксируют дату и время пуска и останова аппарата, причины останова, выявленные дефекты в работе АВОГ и станционных систем, задействованных на работу с АВОГ, время наработки вентиляторов АВОГ с начала испытаний);
 - формуляр (паспорт) АВОГ, формуляры (паспорта) на другие составные части аппарата (комплектующие), если это предусмотрено правилами ведения формуляра (паспорта);
 - протоколы проверок систем АВОГ;
 - протокол эксплуатационных испытаний АВОГ, составляемый комиссией по испытаниям, приведенный в приложении К;
 - акт приемки АВОГ в промышленную эксплуатацию, приведенный в приложении Л.
- Экземпляры акта направляют заказчику и изготовителю АВОГ.

СТО Газпром 2-3.5-253-2008

- фактические показатели безопасности, санитарно-гигиенические показатели (шум, вибрация, предельные температуры, время и др.)

- соответствие комплектности опытных образцов требованиям конструкции:

Рекомендации по доработке конструкторской документации:

Выявленные недостатки продукции:

перечень недостатков

Комиссия считает, что опытный образец продукции выполнен в соответствии с требованиями ТЗ и конструкторской документации, работоспособен и может быть допущен к приемочным испытаниям после устранения выявленных недостатков.

Приложения (при необходимости).

Председатель комиссии

(разработчик)

подпись, инициалы, фамилия

Члены комиссии

подпись, инициалы, фамилия

подпись, инициалы, фамилия

Приложение Б
(рекомендуемое)

Форма уведомления о готовности продукции к приемочным испытаниям

Реквизиты изготовителя _____

**УВЕДОМЛЕНИЕ О ГОТОВНОСТИ ПРОДУКЦИИ
К ПРИЕМОЧНЫМ ИСПЫТАНИЯМ**

_____ готов представить
наименование изготовителя
_____ на приемочные испытания.
наименование и условное обозначение продукции

Продукция прошла предварительные испытания в соответствии с программой и методикой, утвержденной _____
дата и кем

Все рекомендации комиссии по доработке продукции выполнены.

Руководитель изготовителя _____
подпись, инициалы, фамилия

Начальник ОТК _____
подпись, инициалы, фамилия

Представители разработчика _____
подпись, инициалы, фамилия

Приложение В
(рекомендуемое)

Форма акта выбора места проведения приемочных испытаний опытного образца

СОГЛАСОВАНО

Руководитель и наименование
организации (предприятия), на котором
предусматривается проведение
приемочных испытаний

подпись, инициалы, фамилия

дата

УТВЕРЖДЕНО

Руководитель и наименование
организации-заказчика
(функциональный заказчик)

подпись, инициалы, фамилия

дата

АКТ

выбора места проведения приемочных испытаний опытного образца

наименование и условное обозначение продукции

место составления акта

дата

Приемочные испытания опытного образца _____

наименование продукции

предлагается провести _____

наименование места проведения испытаний

Условия проведения приемочных испытаний полностью соответствуют требованиям
ТЗ, программы и методики приемочных испытаний.

Планируемый срок поставки опытного образца на место испытаний _____

Начало испытаний _____
дата

От разработчика _____
организация, должность, подпись, инициалы, фамилия

От основного потребителя _____
организация, должность, подпись, инициалы, фамилия

Приложение Г
(рекомендуемое)

**Типовой перечень программ и методик приемочных испытаний
опытного образца газоперекачивающего агрегата**

- 1 Программа и методика предварительных испытаний ГПА
- 2 Программа и методика приемочных испытаний ГПА
- 3 Программа и методика испытаний ЦБК
- 4 Программа и методика испытаний ЦБК в составе ГПА
- 5 Программа и методика проведения испытаний по проверке мощности и эффективного КПД ГТД в составе ГПА
- 6 Программа и методика проверки САУ и защитных устройств в составе ГПА
- 7 Методика определения расхода масла
- 8 Методика определения тепловых выделений в окружающую среду
- 9 Методика проведения испытаний по определению вредных выбросов в окружающую среду с продуктами сгорания ГПА
- 10 Определение надежности пуска и пускового процесса двигателя ГТД в составе ГПА
- 11 Программа проведения санитарно-гигиенических исследований
- 12 Программа и методика проверки вибрационных характеристик двигателя и ЦБК в составе ГПА
- 13 Программа и методика определения эффективности работы АВОМ ГТД и ЦБК
- 14 Программа и методика определения времени разогрева масла в маслобаках ГТД и ЦБК в зависимости от температуры окружающей среды (до +30 °С)
- 15 Программа и методика испытания КВОУ в составе ГПА
- 16 Программа и методика определения гидравлических потерь во всасывающем тракте ГТУ
- 17 Программа и методика определения гидравлических потерь в выхлопном тракте ГТУ
- 18 Программа и методика определения уровня шума на маршруте обслуживания ГПА
- 19 Программа и методика определения вибрационного состояния технологических трубопроводов ЦБК
- 20 Программа и методика проверки эффективности работы ПОС
- 21 Программа и методика проверки срабатывания байпасного клапана КВОУ

22 Программа и методика проверки безаварийного останова ГПА при отключении внешнего электропитания

23 Программа и методика проверки эффективности автоматической системы пожарной сигнализации, контроля загазованности и пожаротушения

24 Методика определения и оценки параметров системы вентиляции и обогрева отсеков ГПА в условиях эксплуатации

25 Методика определения удобства технического обслуживания ГПА

26 Программа и методика определения времени запуска ГПА с выходом на «холостой ход»

27 Программа и методика определения влияния отбора технологического воздуха из-за компрессора ГТД на мощность ГПА

28 Программа и методика проверки стабильности центровки системы «ГТД – ЦБК» в процессе эксплуатации

29 Программа и методика проверки электробезопасности ГПА

30 Программа и методика испытаний системы магнитного подвеса ротора ЦБК

31 Программа и методика испытания газодинамических уплотнений газа ЦБК

32 Программа и методика испытания УТО

33 Программа и методика определения эффективности системы промывки (очистки) осевого компрессора

Приложение Д
(рекомендуемое)

**Таблица соответствия основных характеристик опытного
образца газоперекачивающего агрегата требованиям
нормативной документации**

Таблица Д.1 – Соответствие основных характеристик опытного образца ГПА требованиям НД

Наименование параметра	Краткое содержание требований ТУ (ТЗ)	Полученные данные	Оценка соответствия (документ)
Номинальная мощность в стационарных условиях, МВт			
Максимальная мощность в стационарных условиях, МВт			
Эффективный КПД на муфте ГТУ на номинальном режиме в стационарных условиях, %			
Номинальная частота вращения ротора СТ, об/мин			
Диапазон изменения частоты вращения ротора СТ, %			
Температура продуктов сгорания в точке ее штатного измерения, °С			
Частота вращения ротора (роторов) газогенератора, ограничивающая загрузку агрегата, об/мин			
Содержание вредных выбросов в выхлопных газах ГТУ: - оксидов азота, мг/м ³ , - оксида углерода, мг/м ³			
Снижение мощности ГТУ при включении ПОС, %			
Подогрев воздуха при включении ПОС, °С			
Время запуска ГПА без учета предпусковой подготовки, мин			
Давление газа за ЦБК, абсолютное, МПа (кгс/см ²)			
Отношение давлений в ЦБК, номинальное			
Производительность объемная по условиям всасывания, м ³ /мин			
Политропный КПД ЦБК, %			
Частота вращения ротора ЦБК на номинальном режиме, об/мин			
Мощность, потребляемая ЦБК на номинальном режиме, МВт			
Отбор воздуха от компрессора ГТУ на нужды КС, %			
Тепловая мощность УТО, МВт			
Давление топливного газа на входе в ГТУ, МПа			
Максимальный расход топливного газа, кг/ч			

Окончание таблицы Д.1

Наименование параметра	Краткое содержание требований ТУ (ТЗ)	Полученные данные	Оценка соответствия (документ)
Расход топливного газа при номинальной мощности, кг/ч			
Удельный расход топливного газа, кг/кВт·ч			
Давление пускового газа на входе в стартер, абсолютное, МПа			
Расход пускового газа, кг/с			
Расход пускового газа на один пуск, кг			
Безвозвратные потери масла в маслосистемах, в ГТУ и ЦБК, кг/маш·ч			
Максимальная температура масла после охлаждения, не более, на входе в ГТУ/на входе в ЦБК, °С			
Время подготовки ГПА к пуску из холодного резерва (нагрев масла в маслобаках), ч			
Гидравлическое сопротивление входного тракта при стандартных атмосферных условиях, кПа (мм вод. ст.)			
Гидравлическое сопротивление выхлопного тракта при стандартных условиях, с учетом теплообменника, кПа (мм вод.ст.)			
Уровень звукового давления на расстоянии 700 м, дБА			
Эквивалентный уровень звука при обслуживании ГПА, дБА экв.			
Температура поверхностей ГПА на маршрутах обходов, °С			
Уровень вибраций на площадках обслуживания ГПА, мм/с			
Температура внутри отсеков, °С			
Освещенность оборудования в отсеках ГПА, Лк			
Размах виброперемещений ротора ЦБК, мкм			
Уровень роторных вибраций ЦБК, мкм			
Время безаварийной остановки агрегата при отключении внешнего электроснабжения, мин			

Приложение Е
(обязательное)

Форма акта приемочных испытаний

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель структурного подразделения
организации-заказчика
(функциональный заказчик)

подпись, инициалы, фамилия

дата

АКТ ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

наименование и условное обозначение продукции

место составления акта

дата

Приемочная комиссия, назначенная _____

основание

в составе:

Председателя _____

фамилия, инициалы, должность, организация

членов _____

фамилия, инициалы, должность, организация

провела приемочные испытания опытного образца _____

наименование

и условное обозначение продукции

_____ в соответствии с утвержденными программой

и методикой приемочных испытаний, в период с _____ по _____

1) Приемочная комиссия отмечает:

- соответствие опытного образца ТЗ и требованиям безопасности:

- результаты оценки технического уровня продукции:

- замечания и предложения по доработке продукции:

2) Приемочная комиссия согласовывает:

ТУ, эксплуатационные документы и др.

3) Приемочная комиссия рекомендует:

- продукцию _____
к производству, доработке и т.д.

- документацию _____
ТУ, эксплуатационные

документы и др.

- установочную серию _____
изготовить в объеме

- выявленные недостатки продукции _____

- дальнейшее использование опытного (головного) образца ГПА, прошедшего испытания

Приложения: _____

Председатель приемочной комиссии
(функциональный заказчик)

подпись, инициалы, фамилия

Члены комиссии

подпись, инициалы, фамилия

подпись, инициалы, фамилия

Приложение И
(рекомендуемое)

Таблица соответствия основных характеристик газоперекачивающего агрегата требованиям технических условий по результатам эксплуатационных испытаний

Таблица И.1 – Соответствие основных характеристик ГПА требованиям ТУ по результатам эксплуатационных испытаний

Наименование параметра	Требование ТУ	Результаты испытаний	Оценка соответствия
Номинальная мощность в стационарных условиях, МВт			
Эффективный КПД, %			
Температура продуктов сгорания в точке ее штатного измерения, °С			
Частота вращения ротора газогенератора, ограничивающая загрузку агрегата, об/мин			
Приведенная (15 % O ₂) концентрация оксидов азота NO _x ¹⁵ , мг/м ³			
Приведенная (15 % O ₂) концентрация оксида углерода CO ¹⁵ , мг/м ³			
Отношение давлений в ЦБК, номинальное			
Производительность объемная по условиям всасывания, м ³ /мин			
Политропный КПД ЦБК, %			
Частота вращения ротора ЦБК, об/мин			
Безвозвратные потери масла в маслосистеме ГТУ, кг/маш·ч			
Безвозвратные потери масла в маслосистеме ЦБК, кг/маш·ч			
Гидравлическое сопротивление входного тракта ГТУ, кПа (мм вод. ст.)			
Гидравлическое сопротивление выходного тракта ГТУ, кПа (мм вод. ст.)			
Разрежение открытия байпасного клапана ВОУ, мм вод.ст.			
Подогрев воздуха при включении ПОС, °С			
Время запуска ГПА, мин			
Эквивалентный уровень звука при обслуживании ГПА, дБА			
Вибрационные характеристики ГПА			
Уровень роторных вибраций, передаваемых на опоры двигателя, мм/с			
Максимальная температура масла на входе ГТУ, °С			
Размах виброперемещений ротора ЦБК, мкм			

Приложение К
(рекомендуемое)

Форма протокола эксплуатационных испытаний газоперекачивающего агрегата

ПРОТОКОЛ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Составлен комиссией в составе:

председатель _____
должность, организация, Ф.И.О.

члены комиссии: _____
должность, организация, Ф.И.О.

назначенной распоряжением по _____ № _____
наименование организации

от _____, которая провела эксплуатационные испытания (установки) агрегата,
станционный № _____ (заводской № _____)

Комплектация агрегата

Наименование	Обозначение	Заводской номер	Завод-изготовитель

В результате эксплуатационных испытаний комиссия установила следующее:

1. Агрегат (установка) проработал под нагрузкой в течение ___ ч.

2. В процессе испытаний произведено:

- автоматических пусков —
- нормальных остановов —
- аварийных остановов —

Все операции осуществлены без замечаний и сбоев.

3. Система автоматического управления и регулирования функционирует устойчиво,
по заданным алгоритмам.

4. Параметры агрегата находятся в пределах, установленных ТУ.

Соответствие основных параметров агрегата (установки) приведено в таблице.

5. Качество масла до и после испытаний соответствует нормам.

6. Вспомогательное оборудование работает нормально.

Председатель комиссии _____
подпись, инициалы, фамилия

Члены комиссии _____
подпись, инициалы, фамилия

подпись, инициалы, фамилия

Приложение Л
(обязательное)

**Форма акта приемки газоперекачивающего агрегата
в промышленную эксплуатацию**

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер

наименование организации

подпись, Ф.И.О.

« ____ » _____ 20 ____ г.

АКТ

ПРИЕМКИ ГПА В ПРОМЫШЛЕННУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Комиссия в составе:

председатель _____
должность, организация, Ф.И.О.

члены комиссии: 1. _____
должность, организация, Ф.И.О.

2. _____
должность, организация, Ф.И.О.

3. _____
должность, организация, Ф.И.О.

назначенная распоряжением по _____
наименование организации

№ _____ от _____ на основании протокола эксплуатационных испытаний газоперекачивающего агрегата (установки) _____ зав. № _____ и вспомогательного оборудования _____

считает, что предъявленная продукция выдержала эксплуатационные испытания.

На основании изложенного перечисленное выше оборудование с _____
дата

принято в промышленную эксплуатацию.

Приложения:

1. Акт завершения подготовки к монтажу агрегата

2. Акт о завершении монтажных работ и готовности агрегата для проведения пусконаладочных работ

3. Акт о завершении пусконаладочных работ агрегата

4. Протокол эксплуатационных испытаний

5. Суточные ведомости периода испытаний

Председатель комиссии

подпись, инициалы, фамилия

Члены комиссии

1. _____
подпись, инициалы, фамилия

2. _____
подпись, инициалы, фамилия

Приложение М

(справочное)

Принципиальная схема измерений при испытаниях газоперекачивающего агрегата

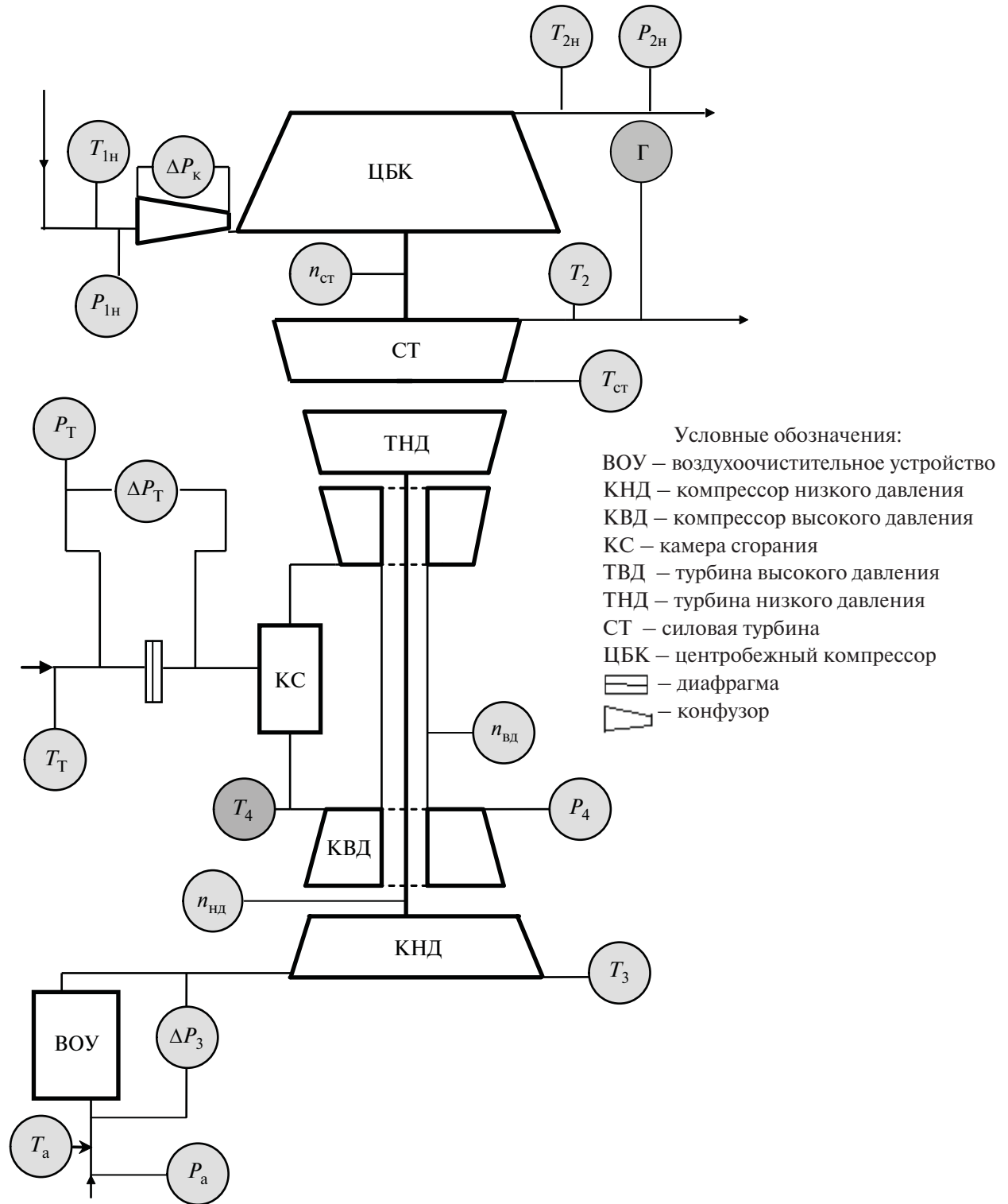


Рисунок М.1

Приложение Н
(справочное)

**Перечень измерений и погрешности измерительных приборов
при испытаниях газоперекачивающего агрегата**

Таблица Н.1

Измеряемая величина	Обозначения	Погрешность измерения
Температура атмосферного воздуха	t_a	$\pm 0,5$ °С
Барометрическое давление	P_a	± 200 Па
Потери давления входного тракта	ΔP_3	$\pm 2,0$ %
Температура на входе компрессора	t_3	$\pm 0,5$ °С
Избыточное давление после компрессора	P_4	$\pm 0,3$ %
Температура продуктов сгорания в точке ее штатного измерения	t_2	$\pm 0,5$ %
Потери давления в выхлопном тракте (левый/правый газоход)	ΔP_2	$\pm 2,0$ %
Частота вращения роторов газогенератора	$n_{вд}, n_{нд}$	± 10 об/мин
Частота вращения ротора турбины СТ (ТНД)	$n_{ст} (n_{нд})$	То же
Избыточное давление на входе в ЦБК	$P_{1н}$	$\pm 0,3$ %
Избыточное давление на выходе из ЦБК	$P_{2н}$	То же
Температура газа на входе в ЦБК	$t_{1н}$	$\pm 0,2$ °С
Температура газа на выходе из ЦБК	$t_{2н}$	То же
Перепад давления на входном устройстве (конфузоре) ЦБК	ΔP_k	$\pm 0,3$ %
Избыточное давление топливного газа	$P_{тг}$	$\pm 0,3$ %
Температура топливного газа	$t_{тг}$	$\pm 0,2$ °С
Перепад давления на диафрагме топливного газа	$\Delta P_{тг}$	$\pm 0,3$ %
Плотность газа в стандартных условиях (Т=293,15 К, Р=0,1013 МПа)	ρ_0	$\pm 0,5$ %
Низшая теплота сгорания	Q_p^H	То же

Приложение П

(справочное)

Единицы и соотношения физических величин

Значения универсальной газовой постоянной $M_i R_i$:

8,31451 кДж/(кмоль·К), 1,9858 ккал/(кмоль·К), 847 кгс·м/(кмоль·К).

Единицы работы, энергии и теплоты:

1 кгс·м = 9,80665 Дж;

1 Дж = 0,101972 кгс·м = 0,27778·10⁻⁶ кВт·ч;

1 кВт·ч = 3600 кДж;

1 ккал = 4,1868 кДж;

1 кВт·ч = 859,845 ккал;

1 кДж = 0,23885 ккал.

Единицы температуры:

$t = T - 273,15$ °С

Единицы давления:

1 кгс/см² = 0,0980665 МПа;

1 МПа = 10,1972 кгс/см²;

1 ат (техн.) = 0,0980665 МПа;

1 бар = 1,01972 кгс/см²;

1 атм (физ.) = 1,03323 кгс/см² = 0,101325 МПа.

Приложение Р
(рекомендуемое)

Формулы для расчета показателей сжатия природного газа

Р.1 Формулы для расчета показателей сжатия природного газа в диапазоне давлений до 8,45 МПа и температур от 273 К до 350 К:

- политропный КПД ЦБК $\eta_{\text{п}}$ –

$$\eta_{\text{п}} = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \cdot \frac{1}{m_{\text{T}}}; \quad (\text{Р.1.1})$$

- внутренняя мощность ЦБК N_{i} , кВт,

$$N_{\text{i}} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot Z_{\text{ср}} \cdot R \cdot (T_{2\text{н}} - T_{1\text{н}}); \quad (\text{Р.1.2})$$

- коэффициент сжимаемости природного газа Z –

$$Z = 1 - [(10,2 \cdot P - 6) \cdot (0,345 \cdot 10^{-2} \cdot d - 0,446 \cdot 10^{-3}) + 0,015] \times \\ \times [1,3 - 0,0144 \cdot (T - 283,2)]; \quad (\text{Р.1.3})$$

- показатель «псевдоизоэнтропы» $\frac{\kappa}{\kappa - 1}$ –

$$\frac{\kappa}{\kappa - 1} = 4,16 + 0,0041 \cdot (T - 283,2) + 3,93 \cdot (d - 0,55) + 5,0 \cdot (m_{\text{T}} - 0,3); \quad (\text{Р.1.4})$$

- газовая постоянная R , кДж/кг·К

$$R = \frac{0,287}{d}, \quad (\text{Р.1.5})$$

где d – относительная плотность газа по воздуху, вычисляются по формуле

$$d = \frac{\rho_0}{1,205}; \quad (\text{Р.1.6})$$

- удельная теплоемкость газа при постоянном давлении C_{p} , кДж/кг·К,

$$C_{\text{p}} = 1,695 + 1,838 \cdot 10^{-3} \cdot T + 1,96 \cdot 10^{-6} \cdot (P - 0,1) / T^3, \quad (\text{Р.1.7})$$

где T – температура газа, К;

ρ_0 – плотность газа в стандартных условиях (293,15 К; 0,1013 МПа), кг/м³;

P – абсолютное давление, МПа.

Р.2 Формулы для расчета показателей сжатия природного газа в диапазоне давлений до 25,0 МПа и температур от 260 К до 500 К [8]:

- коэффициент сжимаемости природного газа Z –

$$Z = \left[-A \cdot \frac{T}{1000} \cdot \left(1,74 \cdot \left(\frac{T}{1000} \right)^2 - 2,3 \cdot \frac{T}{1000} + 1 \right) + B \right] \cdot P + C \cdot \frac{T}{100} \times \\ \times \left(1,55 \cdot \left(\frac{T}{1000} \right)^2 - 2,15 \cdot \frac{T}{1000} + 1 \right) - D, \quad (\text{P.2.1})$$

где A – коэффициент аппроксимации, который вычисляют по формуле

$$A = -34,14 \cdot d^2 + 45,744 \cdot d - 13,898; \quad (\text{P.2.2})$$

B – коэффициент аппроксимации, который вычисляют по формуле

$$B = -5,174 \cdot d^2 + 6,9314 \cdot d - 2,114; \quad (\text{P.2.3})$$

C – коэффициент аппроксимации, который вычисляют по формуле

$$C = -62,583 \cdot d^2 + 83,133 \cdot d - 23,678; \quad (\text{P.2.4})$$

D – коэффициент аппроксимации, который вычисляют по формуле

$$D = -107,8 \cdot d^2 + 143,13 \cdot d - 42,305. \quad (\text{P.2.5})$$

Приложение С
(рекомендуемое)

Пример расчета теплотехнических и газодинамических параметров газоперекачивающего агрегата и оценки их соответствия требованиям технических условий по результатам эксплуатационных испытаний агрегата ГПА-10

С.1 ГПА разработан и изготовлен в соответствии с ТУ «Агрегаты газоперекачивающие типа ГПА-10».

С.2 Цель испытаний – проверка соответствия теплотехнических и газодинамических параметров агрегата ГПА-10 требованиям ТУ при приемке ГПА в эксплуатацию.

С.3 Испытания проводились в соответствии с утвержденной программой – методикой приемочных испытаний.

С.4 При испытаниях использовалась штатная схема измерений САУ ГПА. Дополнительно для контроля параметров (давлений и температур) использовались:

- давление топливного газа – образцовый манометр 0–40 кг/см² кл.0,4;
- температура топливного газа – термометр цифровой типа ТЦМ 9210 М1;
- давление на входе в ЦБК – образцовый манометр 0–100 кг/см² кл.0,4;
- температура на входе в ЦБК – термометр цифровой типа ТЦМ 9210 М1;
- давление на выходе из ЦБК – образцовый манометр 0–100 кг/см² кл.0,4;
- температура на выходе из ЦБК – термометр цифровой типа ТЦМ 9210 М1.

Все датчики и каналы измерения имеют свидетельства о проверке.

С.5 Перед испытаниями были проведены ревизии:

- диафрагмы топливного газа для определения геометрии, остроты кромки и чистоты поверхности (акт о проверке диафрагмы имеется);
- первых двух ступеней осевого компрессора для определения чистоты поверхности рабочих лопаток: визуально ПЧ осевого компрессора чистая (очистка ПЧ компрессора не требуется).

С.6 Агрегатный расходомерный узел топливного газа оснащен нормальной диафрагмой со следующими размерами: $d_{20} = 29,25$ мм, $D_{20} = 80,21$ мм (свидетельство о проверке имеется).

С.7 Теплотехнические характеристики двигателя определены в зависимости от мощности, потребляемой ЦБК и рассчитанной по параметрам компримируемого газа в соответствии с ПР 51-31323949-43-99 [2], с учетом механических потерь в подшипниках ЦБК.

С.8 Расход компримируемого газа измерялся по перепаду на входном конфузоре.

Эффективный КПД двигателя рассчитан по расходу топливного газа, измеренному с помощью стандартного сужающего устройства (нормальная диафрагма).

С.9 Химический состав и физические константы топливного и компримируемого газа приняты по диспетчерским данным.

С.10 Режим работы ЦБК изменялся путем прикрытия крана «Моквелд».

С.11 Результаты измерений и обработки параметров газоперекачивающего агрегата ГПА-10 приведены в таблице С.1.

Теплотехнические характеристики испытанного двигателя приведены на рисунках С.1–С.4 и имеют следующие параметры и ограничения:

- температура перед СТ, °С – 840;
- частота вращения ротора турбокомпрессора, об/мин – 8025.

С.12 По результатам теплотехнических испытаний двигателя с учетом параметров ограничения получены следующие параметры для стационарных условий по ГОСТ 28775:

- мощность – 10,0 МВт (по ТУ – 10,0 МВт);
- эффективный КПД – 29,7±1 % (по ТУ – 31,0 %).

Таким образом, двигатель в составе газоперекачивающего агрегата ГПА-10 по мощности соответствует требованиям ТУ, по эффективному КПД – не соответствует.

С.13 Газодинамические характеристики испытанного ЦБК приведены на рисунках С.5–С.6.

По результатам газодинамических испытаний ЦБК получены следующие показатели на номинальном режиме ($Q_k = 247,01 \text{ м}^3/\text{мин}$, $\varepsilon = 1,35$):

- внутренняя мощность – 8,8 МВт;
- частота вращения – 8000 об/мин;
- политропный КПД – 82,0 ±0,5 % (по ТУ – 82,5 %);

Таким образом, с учетом погрешности измерений ЦБК соответствует требованиям ТУ.

С.14 Оценка соответствия теплотехнических и газодинамических параметров газоперекачивающего агрегата ГПА-10 на номинальном режиме требованиям ТУ представлена в таблице С.2.

Таблица С.1 – Результаты испытаний газотурбинного газоперекачивающего агрегата ГПА-10 на КС

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Формула или источник	Режимы			
				1	2	3	4
Дата испытаний				27.07.04	28.07.04		
Время испытаний				15 ⁰⁰ –15 ¹⁰	4 ⁴⁰ –4 ⁵⁰	5 ²⁰ –5 ³⁰	6 ⁰⁰ –6 ¹⁰
1 Измеренные параметры							
Атмосферное давление	P_a	кПа	Замер	97,85	98,05	98,17	98,05
Температура атмосферного воздуха	t_a	°С	То же	26,15	17,90	17,75	18,20
Температура воздуха на входе в осевой компрессор	t_3	°С	–»–	24,16	17,09	16,62	16,97
Разряжение на входе в осевой компрессор	ΔP_3	кПа	–»–	0,545	0,566	0,568	0,574
Частота вращения газогенератора	$n_{гг}$	об/мин	–»–	7878	7900	7870	7917
Частота вращения СТ	$n_{ст}$	об/мин	–»–	8038	8224	8200	8440
Температура газа перед СТ	t_6	°С	–»–	821,5	834,5	825,5	838,0
Избыточное давление топливного газа	$P'_{тг}$	кг/см ²	–»–	24,15	23,32	23,27	24,11
Температура топливного газа	$t_{тг}$	°С	–»–	23,85	21,35	21,65	22,15
Перепад давления на диафрагме топливного газа	$\Delta P_{тг}$	кПа	–»–	63,95	71,60	70,20	71,30
Избыточное давление на входе в ЦБК	$P'_{1н}$	кг/см ²	–»–	53,64	53,32	53,78	53,98
Избыточное давление на выходе из ЦБК	$P'_{2н}$	кг/см ²	–»–	63,95	63,95	73,18	76,61
Температура на входе в ЦБК	$t_{1н}$	°С	–»–	25,7	26,10	26,65	26,90
Температура на выходе из ЦБК	$t_{2н}$	°С	–»–	44,20	45,15	53,85	58,10
Перепад давления на конфузоре ЦБК	ΔP_k	кПа	–»–	47,44	49,35	25,24	20,75
2 Расчетные величины							
Температура воздуха на входе в осевой компрессор	T_3	К	$t_3 + 273,15$	297,31	290,24	289,77	290,12
Давление газа на входе в ЦБК	$P_{1н}$	МПа	$\frac{P'_{1н} + P_a \cdot 10^{-3}}{10,2}$	5,358	5,327	5,372	5,392

8 Продолжение таблицы С.1

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Формула или источник	Режимы			
				1	2	3	4
Давление газа на выходе из ЦБК	$P_{2н}$	МПа	$\frac{P'_{1н} + P_a \cdot 10^{-3}}{10,2}$	6,369	6,369	7,275	7,611
Температура газа на входе в ЦБК	$T_{1н}$	К	$t_{1н} + 273,15$	298,85	299,25	299,8	300,05
Температура газа на выходе из ЦБК	$T_{2н}$	К	$t_{2н} + 273,15$	317,35	318,3	327	331,25
Средняя температура газа в ЦБК	$T_{ср}$	К	$\frac{T_{1н} + T_{2н}}{2}$	308,10	308,78	313,40	315,65
Отношение давлений	$\epsilon_{н}$	—	$P_{2н}/P_{1н}$	1,189	1,196	1,354	1,412
Газовая постоянная	R	кДЖ/кг·К	По ПР 51-31323949-43-99 [2], приложение Р	0,506			
Относительная плотность газа по воздуху	d	—	То же	0,5675			
Коэффициент сжимаемости на входе	$Z_{1н}$	—	—»—	0,9049	0,9059	0,9058	0,9058
Коэффициент сжимаемости на выходе	$Z_{2н}$	—	—»—	0,9158	0,9173	0,9210	0,9250
Средний коэффициент сжимаемости	$Z_{ср}$	—	$\frac{Z_{1н} + Z_{2н}}{2}$	0,9104	0,9116	0,9134	0,9154
Плотность газа на входе в ЦБК	$\rho_{1н}$	кг/м ³	$\frac{P_{1н} \cdot 10^3}{Z_{1н} \cdot R \cdot T_{1н}}$	39,148	38,824	39,084	39,193
Температурный показатель политропы	m_T	—	$\left(\frac{T_{2н}}{T_{1н}} \cdot \lg \left(\frac{P_{2н}}{P_{1н}} \right) \right)^{-1}$	0,347	0,345	0,286	0,287
Показатель «псевдоизоэнтропы»	$\frac{\kappa}{\kappa - 1}$	—	По ПР 51-31323949-43-99 [2], приложение Р	4,568	4,560	4,285	4,297
Политропный КПД	$\eta_{пол}$	—	$\frac{\kappa - 1}{\kappa} \cdot \frac{1}{m_T}$	0,6300	0,6351	0,8147	0,8110

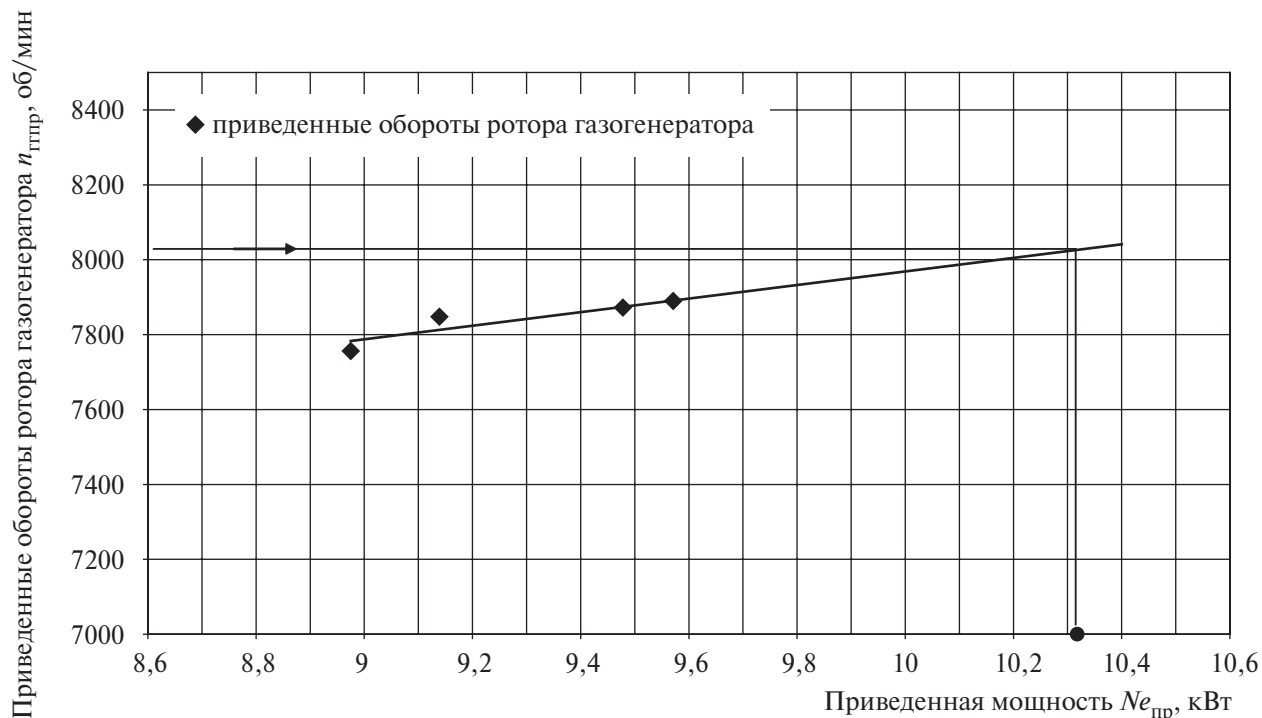
Продолжение таблицы С.1

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Формула или источник	Режимы			
				1	2	3	4
Массовый расход газа через ЦБК	$G_{\text{ГН}}$	кг/с	$\frac{308,56 \cdot \sqrt{\Delta P_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{ГН}}}}{60}$ (19)	221,63	225,11	161,53	146,66
Объемный расход газа через ЦБК	$Q_{\text{ГН}}$	м ³ /мин	$\frac{G_{\text{ГН}} \cdot 60}{\rho_{\text{ГН}}}$	339,69	347,90	247,97	224,53
Мощность, потребляемая ЦБК	N_i	кВт	$\frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot Z_{\text{ср}} \cdot R \cdot (T_{2\text{ГН}} - T_{1\text{ГН}}) \cdot G_{\text{ГН}}$	8628	9020	8701	9107
Эффективная мощность	N_e	кВт	$N_i / 0,98$	8804	9204	8879	9293
Приведенный объемный расход газа через ЦБК	$Q_{\text{ГН}}^{\text{пр}}$	м ³ /мин	$Q_{\text{ГН}} \cdot \frac{8200}{\eta_{\text{ст}}}$	346,53	346,88	247,97	218,14
Давление топливного газа	$P_{\text{ГТ}}$	МПа	$\frac{P'_{\text{ГТ}} + P_a \cdot 10^{-3}}{10,2}$	2,47	2,38	2,38	2,46
Температура топливного газа	$T_{\text{ГТ}}$	К	$t_{\text{ГТ}} + 273,15$	297,00	294,50	294,80	295,30
Коэффициент сжимаемости топливного газа	$Z_{\text{ГТ}}$	—	По ПР 51-31323949-43-99 [2], приложение Р	0,9516	0,9514	0,9517	0,9506
Плотность топливного газа	$\rho_{\text{ГТ}}$	кг/м ³	$\frac{P_{\text{ГТ}} \cdot 10^3}{Z_{\text{ГТ}} \cdot R \cdot T_{\text{ГТ}}}$	17,240	16,817	16,761	17,332
Массовый расход топливного газа	$G'_{\text{ГТ}}$	кг/ч	$6,611 \cdot (1 - 0,3129 \cdot \frac{\Delta P_{\text{ГТ}}}{P_{\text{ГТ}}} \times 10^{-3}) \cdot \sqrt{\Delta P_{\text{ГТ}} \cdot \rho_{\text{ГТ}} \cdot 102}$	2199	2295	2269	2326
Массовый расход топливного газа	$G_{\text{ГТ}}$	кг/с	$\frac{G'_{\text{ГТ}}}{3600}$	0,611	0,638	0,630	0,646
Массовая низшая теплота сгорания	$Q_{\text{м}}$	кДж/кг	Диспетчерские данные	49208			

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Формула или источник	Режимы			
				1	2	3	4
Эффективный КПД	η_e	—	$\frac{N_e}{G_{\text{т}} \cdot Q_M}$	0,2928	0,2932	0,2864	0,2923
Приведенная мощность ГТУ	$N_e^{\text{пр}}$	кВт	$N_e \cdot \frac{0,1013}{P_a \cdot 10^{-3}} \cdot \sqrt{\frac{288,15}{T_3}}$	8975	9478	9139	9571
Приведенная температура газов перед СТ	$t_6^{\text{пр}}$	°С	$\frac{t_6 + 273,15}{T_3} \cdot 288,15 - 273,15$	787,77	826,52	819,36	830,45
Приведенные обороты газогенератора	$n_{\text{т}}^{\text{пр}}$	об/мин	$n_{\text{т}} \cdot \sqrt{\frac{288,15}{T_3}}$	7756	7872	7848	7890
Приведенный расход топливного газа	$G_{\text{т}}^{\text{пр}}$	кг/ч	$G_{\text{т}}' \cdot \frac{0,1013}{P_a \cdot 10^{-3}} \cdot \sqrt{\frac{288,15}{T_3}}$	2241	2363	2335	2395
Приведенное отношение давлений	$\varepsilon_{\text{нпр}}$	—	$1 + \frac{Z_{1\text{н}} \cdot R \cdot T_{1\text{н}}}{(Z_{1\text{н}_0} \cdot R_0 \cdot T_{1\text{н}_0})} \times$ $\times (\varepsilon_{\text{н}} - 1) \cdot \left(\frac{n_0}{n} \right)^2$	1,206	1,205	1,373	1,410

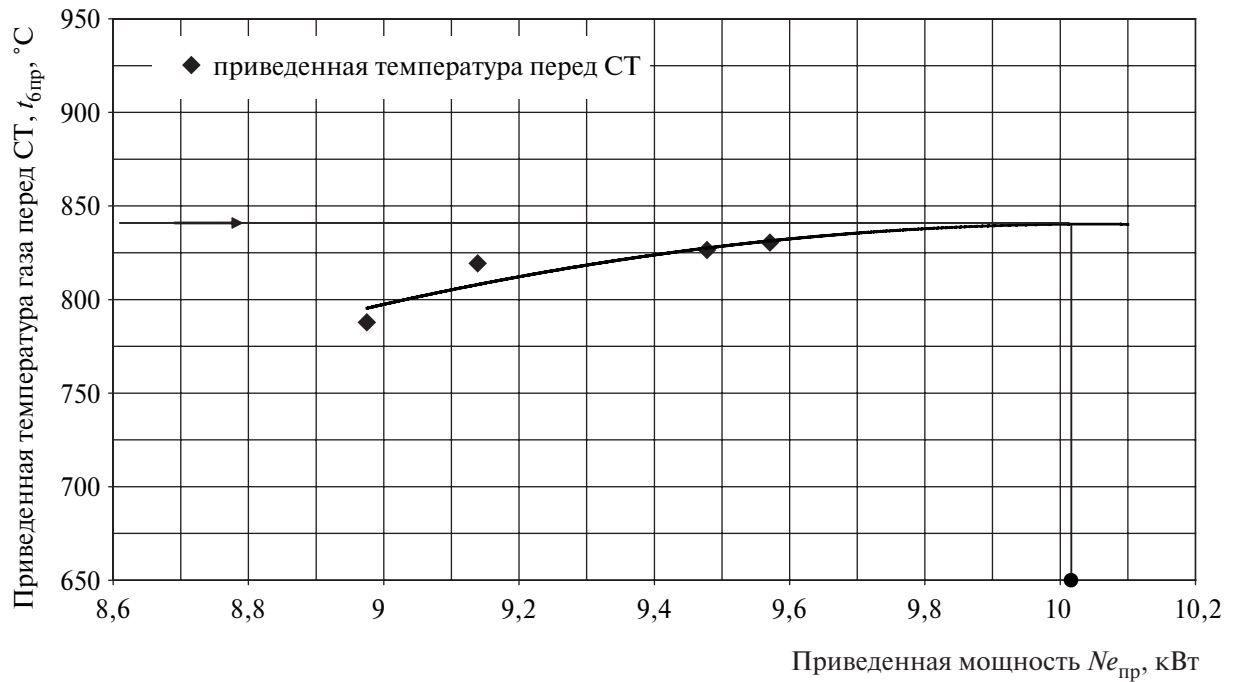
Таблица С.2 – Соответствие теплотехнических и газодинамических параметров газоперекачивающего агрегата ГПА-10 требованиям НД

Наименование параметра	Требования ТУ (ТЗ)	Результаты испытаний	Оценка соответствия
Параметры двигателя			
Номинальная мощность в стационарных условиях, МВт	10,0	10,0	Соответствует
Эффективный КПД в стационарных условиях, %	31,0	29,7 ±1,0	Не соответствует
Температура газов перед СТ, °С	840	838	Соответствует
Частота вращения ротора турбокомпрессора, об/мин	8025	7950	Соответствует
Параметры ЦБК			
Давление конечное номинальное, МПа, абс.	7,45	7,45	Соответствует
Отношение давлений, номинальное	1,35	1,35	Соответствует
Производительность объемная по условиям всасывания, м ³ /мин	247,01	247,01	Соответствует
Политропный КПД ЦБК, %	82,5	82,0 ±0,5	Соответствует с допуском на погрешности измерений
Частота вращения ротора ЦБК, об/мин	8200	8000	Соответствует
Потребляемая мощность ЦБК, МВт	8,7	8,8 ±0,1	Соответствует с допуском на погрешности измерений



Ограничения по оборотам газогенератора – 8025 об/мин

Рисунок С.1 – Зависимость приведенных оборотов ротора газогенератора от приведенной мощности



Ограничение по температуре продуктов сгорания перед СТ – 840 °C

Рисунок С.2 – Зависимость приведенной температуры газа перед СТ от приведенной мощности

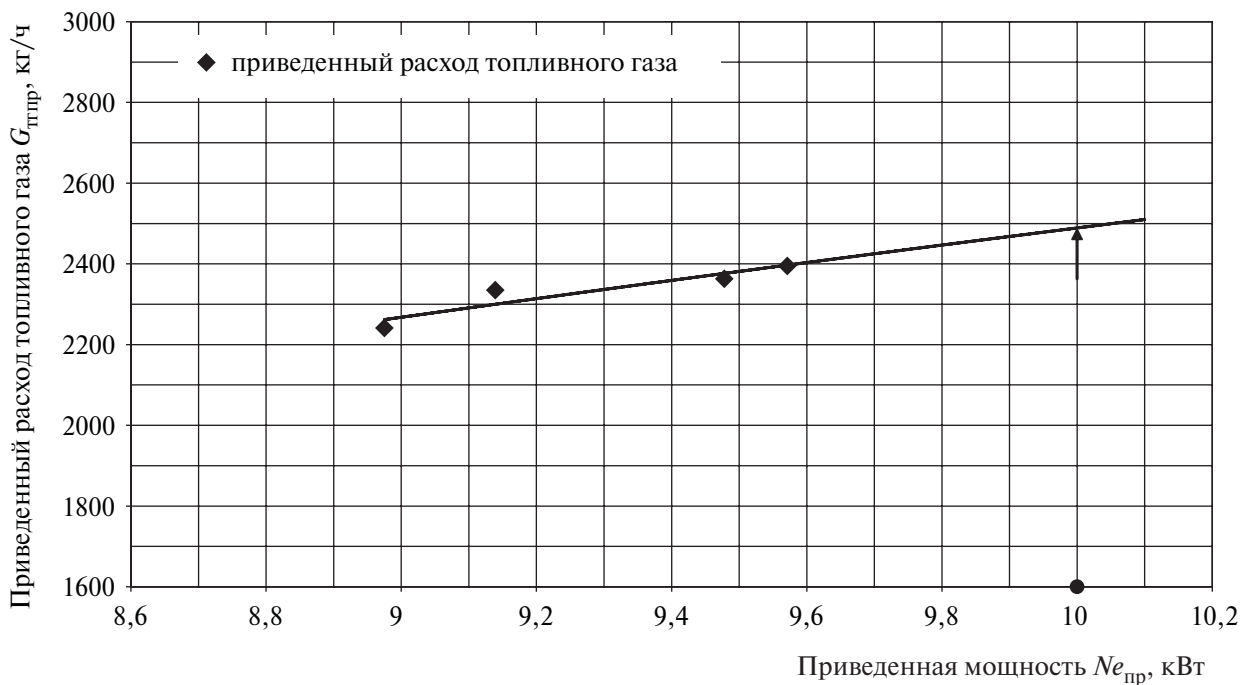


Рисунок С.3 – Зависимость приведенного расхода топливного газа от приведенной мощности

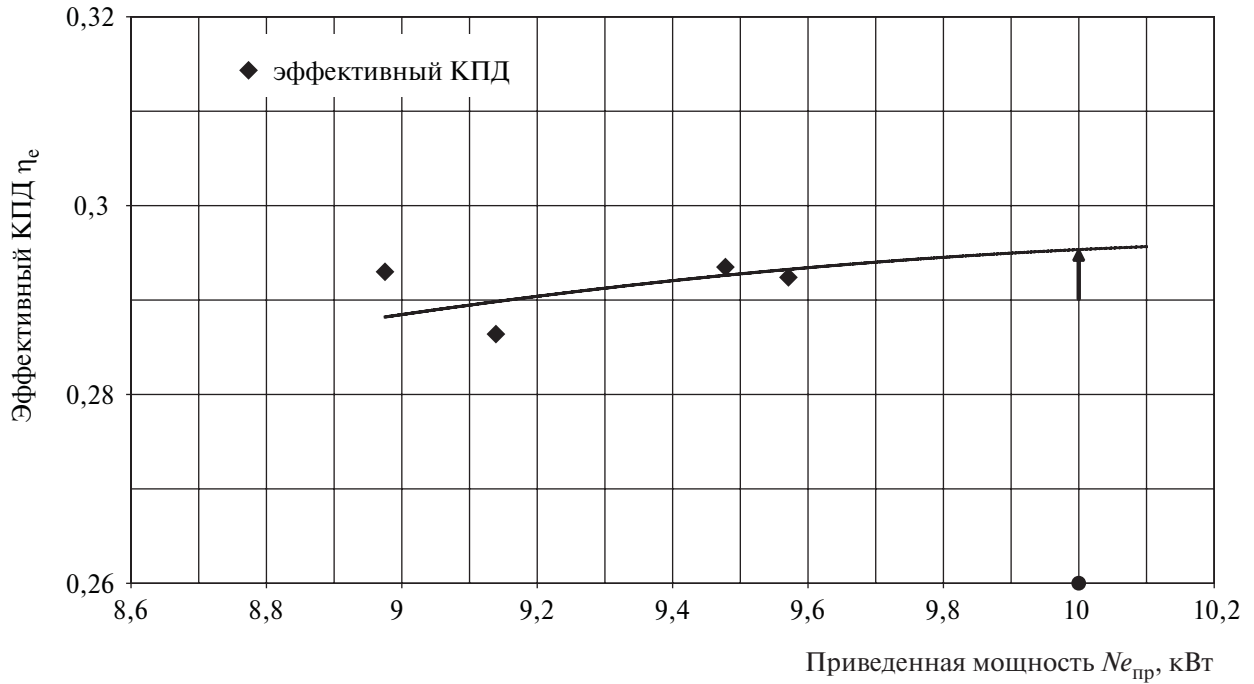
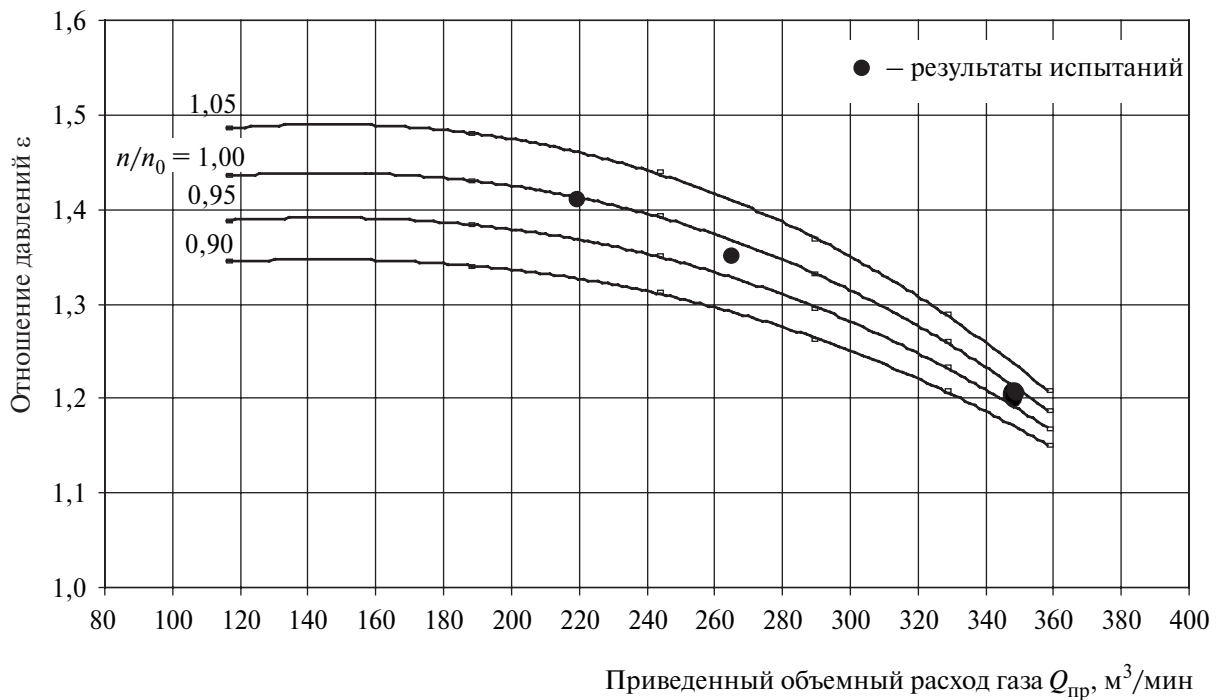


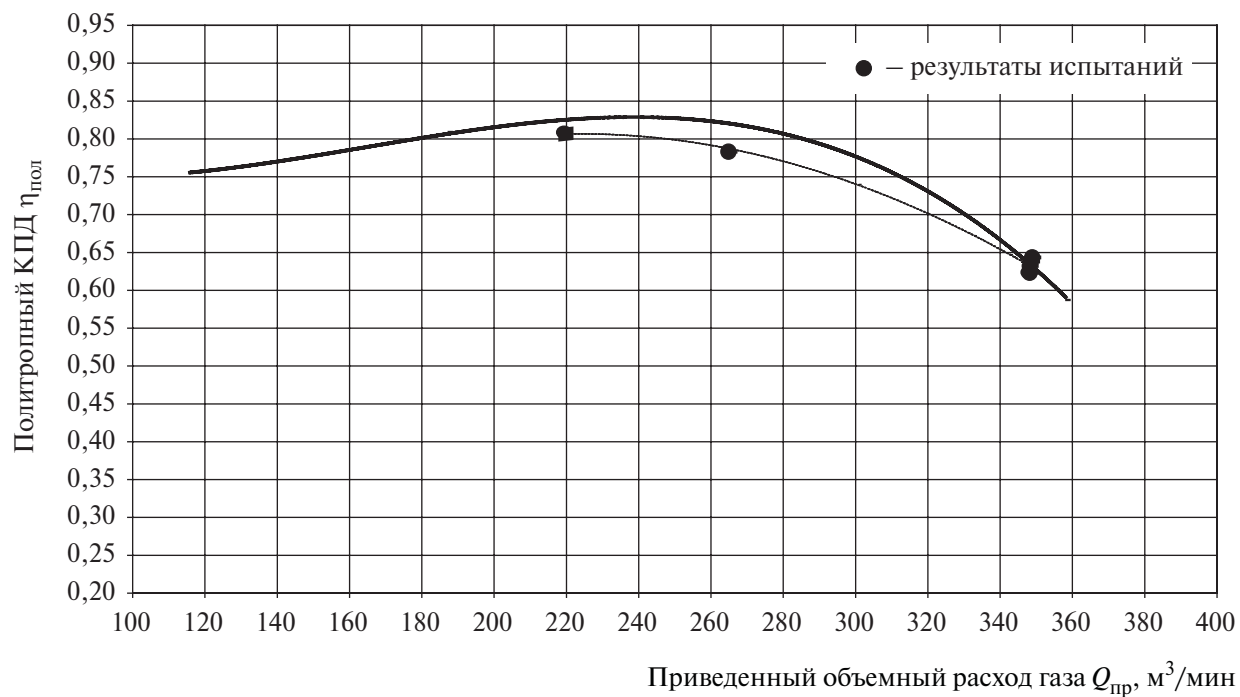
Рисунок С.4 – Зависимость эффективного КПД от приведенной мощности



Расчетные величины: $T_{1H0} = 288,1$ К, $Z_{10} = 0,893$, $R_0 = 506,8$ Дж/(кг · К),

$n_0 = 8\ 200$ об/мин, $k = 1,357$

Рисунок С.5 – Зависимость отношения давлений от приведенного объемного расхода газа ЦБК



Расчетные величины: $T_{1H0} = 288,1$ К, $Z_{10} = 0,893$, $R_0 = 506,8$ Дж/(кг·К),
 $n_0 = 8\ 200$ об/мин, $k = 1,357$

Рисунок С.6 – Зависимость политропного КПД от приведенного
 объемного расхода газа ЦБК

Приложение Т
(рекомендуемое)

**Таблица соответствия теплотехнических и газодинамических параметров
газотурбинного газоперекачивающего агрегата требованиям
нормативной документации**

Таблица Т.1 – Соответствие теплотехнических и газодинамических параметров газотурбинного ГПА требованиям НД

Наименование параметра	Требования ТУ (ТЗ)	Результаты испытаний	Оценка соответствия
Параметры двигателя			
Номинальная мощность в стационарных условиях ¹⁾ , МВт			
Эффективный КПД в стационарных условиях ¹⁾ , %			
Температура продуктов сгорания в точке ее штатного измерения, °С			
Частота вращения ротора газогенератора, ограничивающая загрузку ГПА, об/мин			
Параметры ЦБК			
Давление конечное номинальное, МПа абс.			
Отношение давлений, расчетное			
Производительность объемная по условиям всасывания, м ³ /мин			
Политропный КПД, %			
Частота вращения ротора ЦБК, об/мин			
Мощность ЦБК, потребляемая компрессором, МВт			
¹⁾ Стационарные условия по ГОСТ Р 52200 (+15 °С, 0,1013 МПа и 60 % относительной влажности с учетом гидравлических сопротивлений входного и выходного трактов при отсутствии УТО.			

Приложение У
(справочное)

Принципиальная технологическая схема установки охлаждения газа

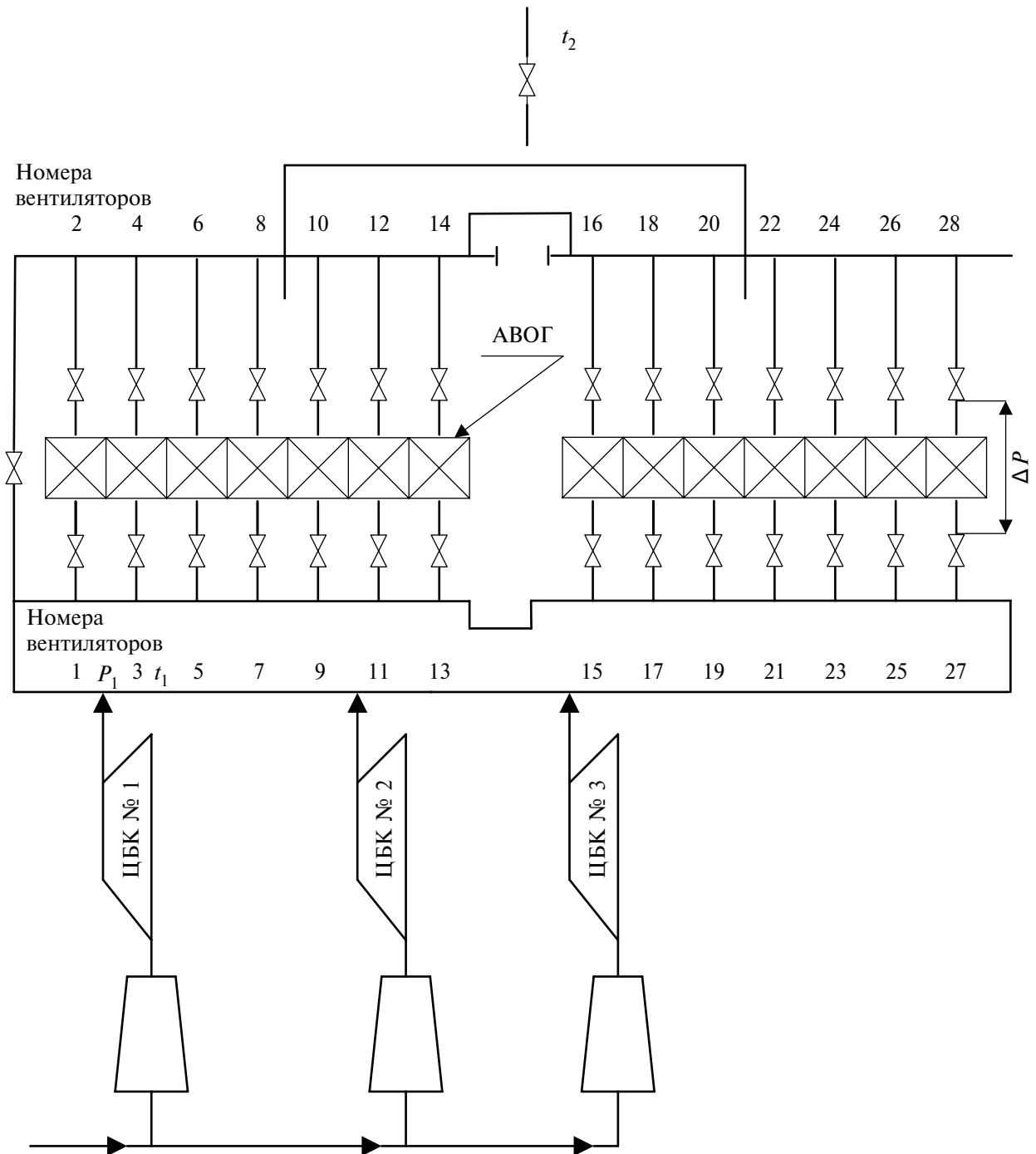


Рисунок У.1

Приложение Ф
(справочное)

Принципиальная схема измерений при испытаниях установки охлаждения газа

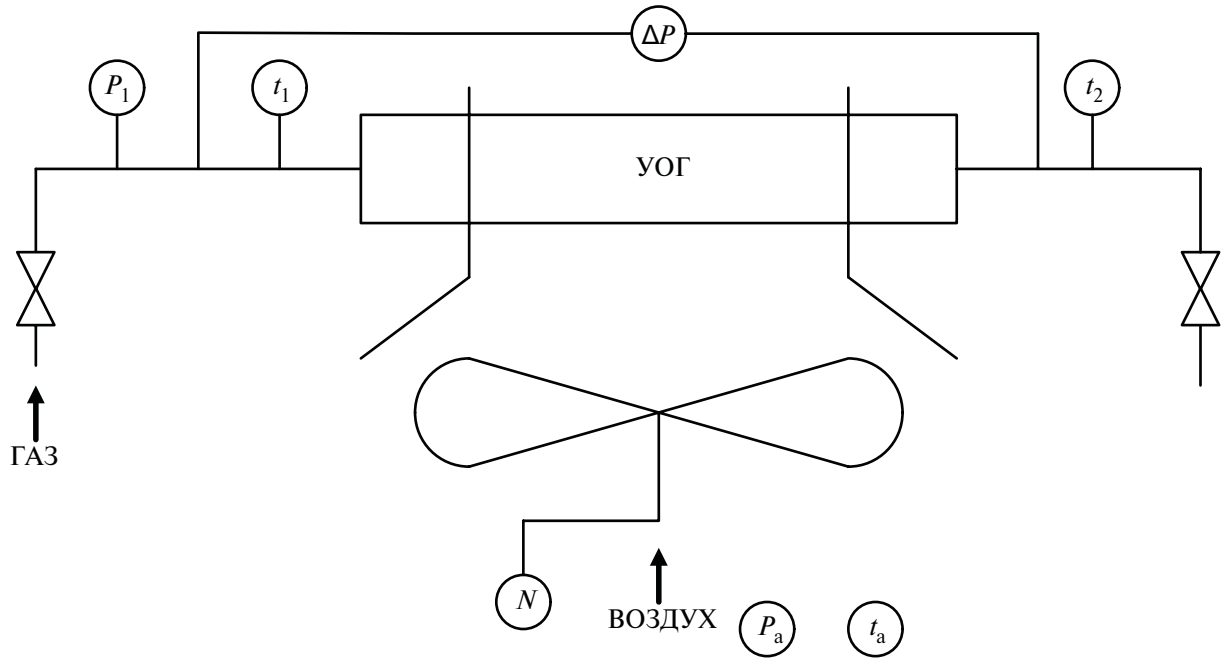


Рисунок Ф.1

Приложение X
(рекомендуемое)

**Перечень измерений и погрешностей измерительных приборов
при испытаниях установок охлаждения газа**

Таблица X.1 – Перечень измерений и погрешностей измерительных приборов при испытаниях УОГ

Наименование	Обозначения	Диапазон измерений	Класс прибора или цена деления
Барометрическое давление, кПа	P_a	81,8–105,3	±200 Па
Температура воздуха, °С	t_a	0–50	±0,2 °С
Давление газа на входе в АВОГ, кг/см ²	P_1	0–100	±0,3 %
Потеря давления газа в АВОГ, кПа	ΔP	0–100	±1 %
Температура газа на входе в АВОГ, °С	t_1	0–100	±0,3 °С
Температура газа на выходе из АВОГ, °С	t_2	0–50	±0,3 °С
Мощность, кВт	N	0–100	±1,0 %

Приложение Ц
(рекомендуемое)

**Пример расчета основных показателей установки охлаждения газа
по результатам испытаний и оценки их соответствия
требованиям нормативной документации**

Таблица Ц.1 – Физические константы природного газа на КС

Химический состав		Объем, %
Метан	CH_4	98,624
Этан	C_2H_6	0,389
Пропан	C_3H_8	0,122
i-Бутан	i- C_4H_{10}	0,022
n-Бутан	n- C_4H_{10}	0,020
i-Пентан	i- C_5H_{12}	0,003
Диоксид углерода	CO_2	0,028
Азот	N_2	0,768
Кислород	O_2	0,006
Итого		100,000

Плотность газа	$\rho_0 = 0,677 \text{ кг/м}^3$
Относительная плотность	$d = 0,562$
Молекулярная масса	$M = 16,255 \text{ кг/кмоль}$
Газовая постоянная	$R = 0,512 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$

Таблица Ц.2 – Стандартные (нормальные) условия по воздуху для испытаний вентилятора (соответствуют ГОСТ 10921)

Барометрическое давление	$P_0 = 101,325 \text{ кПа}$
Температура воздуха	$T_0 = 293,15 \text{ К}$
Относительная влажность	$\varphi = 50 \%$
Удельная газовая постоянная	$R_0 = 288 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$
Плотность воздуха	$\rho_{0В} = 1,2 \text{ кг/м}^3$

Таблица Ц.3 – Основные показатели АВОГ на номинальном режиме

Основные показатели	Обозначение	Единицы измерения	Значения параметров
Барометрическое давление	P_{a0}	кПа	101,3
Абсолютное давление на входе	P_{10}	МПа	7,40
Расход газа	G_0	кг/ч (кг/с)	196000 (54,4)
Расход воздуха	$W_{в0}$	м ³ /ч	820000
Температура газа на входе в АВОГ	t_{20}	°С	75
Температура газа на выходе из АВОГ	t_{10}	°С	45
Температура воздуха	t_{a0}	°С	30
Тепловая нагрузка	Q_0	кВт	4390
Гидравлическое сопротивление	ΔP_0	кПа	30
Диаметр колеса	D_k	м	5
Тип приводного электрического двигателя			ВАСО 16-14-24У1
Мощность двигателя	N_0	кВт	37
КПД двигателя	$\eta_{эд}$	%	90
Частота вращения	n_0	мин ⁻¹	250

Таблица Ц.4 – Расчет показателей УОГ

Наименование параметра	Обозначение	Единицы измерений	Формула, источник, пункт	Значения параметра
Измеренные параметры				
Барометрическое давление	P_a	кПа	Измерение	99
Температура воздуха	t_a	°С	То же	27
Расход газа в УОГ	q_k	млн м ³ /сут	Диспетчерские данные	92,9
Плотность газа при стандартных условиях	ρ_0	кг/м ³	То же	0,677
Количество АВОГ	$n_{АВОГ}$	шт.	Диспетчерские данные	14
Избыточное давление газа на входе	P'_1	кг/см ²	Измерение	70,0
Потеря давления	ΔP	кПа	То же	29
Температура газа на входе	t_1	°С	->-	60
Температура газа на выходе	t_2	°С	->-	38
Мощность УОГ	$N_{УОГ}$	кВт	->-	1088,1
Расчет фактических параметров				
Относительная плотность газа по воздуху	d	–	По ПР 51-31323949-43-99 [2], по формуле Р.1.6 (приложение Р)	0,562
Газовая постоянная	R	кДж/кг·К	То же	0,512
Массовый расход газа в УОГ	$G_{УОГ}$	кг/с	По формуле (23)	728,0
Массовый расход газа в АВОГ	G	кг/с	По формуле (24)	52,0

Продолжение таблицы Ц.4

Наименование параметра	Обозначение	Единицы измерений	Формула, источник, пункт	Значения параметра
Абсолютное давление газа на входе в УОГ	P_1	МПа	$\frac{P'_1}{10,2} + P_{a_0} \cdot 10^{-3}$	6,96
Абсолютное давление газа на выходе из УОГ	P_2	МПа	$P_1 - \Delta P \cdot 10^{-3}$	6,93
Среднее давление газа на выходе из УОГ	P_{cp}	МПа	$\frac{P'_1 + P_2}{2}$	6,95
Температура газа на входе в УОГ	T_1	К	$t_1 + 273,15$	333,15
Температура газа на выходе из УОГ	T_2	К	$t_2 + 273,15$	311,15
Средняя температура в УОГ	T_{cp}	К	$\frac{T_1 + T_2}{2}$	322,15
Температура воздуха	T_a	К	$t_a + 273,15$	300,15
Коэффициент сжимаемости на входе в УОГ	Z_1	–	По формуле (Р.1.3) (приложение Р)	0,9382
Коэффициент сжимаемости на выходе из УОГ	Z_2	–	То же	0,8986
Средняя плотность газа в УОГ	ρ_{cp}	кг/м ³	По формуле (33)	46,02
Средняя теплоемкость в УОГ	C_{cp}	кДж/кг·К	По формуле (Р.1.7) (приложение Р)	2,691
Тепловая нагрузка на УОГ (фактическая)	$Q_{УОГ}$	кВт	По формуле (31)	43092
Степень охлаждения газа	$\mu_{УОГ}$	–	По формуле (28)	0,67
Расчет номинальных параметров				
Расход газа	G_0	кг/ч (кг/с)	Таблица Ц.3	196000 (54,4)
Барометрическое давление	P_{a0}	кПа	То же	101,3
Абсолютное давление газа на входе	P_{10}	МПа	->-	7,46
Потеря давления	ΔP_0	кПа	->-	30,00
Абсолютное давление газа на выходе	P_{20}	МПа	$P_{10} - \Delta P_0 \cdot 10^{-3}$	7,43
Среднее абсолютное давление	P_{cp0}	МПа	$\frac{P_{10} + P_{20}}{2}$	7,445
Температура газа на входе	T_{10}	К	$t_{10} + 273,15$	348,15
Температура газа на выходе	T_{20}	К	$t_{20} + 273,15$	318,15
Коэффициент сжимаемости на входе	Z_{10}	–	По формуле (Р.1.3) (приложение Р)	0,9382
Коэффициент сжимаемости на выходе	Z_{20}	–	То же	0,9076
Средний коэффициент сжимаемости	Z_{cp0}	–	$\frac{Z_{10} + Z_{20}}{2}$	0,9229
Средняя плотность	ρ_{cp0}	кг/м ³	По формуле (33)	47,42
Средняя теплоемкость	C_{cp0}	кДж/кг·К	По формуле (Р.1.7) (приложение Р)	2,68
Тепловая нагрузка на АВОГ	Q_p	кВт	Таблица К.4	4390

Окончание таблицы Ц. 4

Наименование параметра	Обозначение	Единицы измерений	Формула, источник, пункт	Значения параметра
Расчет показателей эффективности				
Температура газа на выходе	t_{2p}	°С	По формуле (25)	36,4
Степень охлаждения газа	$\mu_{уогр}$		По формуле (27)	0,71
Средняя теплоемкость	$C_{срp}$	кДж/кг · К	По формуле (Р.1.7) (приложение Р)	2,694
Гидравлическое сопротивление по газу	$\Delta P_{уогр}$	кПа	По формуле (32)	28,2
Потребляемая электрическая мощность	$N_{уогр}$	кВт	По формуле (30)	1108,8

Таблица Ц. 5 – Соответствие основных параметров УОГ требованиям НД

Наименование параметра	Требования ТУ (ТЗ)	Результаты испытаний	Оценка соответствия
Степень охлаждения газа	0,71	0,67	Соответствует
Гидравлическое сопротивление по газу, кПа	28,2	29	То же
Потребляемая электрическая мощность, кВт	1108,8	1087,8	->-
Эквивалентный уровень звука на расстоянии 1м от наружного контура аппарата на высоте 1,5 м, дБА	92	85	->-
Размах виброперемещения, мм: - на раме привода; - верхней плите стойки металлоконструкции	0,2	0,25 0,17	Не соответствует Соответствует
Примечание – Параметры соответствия УОГ и АВОГ численно равны.			

Библиография

- [1] Перечень технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах и подлежащих обязательной сертификации (утвержден постановлением Госгортехнадзора России от 10.08.2001 № 3)
- [2] Правила ОАО «Газпром» Методические указания по проведению теплотехнических и газодинамических расчетов при испытаниях газотурбинных газоперекачивающих агрегатов
 ПР 51-31323949-43-99
- [3] Стандарт Международной Турбины газовые. Приемочные испытания
 организации по стандартизации
 ISO 2314:1989*
- [4] Стандарт Международной Изменение потока текучей среды с помощью
 организации по стандартизации устройств для измерения перепада давления,
 ISO 5167-1:2003* помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 1. Общие принципы и требования
- [5] Стандарт Международной Изменение потока текучей среды с помощью
 организации по стандартизации устройств для измерения перепада давления,
 ISO 5167-2:2003* помещенных в заполненные трубопроводы круглого сечения. Часть 2. Диафрагма
- [6] Стандарт Международной Турбокомпрессоры. Правила проведения испытаний
 организации по стандартизации для определения рабочих характеристик
 ISO 5389:2005*
- [7] Стандарт Международной Природный газ. Расчет теплоты сгорания, плотности,
 организации по стандартизации относительной плотности и индекса Воббе по составу
 ISO 6976:1995*
- [8] Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Справочное пособие. Л., «Химия», 1982

* Официальный перевод стандартов находится в ФГУП «Стандартинформ».

ОКС 27.040

Ключевые слова: контроль качества, оборудование, поставка, эксплуатация, агрегат газоперекачивающий, газотурбинный привод, аппарат воздушного охлаждения газа, газовый компрессор, программа—методика, приемочные и эксплуатационные испытания

Корректурa *А.В. Казаковой*
Компьютерная верстка *Н.О. Поляковой*

Подписано в печать 20.04.2009 г.
Формат 60x84/8. Гарнитура «Ньютон». Тираж 158 экз.
Уч.-изд. л. 9,6. Заказ 262.

ООО «Газпром экспо» 117630, Москва, ул. Обручева, д. 27, корп. 2.
Тел.: (495) 719-64-75, (499) 580-47-42.

Отпечатано в ООО «Полиграфия Дизайн»