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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

**ГОСТ
10150—
2014**

ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПОРШНЕВЫЕ

Общие технические условия

**(ISO 3046-1:2002, NEQ)
(ISO 3046-4:2009, NEQ)
(ISO 3046-5:2001, NEQ)
(ISO 15550:2002, NEQ)**

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Центральный научно-исследовательский дизельный институт» (ООО «ЦНИДИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 235 «Двигатели внутреннего сгорания поршневые»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2014 г. № 72-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 августа 2015 г. № 1128-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 10150—2014 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2016 г.

5 Настоящий стандарт соответствует следующим международным стандартам:

ISO 3046-1:2002 Reciprocating internal combustion engines — Performance — Part 1: Declarations of power, fuel and lubricating oil consumptions, and test method — Additional requirements for engines for general use (Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Характеристики. Часть. 1. Объявление мощности, расхода топлива и смазочного масла, и методы испытаний. Дополнительные требования для двигателей общего применения);

ISO 3046-4:2009 Reciprocating internal combustion engines — Performance — Part 4: Speed (Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Характеристики. Часть 4. Регулирование скорости);

ISO 3046-5:2001 Reciprocating internal combustion engines — Performance — Part 5: Torsional vibrations (Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Характеристики. Часть 5. Крутильные колебания);

ISO 15550:2002 Internal combustion engines — Determination and method for the measurement of engine power — General requirement (Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Определение и метод измерения мощности двигателя. Общие требования).

Степень соответствия — NEQ

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты» (по состоянию на 1 января текущего года), а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2015

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Обозначения и сокращения 6
5 Классификация и обозначение двигателей 7
6 Технические требования 8
6.1 Общие требования 8
6.2 Требования к параметрам и режимам работы двигателя 8
6.2.1 Требования к объявлению мощности 8
6.2.2 Требования к объявлению частоты вращения 9
6.2.3 Стандартные исходные условия 10
6.2.4 Режимы работы двигателей 10
6.2.5 Объявление расхода топлива 11
6.2.6 Объявление расхода смазочного масла 12
6.3 Пересчет мощности и удельного расхода топлива 12
6.3.1 Методы приведения мощности и пересчета удельного расхода топлива 12
6.3.2 Методы корректировки мощности 14
6.4 Требования к условиям работы 16
6.5 Требования к пусковым и реверсивным свойствам двигателей 18
6.6 Требования к конструктивному исполнению 18
6.7 Требования к автоматизации 19
6.8 Требования к показателям надежности двигателей 19
6.9 Требования технической эстетики и эргономики 20
6.10 Требования к комплектности 20
6.11 Требования к маркировке и упаковке 20
6.12 Требования безопасности 20
7 Приемка и методы испытаний 21
8 Транспортирование и хранение 21
9 Гарантии изготовителя 21
Приложение А (рекомендуемое) Вспомогательное оборудование, которое может быть установлено на двигателе 22
Приложение Б (рекомендуемое) Поле допустимых нагрузок двигателя 23
Приложение В (рекомендуемое) Определение давления водяного пара, коэффициентов и отношений 24
Приложение Г (справочное) Примеры приведения мощности и пересчета удельного расхода топлива от стандартных или заменяющих исходных условий к местным окружающим условиям 31
Приложение Д (справочное) Пример приведения мощности от местных окружающих условий к окружающим условиям при испытаниях и заменяющим местные окружающие условия для регулируемых двигателей 33
Приложение Е (справочное) Примеры корректировки мощности для нерегулируемых двигателей . . 35

Поправка к ГОСТ 10150—2014 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Общие технические условия

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан

(ИУС № 3 2019 г.)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПОРШНЕВЫЕ

Общие технические условия

Reciprocating internal combustion engines. General specifications

Дата введения — 2016—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на судовые, тепловозные и промышленные поршневые двигатели внутреннего сгорания, работающие на жидком и/или газообразном топливе (далее — двигатели), в том числе конвертированные.

Настоящий стандарт не распространяется на двигатели многотопливные и малотоксичные, двигатели для спасательных шлюпок, а также на двигатели, используемые для привода тракторов, сельскохозяйственных машин, автомобилей, самолетов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.601—2006 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы

ГОСТ 4.367—85 Система показателей качества продукции. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Номенклатура показателей

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

ГОСТ 27.002—89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 305—82 Топливо дизельное. Технические условия

ГОСТ 1667—68 Топливо моторное для среднеоборотных и малооборотных дизелей. Технические условия

ГОСТ 5542—87 Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия

ГОСТ 8581—78 Масла моторные для автотракторных дизелей. Технические условия

ГОСТ 10433—75 Топливо нефтяное для газотурбинных установок. Технические условия

ГОСТ 10448—2014 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Приемка. Методы испытаний

ГОСТ 10511—83[1)] Системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) судовых, тепловозных и промышленных дизелей. Общие технические требования

ГОСТ 10585—99 Топливо нефтяное. Мазут. Технические условия

ГОСТ 11729—78 Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Воздухоочистители. Общие технические условия

ГОСТ 12337—84 Масла моторные для дизельных двигателей. Технические условия

ГОСТ 14192—96 Маркировка грузов

ГОСТ 14228—80[2)] Дизели и газовые двигатели автоматизированные. Классификация по объему автоматизации

[1)] На территории Российской федерации действует ГОСТ Р 55231—2012.

[2)] На территории Российской федерации действует ГОСТ Р 55437—2013.

Издание официальное

ГОСТ 15150—69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 17479.1—85 Масла моторные. Классификация и обозначение

ГОСТ 18322—78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения

ГОСТ 20448—90 Газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового потребления. Технические условия

ГОСТ 21443—75 Газы углеводородные сжиженные, поставляемые на экспорт. Технические условия

ГОСТ 22836—77 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Направление вращения

ГОСТ 23170—78 Упаковка для изделий машиностроения. Общие требования

ГОСТ 23550—79 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Обозначение и нумерация цилиндров (ISO 1204—90 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Определение вращения. Обозначение и нумерация цилиндров и клапанов в крышке цилиндра. Определение правостороннего и левостороннего однорядного двигателя и определение сторон двигателя, NEQ)

ГОСТ 26828—86 Изделия машиностроения и приборостроения. Маркировка

ГОСТ 27577—2000 Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия

ГОСТ 28577.0—90 (ИСО 8216-0—86) Нефтепродукты. Топлива. (Класс F). Классификация. Часть 0. Общая классификация

ГОСТ 28577.1—90 (ИСО 8216-1—86) Нефтепродукты. Топлива. (Класс F). Классификация. Часть 1. Категории топлив для морских двигателей

ГОСТ 28577.2—90 (ИСО 8216-2—86) Нефтепродукты. Топлива. (Класс F). Классификация. Часть 2. Категории газотурбинных топлив для применения в промышленности и для морских двигателей

ГОСТ 28577.3—90 (ИСО 8216-3—87) Нефтепродукты. Топлива. (Класс F). Классификация. Часть 3. Группа L. Сжиженные нефтяные газы

ГОСТ 30575—98 Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Методы измерения и оценки воздушного шума

ГОСТ 31966—2012 Двигатели судовые, тепловозные и промышленные. Общие требования безопасности

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями

3.1 **двигатель газовый:** Двигатель, который работает на газообразном топливе.

3.2 **двигатель газодизельный:** Двигатель газовый, в котором основным топливом является газообразное, а жидкое топливо в небольшом количестве используется для воспламенения.

3.3 **промышленный двигатель**: Двигатель, предназначенный для использования в стационарных или передвижных установках (электроагрегатах, электростанциях, холодильных секциях рефрижераторных поездов, насосно-перекачивающих или компрессорных станциях, узлах радиосвязи, электросварочных агрегатах и др.), а также карьерных автосамосвалах, автотягачах, буровых установках, строительно-дорожных, землеройных машинах, подъемных кранах и других аналогичных агрегатах.

3.4 **конвертированный двигатель:** Любой двигатель, подвергшийся конструктивным изменениям и приспособленный для работы в других условиях, например, в качестве судового двигателя.

3.5 малотоксичный двигатель: Двигатель, предназначенный для использования в подземных выработках (например, в шахтах), уровень выбросов вредных веществ которого удовлетворяет требованиям национальных органов технадзора.

3.6 **многотопливный двигатель:** Двигатель, конструкция которого обеспечивает возможность его работы помимо основного вида топлива (дизельного или природного газа) также на керосинах, бен-

зинах и других видах жидкого или газообразного топлива или их смесях, соответствуя при этом требованиям, установленным техническими условиями на двигатели конкретного типа.

3.7 **зависимое вспомогательное оборудование:** Любое оборудование, наличие или отсутствие которого влияет на выходную мощность двигателя.

3.8 **независимое вспомогательное оборудование:** Любое оборудование, для привода которого используется мощность от постороннего источника, а не от двигателя.

3.9 **существенное вспомогательное оборудование:** Любое оборудование, необходимое для продолжения или возобновления работы двигателя.

3.10 **несущественное вспомогательное оборудование:** Любое оборудование, которое является необязательным для продолжения или возобновления работы двигателя.

3.11 **регулирование двигателя:** Физическая процедура настройки двигателя для получения на нем мощности, соответствующей различным сочетаниям параметров окружающей среды путем изменения угла опережения подачи топлива, перемещения упора подачи топлива, перенастройки турбокомпрессора или других физических процедур. Двигатель, конструкция которого допускает подобные настройки, является регулируемым двигателем.

3.12 **нерегулируемый двигатель:** Двигатель, в конструкции которого не предусмотрены регулировки применительно к измененным условиям окружающей среды.

3.13 **объявленная мощность:** Мощность, объявленная изготовителем двигателя, которую будет вырабатывать двигатель при заданных окружающих условиях. Для некоторых применений такой мощностью может называться номинальная или полная мощность.

3.14 **объявленная мощность на коленчатом валу:** Мощность, объявленная изготовителем на выходном валу двигателя, поставляемого без редуктора и/или реверсивной передачи.

3.15 **объявленная мощность на валу отбора мощности:** Мощность, объявленная изготовителем на валу отбора мощности двигателя, поставляемого в комплекте с редуктором и/или реверсивной передачей.

3.16 **индикаторная мощность:** Мощность, развиваемая в рабочих цилиндрах в результате давления рабочего тела, действующего на поршень.

3.17 **тормозная мощность:** Мощность или сумма мощностей, снимаемая на конце коленчатого вала или его эквивалента, с учетом мощности вспомогательного оборудования и механизмов, установленных для конкретного применения.

3.18 **длительная мощность** (номинальная мощность): Мощность, которую двигатель может развивать без ограничения времени в период между техническими обслуживаниями, указанными изготовителем, при заданных частоте вращения и окружающих условиях при соблюдении правил технического обслуживания, установленных изготовителем, с учетом возможности развития мощности перегрузки (максимальной мощности).

3.19 **мощность перегрузки** (максимальная мощность): Кратковременная мощность, превышающая длительную (номинальную), которую двигатель может развивать с продолжительностью и частотой использования, зависящими от условий применения двигателя при заданных окружающих условиях, сразу после работы при длительной (номинальной) мощности.

3.20 **мощность на упоре подачи топлива** (полная мощность): Мощность, которую может развивать двигатель в течение установленного периода времени, зависящего от его применения, при заданной частоте вращения и заданных окружающих условиях, при таком ограничении подачи топлива, чтобы не было превышено значение этой мощности. Устанавливается, если не назначена длительная (номинальная) мощность.

3.21 **мощность ИСО:** Мощность, определяемая в рабочих условиях на испытательном стенде изготовителя, приведенная (или откорректированная) к стандартным исходным условиям, указанным в 6.2.3, в соответствии с требованиями изготовителя.

3.22 **стандартная мощность ИСО:** Длительная тормозная мощность, объявленная изготовителем, которую двигатель может развивать, используя только существенное зависимое вспомогательное оборудование, в период между техническими обслуживаниями при следующих условиях:

а) при заданной частоте вращения в рабочих условиях на испытательном стенде изготовителя;

б) при объявленной мощности, приведенной (или откорректированной) к стандартным исходным условиям, указанным в 6.2.3, в соответствии с требованиями изготовителя;

в) при соблюдении правил технического обслуживания, указанных изготовителем.

3.23 **эксплуатационная мощность** (расчетная): Мощность, определяемая при окружающих и рабочих условиях применения двигателя.

3.24 **стандартная эксплуатационная мощность:** Длительная тормозная мощность, объявленная изготовителем, которую двигатель может развивать, используя только существенное зависимое вспомогательное оборудование, в период между техническими обслуживаниями при следующих условиях:

а) при заданной частоте вращения, окружающих и рабочих условиях применения двигателя;

б) при объявленной мощности, приведенной (или откорректированной) в соответствии с требованиями изготовителя к заданным окружающим и рабочим условиям применения двигателя;

в) при соблюдении правил технического обслуживания, указанных изготовителем.

3.25 **приведение мощности:** Методика расчета, позволяющая значение мощности, измеренное при одних условиях окружающей среды, изменить так, чтобы показать ожидаемое значение мощности при других условиях окружающей среды при сохранении приблизительно постоянными термических и (или) механических нагрузок в критических узлах двигателя.

3.26 **корректировка мощности:** Методика расчета, позволяющая значение мощности, измеренное при одних условиях окружающей среды, изменить так, чтобы показать ожидаемое значение мощности при других рабочих или исходных условиях без какой-либо регулировки двигателя. В этом случае мощность и другие характеристики двигателя могут изменяться как функции от условий окружающей среды.

3.27 **нагрузка:** Общий термин для обозначения «мощности» или «крутящего момента», используемый для двигателей, приводящих в действие оборудование, и обычно соответствующий объявленной мощности или крутящему моменту.

Примечание — Термин «нагрузка» является физически неоднозначным, его необходимо избегать. Для количественных целей взамен термина «нагрузка» должен быть использован термин «мощность» или «крутящий момент» с указанием частоты вращения.

3.28 **частота вращения двигателя:** Частота вращения коленчатого вала двигателя в единицу времени.

3.29 **объявленная частота вращения двигателя:** Частота вращения двигателя, соответствующая объявленной мощности. Для некоторых применений двигателей объявленная частота вращения называется номинальной частотой вращения.

3.30 **объявленная промежуточная частота вращения двигателя:** Частота вращения двигателя, составляющая менее 100 % объявленной частоты вращения, заявленной изготовителем, с учетом требований, установленных для конкретного применения двигателя.

3.31 **минимально устойчивая частота вращения двигателя на холостом ходу:** Минимальная частота вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу, допустимая в эксплуатации.

3.32 **частота вращения двигателя, соответствующая максимальному крутящему моменту**: Частота вращения двигателя, соответствующая максимальному крутящему моменту, на упоре подачи топлива, включающая в себя дополнительный крутящий момент, создаваемый корректором топливоподачи, если таковой имеется.

3.33 **расход топлива:** Количество топлива, расходуемого двигателем в единицу времени при заданных мощности и окружающих условиях.

3.34 **удельный расход топлива:** Расход топлива, отнесенный к единице мощности в единицу времени.

3.35 **удельный расход топлива ИСО:** Удельный расход топлива при стандартной мощности ИСО.

3.36 **цикловая подача топлива:** Дозированный объем (масса) топлива, подаваемого системой подачи топлива в течение одного рабочего цикла.

3.37 **удельная цикловая подача топлива:** Дозированный объем (масса) топлива, подаваемого системой подачи топлива в течение одного рабочего цикла на литр рабочего объема двигателя.

3.38 **расход смазочного масла:** Количество смазочного масла, расходуемого двигателем в единицу времени.

3.39 **крутильные колебания:** Колебательные угловые деформации (скручивание) валопровода при вращении

3.40 **запретная зона:** Диапазон частоты вращения, в котором напряжения, вызванные крутильными колебаниями, превосходят значения, допускаемые для длительной работы.

Примечание — Несмотря на то что длительная работа в этом диапазоне запрещена, переход через него допустим при условии, что он не представляет опасности для валопровода.

3.41 **валопровод** (система валов): Совокупность элементов установки для передачи крутящего момента, соединение которых допускает возможность их вращения.

Примечание — В расчетах крутильных колебаний валопровод рассматривается как единое целое.

3.42 **установка:** Совокупность механизмов, включающая в себя один или несколько двигателей и приводимых ими устройств.

3.43 **назначенный ресурс до переборки, полной переборки, капитального ремонта:** Суммарная наработка двигателя, при достижении которой эксплуатация двигателя должна быть прекращена независимо от его состояния для проведения переборки, полной переборки, капитального ремонта.

Примечание — Допускается назначать ресурсы до первой, второй и т.д. переборок (полной переборки), первого и второго капитальных ремонтов.

3.44 **назначенный ресурс до списания:** Суммарная наработка двигателя, при достижении которой эксплуатация двигателя должна быть прекращена независимо от его состояния и двигатель должен быть списан и выведен из эксплуатации с последующей утилизацией.

3.45 **назначенный срок службы:** По ГОСТ 27.002.

3.46 **средний ресурс (срок службы):** По ГОСТ 27.002.

3.47 **техническое обслуживание:** По ГОСТ 18322.

3.48 **установленная безотказная наработка** (назначенный ресурс непрерывной работы): Минимальное значение наработки, в течение которой изготовитель гарантирует безотказную работу двигателя без технического обслуживания, требующего его остановку.

Примечания

1 Данный показатель используют для назначения минимальной наработки, при достижении которой эксплуатация двигателя должна быть прекращена для проведения первого технического обслуживания, требующего остановку двигателя.

2 В случае прерывистого режима работы данный показатель определяют как суммарную наработку без учета остановок, не связанных с отказом двигателя.

3.49 **переборка двигателя:** Текущий ремонт, осуществляемый в процессе эксплуатации для поддержания и восстановления работоспособности двигателя и состоящий из разборки с выемом комплекта поршней, заменой (при необходимости) деталей поршневой группы, последующих сборки и регулировки.

Примечание — Объем работ по замене и ремонту деталей и сборочных единиц определяется их техническим состоянием.

3.50 **полная переборка:** Текущий ремонт, осуществляемый для восстановления работоспособности двигателя и состоящий из полной разборки с освидетельствованием всех деталей и сборочных единиц с частичной заменой (при необходимости) деталей и последующей сборкой и регулировкой.

Примечание — Объем работ по замене и ремонту деталей и сборочных единиц определяется их техническим состоянием.

3.51 **капитальный ремонт:** Ремонт, осуществляемый с целью восстановления исправного состояния и полного или близкого к полному восстановлению ресурса двигателя с восстановлением изношенных поверхностей базовых деталей и коленчатого вала и переукладкой его в новые подшипники в соответствии с требованиями ремонтной документации.

3.52 **отказ двигателя:** Событие, заключающееся в нарушении работоспособности двигателя.

3.53 **продолжительность пуска двигателя:** Время от момента включения пускового устройства (начала перемещения органа управления или подачи сигнала на пуск) до начала устойчивой работы двигателя на топливе.

Примечание — Время на предпусковую прокачку маслом и прогрев пусковых свечей в продолжительность пуска двигателя не входит.

3.54 **продолжительность реверсирования двигателя:** Время от момента начала выполнения операции (начала перемещения органа управления или подачи сигнала на реверс) реверсирования работающего двигателя до начала устойчивой работы двигателя на топливе при вращении коленчатого вала в обратном направлении.

3.55 **продолжительность переключения реверсивной муфты:** Время от момента начала выполнения операции переключения реверсивной муфты (начала перемещения органа управления или подачи сигнала на переключение) при работающем двигателе до начала вращения выходного фланца реверсивной муфты в обратном направлении.

3.56 **стандартная масса двигателя:** Масса двигателя, не заправленного водой, топливом и маслом, без учета маховика, подмоторной рамы (не являющейся неотъемлемой частью остова), присоединенных и навешенных агрегатов, элементов систем топливоподачи, смазки, охлаждения, воздухоснабжения, автоматизации и пуска за исключением топливных насосов высокого давления, турбокомпрессоров и охладителей надувочного воздуха.

3.57 **стандартная удельная масса:** Отношение стандартной массы к стандартной мощности ИСО.

4 Обозначения и сокращения

4.1 В настоящем стандарте применяются следующие обозначения:

a — коэффициент влажности;

b_r — удельный расход топлива при стандартных исходных условиях, г/(кВт·ч);

b_x — удельный расход топлива при местных окружающих условиях, г/(кВт·ч);

b_y — удельный расход топлива при окружающих условиях во время испытаний, г/(кВт·ч);

f_a — атмосферный коэффициент;

f_m — коэффициент двигателя (характерный параметр для двигателя каждого типа);

k — коэффициент индикаторной мощности;

m — показатель степени отношения давлений сухого воздуха или отношения полных атмосферных давлений;

n — показатель степени отношения абсолютных температур окружающего воздуха;

p_d — сухое атмосферное давление при окружающих условиях при испытаниях, кПа;

p_r — стандартное исходное полное атмосферное давление, кПа;

p_{ra} — заменяющее исходное полное атмосферное давление, кПа;

p_{sr} — давление насыщения водяного пара при стандартных исходных условиях, кПа;

p_{sx} — давление насыщения водяного пара при местных окружающих условиях, кПа;

p_{sy} — давление насыщения водяного пара при испытаниях, кПа;

p_x — полное атмосферное давление при местных окружающих условиях, кПа;

p_y — полное атмосферное давление при испытаниях, кПа;

P — мощность, измеренная на конце коленчатого вала или его эквивалента, кВт;

P_r — тормозная мощность при стандартных исходных условиях, кВт;

P_{ra} — тормозная мощность при заменяющих исходных условиях, кВт;

P_x — тормозная мощность при местных окружающих условиях, кВт;

P_y — тормозная мощность при окружающих условиях при испытаниях, кВт;

q — удельная цикловая подача топлива на 1 л рабочего объема двигателя за цикл, мг/(л·цикл);

q_c — удельная цикловая подача топлива на 1 л подаваемого в цилиндры воздуха, используемого для сгорания за рабочий цикл, мг/(л·цикл);

r — степень повышения давления в агрегате наддува (отношение абсолютных давлений воздуха на выходе из компрессора и входе в него);

r_r — степень повышения давления в агрегате наддува при стандартных исходных условиях;

$r_{r,\,max}$ — максимально возможная степень повышения давления в агрегате наддува при стандартных исходных условиях;

s — показатель степени отношения абсолютных температур воздуха в охладителе;

t_{cr} — стандартная исходная температура охлаждающей среды на входе в охладитель наддувочного воздуха, К;

t_{cx} — температура охлаждающей среды на входе в охладитель наддувочного воздуха при местных условиях, К;

t_r — стандартная исходная температура окружающего воздуха, К;

t_x — температура окружающего воздуха при местных условиях, К;

T_{cr} — стандартная исходная абсолютная температура охлаждающей среды на входе в охладитель наддувочного воздуха, К;

T_{cra} — заменяющая исходная абсолютная температура охлаждающей среды на входе в охладитель наддувочного воздуха, К;

T_r — стандартная исходная абсолютная температура окружающего воздуха, К;

T_{ra} — заменяющая исходная абсолютная температура окружающего воздуха, К;

T_x — абсолютная температура окружающего воздуха при местных условиях, К;

T_{cx} — температура охлаждающей среды на входе в охладитель наддувочного воздуха при местных условиях, К;

T_y — абсолютная температура окружающего воздуха при испытаниях, К;

T_{cy} — температура охлаждающей среды на входе в охладитель наддувочного воздуха при испытаниях, К;

α — коэффициент приведения мощности;

α_a — коэффициент корректировки мощности для двигателей с искровым зажиганием;

α_c — коэффициент корректировки мощности для двигателей с воспламенением от сжатия;

α_m — коэффициент корректировки мощности для коэффициента полезного действия (КПД) трансмиссии (передачи);

β — коэффициент пересчета расхода топлива;

η_i — КПД каждого из элементов трансмиссии (передачи);

η_m — механический КПД;

η_t — КПД трансмиссии (передачи), размещенной между коленчатым валом и местом измерения;

φ_r — стандартная исходная относительная влажность окружающего воздуха, %;

φ_x — относительная влажность окружающего воздуха при местных условиях, %;

φ_y — относительная влажность окружающего воздуха при испытаниях, %.

4.2 В настоящем стандарте использованы следующие индексы:

a — атмосферный;

c — двигатель с воспламенением от сжатия;

c — охлаждающая среда наддувочного воздуха;

c — корректированный;

d — сухой;

i — каждый элемент;

m — механический;

max — максимальный;

o — стандартные исходные условия;

r — стандартные исходные условия;

ra — заменяющие исходные условия; *s* — насыщенный (в зависимости от применения);

t — полная;

x — местные условия;

y — условия при испытаниях.

5 Классификация и обозначение двигателей

5.1 Двигатели классифицируются в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Классификационный признак	Двигатель
Тактность	- Четырехтактные - Двухтактные
Способ расположения цилиндропоршневой группы	- Рядные - V-образные - Звездообразные - С противоположно-движущимися поршнями
Вид используемого топлива	- Дизельные - Газовые - Газодизельные

5.2 Условные обозначения двигателей должны состоять из нижеследующих букв и чисел:

Ч — четырехтактный;

Д — двухтактный;

К — крейцкопфный;

Г — газовый;

ГД — газодизельный;

Н — с наддувом;

Р — реверсивный;

С — с реверсивной муфтой;

П — с редукторной передачей;

А — автоматизированный по ГОСТ 14228.

Число перед буквами означает число цилиндров; число над чертой — диаметр цилиндра в сантиметрах; число под чертой — ход поршня в сантиметрах.

Отсутствие в условном обозначении:

- буквы К указывает, что двигатель тронковый;
- буквы Р указывает, что двигатель нереверсивный.

Пример условного обозначения тронкового двенадцатицилиндрового четырехтактного двигателя с наддувом, с реверсивной муфтой, с редукторной передачей, с диаметром цилиндра 18 см и ходом поршня 20 см:

12ЧНСП 18/20

6 Технические требования

6.1 Общие требования

6.1.1 Двигатели следует изготавливать в соответствии с требованиями настоящего стандарта по рабочим чертежам и техническим условиям на двигатели конкретного типа, а двигатели, строящиеся на класс морского и/или речного регистров, должны также соответствовать требованиям этих классификационных обществ. Классификационное общество должно быть заявлено потребителем до размещения заказа.

6.1.2 Дополнительные требования для неподнадзорных регистрам двигателей определяют по соглашению между изготовителем и потребителем.

6.2 Требования к параметрам и режимам работы двигателя

6.2.1 Требования к объявлению мощности:

6.2.1.1 Объявление мощности изготовителем требуется для:

а) информирования потребителя о величине мощности, которую будет развивать двигатель при заданных условиях;

б) проверки ее величины путем измерения мощности двигателя при тех же условиях или после соответствующего соглашения при измененных условиях.

6.2 1.2 При объявлении мощности должны быть указаны:

а) вид объявления мощности (мощность ИСО, эксплуатационная мощность) и, при необходимости, окружающие и рабочие условия;

б) вид применения мощности [длительная (номинальная) мощность, мощность перегрузки (максимальная мощность), мощность на упоре подачи топлива (полная мощность)];

в) вид мощности (индикаторная или тормозная);

г) объявленная частота вращения.

Способы определения мощности двигателя в соответствии с перечислениями а)—в) приведены на рисунке 1.

Термины, используемые в перечислениях а)—в), можно комбинировать, например длительная тормозная мощность на упоре подачи топлива.

6.2.1.3 В зависимости от назначения двигателя в техническом задании и технических условиях на двигатели конкретного типа устанавливают следующие мощности:

- длительную (номинальную);

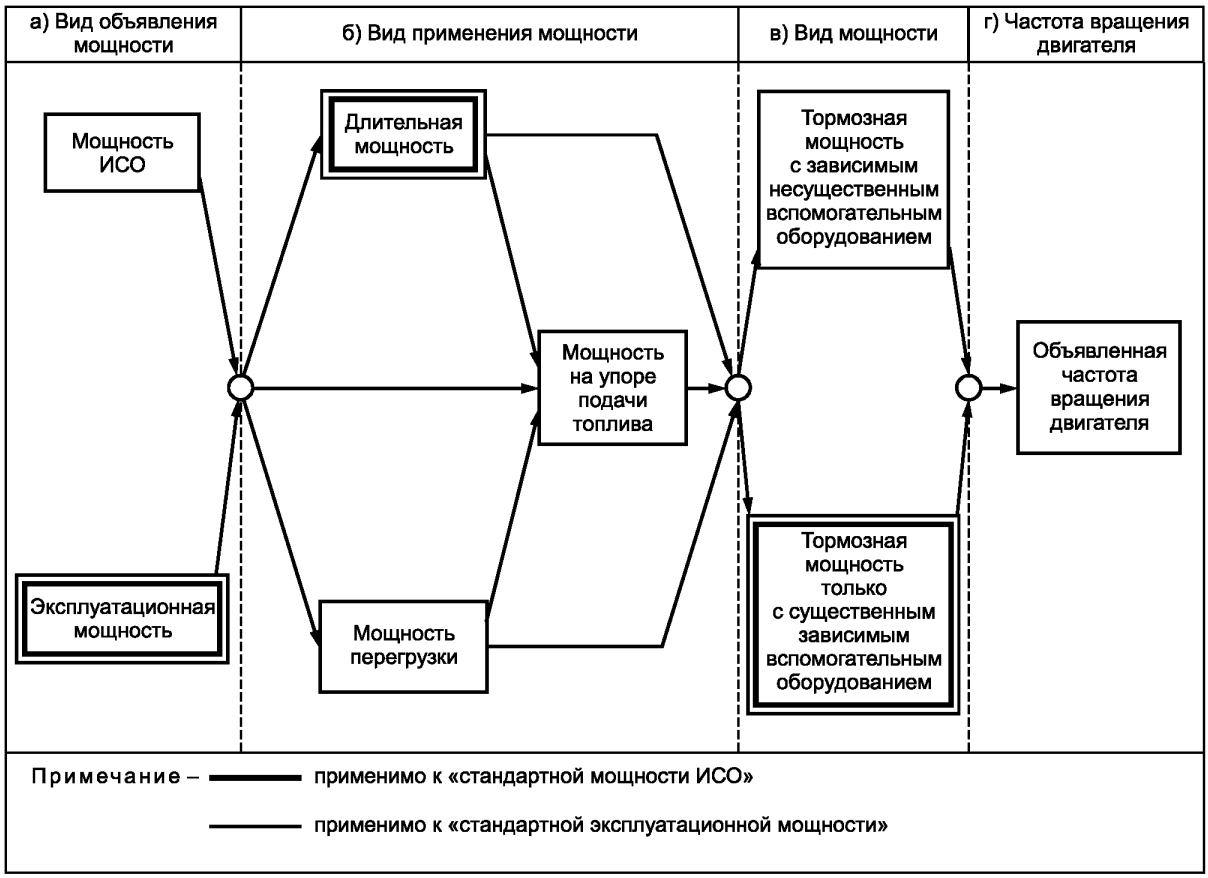


Рисунок 1 — Диаграмма, показывающая способы определения мощности

- мощность перегрузки (максимальную);
- мощность на упоре подачи топлива (полную);
- минимальную, допускаемую при длительной работе двигателя;
- мощность, соответствующую минимально устойчивой частоте вращения;
- минимальную мощность заднего хода (для судовых двигателей).

Допускается по согласованию изготовителя с потребителем (заказчиком) в технических заданиях и технических условиях на двигатели конкретного типа устанавливать дополнительные виды мощностей.

Для двигателей всех назначений в технических заданиях и технических условиях на двигатели конкретного типа устанавливают стандартную мощность ИСО.

6.2.1.4 В зависимости от назначения двигателя и условий его изготовления фактически полученная мощность может колебаться в пределах допуска на объявленную мощность. Наличие такого допуска и его значение должны быть указаны изготовителем.

6.2.1.5 Для двигателей с отбором мощности с помощью вала (валов) любая мощность, устанавливаемая настоящим стандартом, пропорциональна среднему расчетному или измеренному крутящему моменту и средней частоте вращения вала (валов), передающего этот крутящий момент.

6.2.2 Требования к объявлению частоты вращения

6.2.2.1 В зависимости от объявленной мощности двигателя объявляют:

- частоту вращения, соответствующую длительной мощности (номинальной), мощности перегрузки (максимальной) или мощности на упоре подачи топлива (полной);
- минимально устойчивую частоту вращения под нагрузкой;
- минимально устойчивую частоту вращения на холостом ходу;

- максимальную частоту вращения (при необходимости);
- частоту вращения, соответствующую мощности заднего хода.

6.2.2.2 При объявлении мощности двигателя со встроенной передачей должна быть указана частота вращения вала отбора мощности при объявленной частоте вращения двигателя.

6.2.3 Стандартные исходные условия

6.2.3.1 В качестве стандартных исходных условий для определения стандартной мощности ИСО и соответствующего ей удельного расхода топлива принимают следующие условия:

- полное атмосферное давление p_r = 100 кПа;
- температура воздуха T_r = 298 К (t_r = 25 °С);
- относительная влажность воздуха φ_r = 30 %;
- температура охлаждающей среды на входе в охладитель наддувочного воздуха T_{cr}= 298 К (t_{cr} = 25 °С);
- сопротивления на впуске и выпуске 0 мм рт. ст.

Относительная влажность воздуха 30 % при температуре 298 К (25 °С) соответствует давлению водяного пара 1 кПа. Соответствующее атмосферное давление сухого воздуха составляет 99 кПа.

Остальные виды мощностей, предусмотренные в пункте 6.2.1.3, а также соответствующие им удельные расходы топлива устанавливают при заданных в техническом задании и технических условиях потребителем (заказчиком) атмосферных условиях (температуре окружающего воздуха, атмосферном давлении и влажности) и рабочих условиях (давлении на впуске, противодавлении на выпуске, температуре охлаждающей среды на входе в охладитель надувочного воздуха, температуре топлива на входе в двигатель).

Для точного указания условий объявления мощности следует указать вспомогательное оборудование, влияющее на мощность двигателя, в соответствии с перечнем, приведенным в приложении А.

6.2.4 Режимы работы двигателей

6.2.4.1 Двигатели всех назначений, для которых установлена длительная (номинальная) мощность, должны развивать мощность перегрузки (максимальную мощность).

6.2.4.2 Продолжительность и периодичность использования допустимой мощности перегрузки (максимальной мощности) зависят от условий применения двигателя. При этом упор подачи топлива должен быть установлен в положение, позволяющее двигателю развивать мощность перегрузки (максимальную мощность). Мощность перегрузки (максимальная мощность) должна быть выражена в процентах от длительной (номинальной) мощности, при этом должны быть указаны допускаемые продолжительность и периодичность ее использования и соответствующая частота вращения двигателя.

Если нет иного указания, принято допускать мощность перегрузки (максимальную мощность) 110 % длительной (номинальной) мощности при частоте вращения, соответствующей применению двигателя, суммарной продолжительностью один час с перерывами или без них в течение двенадцати часов работы. Такую периодичность также применяют к некоторым мощностям с перегрузкой более 110 % длительной (номинальной) мощности.

Суммарная наработка на режиме мощности перегрузки (максимальной мощности) не должна превышать 10 % времени, отработанного двигателем с начала эксплуатации или после капитального ремонта.

6.2.4.3 Главные судовые реверсивные двигатели должны устойчиво работать на заднем ходу при мощности не менее 85 % длительной (номинальной) мощности или мощности на упоре подачи топлива (полной).

Мощность на валу основного отбора мощности главных судовых нереверсивных двигателей с реверсивной передачей при работе передачи «назад» должна быть не менее 70 % длительной (номинальной) мощности или мощности на упоре подачи топлива (полной).

По согласованию изготовителя с потребителем (заказчиком) и морским регистром судоходства и/или речным регистром допускается устанавливать меньшие значения мощности заднего хода.

6.2.4.4 Минимально устойчивая частота вращения двигателя под нагрузкой и допустимая продолжительность непрерывной работы на этой частоте должны соответствовать значениям, указанным в таблице 2.

Таблица 2

Назначение двигателя	Минимально устойчивая частота вращения от соответствующей при длительной (номинальной) или мощности на упоре подачи топлива (полной), %, не более	Допускамая продолжительность непрерывной работы, ч, не более
Главные судовые: - с прямой передачей на винт фиксированного шага или через редуктор; - с передачей на винт фиксированного шага, имеющей разобщительные устройства, или на винт регулируемого шага	30 30 (45)	4 (3) 4 (3)
Тепловозные	30 (40)	4
Промышленные: - для нефтебуровых установок; - для транспортных средств, экскаваторов, кранов и строительно-дорожных машин	45 45	1 0,5

Примечания

1 Значения, приведенные в скобках, для нового проектирования не применять, кроме случаев, когда это требуется по условиям оборудования на установке.

2 Допускается по соглашению снижать продолжительность работы главных судовых звездообразных двигателей на минимально устойчивой частоте вращения под нагрузкой до 0,5 ч.

3 Допускается по соглашению изготовителя с потребителем (заказчиком) повышать минимально устойчивую частоту вращения двухтактных тронковых двигателей

6.2.4.5 Длительность непрерывной работы двигателя на холостом ходу и допустимую при этом частоту вращения устанавливают в технических условиях на двигатель конкретного типа в зависимости от конструктивных особенностей и назначения.

6.2.4.6 Двигатели должны обеспечивать устойчивую и надежную работу на любых режимах, определяемых полем допустимых нагрузок, заключенных между верхней и нижней ограничительными характеристиками, в диапазоне от минимально устойчивой частоты вращения до частоты вращения, соответствующей длительной (номинальной) мощности или мощности на упоре подачи топлива (полной), по приложению Б.

По соглашению изготовителя с потребителем (заказчиком) допускается ограничивать продолжительность работы на отдельных режимах.

6.2.4.7 Двигатели не должны иметь запретных зон частот вращения, обусловленных крутильными колебаниями, в рабочем диапазоне от минимально устойчивой частоты вращения до максимальной или частоты вращения, соответствующей мощности на упоре подачи топлива (полной мощности).

Зоны опасных крутильных колебаний должны отстоять не менее чем на 3 % от минимально устойчивой и максимальной частоты вращения или частоты вращения, соответствующей мощности на упоре подачи топлива (полной мощности).

Для двигателей в составе энергетической установки допускается наличие запретных зон в рабочем диапазоне частот вращения по соглашению изготовителя с потребителем (заказчиком), а для судовых двигателей, кроме того, — с морским регистром судоходства и/или речным регистром.

6.2.4.8 В установке при обнаружении запретных зон опасных крутильных колебаний в рабочем диапазоне частоты вращения поставщик установки совместно с изготовителями двигателя и приводимых устройств принимают по соглашению меры по устранению этих опасных крутильных колебаний или избежание этих зон.

Переход через запретную зону допускается, если возникающие напряжения не превышают значений напряжений, допускаемых для быстрого перехода.

6.2.5 Объявление расхода топлива

6.2.5.1 Удельный расход топлива двигателя следует устанавливать в технических заданиях и технических условиях на двигатели конкретного типа:

а) при стандартной мощности ИСО;

б) при любой другой объявленной мощности и заданной частоте вращения двигателя, соответствующей конкретному применению двигателя (если требуется по специальному соглашению).

6.2.5.2 Объявленный удельный расход топлива считают удельным расходом топлива ИСО, если нет иного указания изготовителя.

6.2.5.3 Любой объявленный удельный расход топлива двигателя, работающего на жидком топливе, выраженный в единицах массы, должен быть приведен к низшей теплотворной способности топлива 42700 кДж/кг.

Любой объявленный расход топлива газового двигателя должен быть приведен к заявленной теплотворной способности газа. Вид газа должен быть указан.

6.2.5.4 Допускается, если не указано иное, указывать удельный расход топлива с допуском плюс 5 % для объявленной мощности.

6.2.6 Объявление расхода смазочного масла

6.2.6.1 Расход смазочного масла устанавливают в технических заданиях и технических условиях на двигатели конкретного типа в литрах или килограммах за час работы двигателя при объявленных значениях мощности и частоты вращения двигателя.

6.2.6.2 Расход смазочного масла следует объявлять для двигателя, прошедшего установленную обкатку.

6.2.6.3 Смазочное масло, сливаемое во время его замены в двигателе, не должно быть учтено в объявленном расходе смазочного масла.

6.3 Пересчет мощности и удельного расхода топлива

Пересчет объявленной мощности и удельного расхода топлива на атмосферные и рабочие условия, отличные от заданных, проводят в соответствии с нижеследующими требованиями по методике изготовителя.

6.3.1 Методы приведения мощности и пересчета удельного расхода топлива

6.3.1.1 Если требуется, чтобы двигатель работал при условиях, отличных от стандартных исходных условий, указанных в 6.2.3, и чтобы выходная мощность была приведена к (или от) стандартным(х) исходным(х) условиям(й), то должны быть использованы следующие формулы, если другие методы не установлены изготовителем:

$$P_x = \alpha P_r, \tag{1}$$

где α —коэффициент приведения мощности, определяемый по формуле

$$\alpha = k - 0{,}7(1-k)\left(\frac{1}{\eta_m} - 1\right), \tag{2}$$

где k — коэффициент индикаторной мощности, определяемый по формуле

$$k = \left(\frac{p_x - \alpha\varphi_x p_{sx}}{p_r - \alpha\varphi_r p_{sr}}\right)^m \left(\frac{T_r}{T_x}\right)^n \left(\frac{T_{sr}}{T_{sx}}\right)^s. \tag{3}$$

Примеры приведения мощности даны в приложениях Г и Д.

6.3.1.2 Если у двигателя с турбонаддувом значения частоты вращения турбокомпрессора, температуры газа на входе в турбину турбокомпрессора и максимального давления сгорания при объявленной мощности и стандартных исходных условиях не достигают предельных значений, то изготовитель может объявить заменяющие их исходные условия, к которым или от которых должна быть приведена мощность.

В этом случае

$$P_x = \alpha R_{ra}. \tag{4}$$

Формулы (5) и (6) следует использовать вместо формулы (3).

При замене коэффициента давления сухого воздуха в формуле (3) на коэффициент полного атмосферного давления коэффициент индикаторной мощности определяют как

$$k = \left(\frac{p_x}{p_{ra}}\right)^m \left(\frac{T_{ra}}{T_x}\right)^n \left(\frac{T_{cra}}{T_{cx}}\right)^s, \tag{5}$$

где p_{ra} — заменяющее исходное полное атмосферное давление:

$$p_{ra} = p_r \left(\frac{r_r}{r_{r,\max}}\right). \tag{6}$$

Значения коэффициента а и показателей степени m, n и s — по таблице 3.

Таблица 3 — Значения коэффициентов и показателей степени, используемых при приведении мощности

Тип двигателя	Вид топлива	Условия		Обозначение условий	Коэффициент a	Показатель степени		
						m	*n*	*s*
Дизельные двигатели и двухтопливные двигатели с воспламенением от сжатия, работающие на жидком топливе	Дизельное топливо	Без турбонаддува	Мощность, ограниченная соотношением воздух-топливо	*A*	1	1,00	0,75	0
			Мощность, ограниченная термической нагрузкой	*B*	0	1,00	1,00	0
		С турбонаддувом без охлаждения наддувочного воздуха	Мало- и среднеоборотные четырехтактные двигатели	*C*	0	0,7	2,00	0
		С турбонаддувом с охлаждением наддувочного воздуха		*D*	0	0,70	1,20	1
Двигатели (дизели) с воспламенением от сжатия	Дизельное топливо	С турбонаддувом с охлаждением наддувочного воздуха	Малооборотные двухтактные двигатели	*E*	0	*nr*	*nr*	N_r
Газовые двигатели с пилотным впрыском (двухтопливные или газодизели)	Газообразное топливо с пилотным топливом		Мало- и среднеоборотные четырехтактные двигатели	*F*	0	0,57	0,55	1,75
				G	0	0,70	1,20	1,00
			Малооборотные двухтактные двигатели	*H*	0	*nr*	*nr*	*nr*
Двигатели с воспламенением от искры	Бензин, сжиженный нефтяной газ, газообразное топливо	Без турбонаддува	Высокооборотные четырехтактные двигатели	*I*	1	0,86	0,55	0
	Газообразное топливо	С турбонаддувом с охлаждением наддувочного воздуха	Мало- и среднеоборотные четырехтактные двигатели	*J*	0	0,57	0,55	1,75

Примечания

1 Обозначения условий и показатели степени были предоставлены СИМАС (International Council on Combustion Engines).

2 Коэффициенты и показатели степени были установлены в результате испытаний на ряде двигателей определенных типов. Они могут быть приняты как рекомендуемые. Изготовитель двигателя может в качестве альтернативы предложить свои значения, соответствующие конкретной конструкции двигателя.

3 Значения показателя степени *s* применяют для приведения мощности, основываясь на температуре охлаждающей среды на входе в охладитель наддувочного воздуха. Там, где наддувочный воздух охлаждается в одном контуре с водяной рубашкой двигателя при номинальной постоянной температуре, значение *s* может быть принято равным нулю

4 Условия *A* и *D* соответствуют примерам, приведенным в приложениях Г и Д.

5 Высокооборотные четырехтактные двигатели, требующие приведения мощности, не представлены в данной таблице. Корректирующие коэффициенты и показатели степени должны быть определены изготовителем двигателя.

6 *nr* — рекомендуемые значения отсутствуют. Изготовитель двигателя должен использовать свои собственные значения для конкретных конструкций двигателя.

Определение давления водяного пара, степени повышения давления сухого воздуха, коэффициента индикаторной мощности и коэффициента приведения мощности — по таблицам В.1—В.5 приложения В.

6.3.1.3 Если условия испытаний или местные окружающие условия более благоприятные, чем стандартные исходные условия или заменяющие исходные условия, то объявленная мощность при испытаниях или местных окружающих условиях может быть ограничена изготовителем объявленной мощностью при стандартных исходных условиях или заменяющих исходных условиях.

6.3.1.4 Если относительная влажность воздуха неизвестна, то для условий *A* по таблице 3 в формулах принимают значение, равное 30 %.

Во всех остальных случаях приведение мощности не зависит от влажности воздуха ($\alpha = 0$).

6.3.1.5 Значение механического КПД должно быть указано изготовителем двигателя. При отсутствии какого-либо указания принимают $\eta_m = 0{,}80$.

6.3.1.6 При объявлении стандартной мощности ИСО изготовитель двигателя должен указать, какое из условий в таблице 3 является применимым для данного двигателя.

6.3.1.7 Если двигатель должен работать при окружающих условиях при испытаниях или на месте установки, отличных от стандартных исходных условий, указанных в 6.2.3, удельный расход топлива будет отличаться от объявленного при стандартных исходных условиях и должен быть приведен к (или от) стандартным исходным условиям.

Пересчет расхода топлива к окружающим условиям при испытаниях или к местным окружающим условиям для регулируемых двигателей проводят с использованием нижеследующих формул, если изготовитель не указывает других методов:

$$b_x = \beta b_r, \tag{7}$$

где — $\beta = k/\alpha$. (8)

6.3.2 Методы корректировки мощности

6.3.2.1 Метод корректировки мощности подтвержден испытаниями репрезентативного числа нерегулируемых двигателей с частотой вращения 2000 об/мин и более. Изготовитель может применить этот метод (если считает его подходящим) или отказаться от него, если обладает собственными опытными данными.

Этот метод корректировки мощности следует применять для расчета мощности при стандартных исходных условиях, указанных в 6.2.3, основываясь на мощности, измеренной (определенной) при окружающих условиях при испытании.

Для корректировки мощности измеренную (определенную) мощность вычисляют путем умножения на соответствующий коэффициент корректировки мощности по формулам:

- для двигателей с воспламенением от сжатия (дизелей)

$$P_r = \alpha_c P_y; \tag{9}$$

- для двигателей с принудительным зажиганием

$$P_r = \alpha_a P_y. \tag{10}$$

Примеры, показывающие, как коэффициенты корректировки мощности применяют во время испытаний нерегулируемых двигателей, приведены в приложении Е.

6.3.2.2 Коэффициенты корректировки мощности определяют при следующих атмосферных условиях:

по температуре T_y:

- для двигателей с воспламенением от сжатия (дизелей) 283 К $\leq T_y \leq$ 313 К;

- для двигателей с принудительным зажиганием 288 К $\leq T_y \leq$ 308 К;

по атмосферному давлению сухого воздуха p_d для всех двигателей —

$$90 \text{ кПа} \leq p_d \leq 110 \text{ кПа},$$

где $p_d = p_y - \varphi_y p_{sy}$

6.3.2.3 Коэффициент корректировки α_c для двигателей с воспламенением от сжатия (дизелей) с предварительно установленной подачей топлива рассчитывают по формуле

$$\alpha_c = (f_a)^{f_m}, \tag{11}$$

где f_a — атмосферный коэффициент;

f_m — коэффициент двигателя (характерный параметр для двигателя каждого типа).

Формула (11) применима, если значение коэффициента корректировки α_c находится в пределах $0{,}96 \le a_c \le 1{,}06$. Если эти пределы превышены, то должно быть указано полученное значение корректировки, а в отчете об испытаниях должны быть точно указаны окружающие условия при испытаниях (температура и давление).

6.3.2.4 Атмосферный коэффициент f_a характеризует влияние окружающих условий (давление, температура и влажность) на наполнение цилиндров двигателей воздухом. Атмосферный коэффициент, зависящий от типа двигателя, рассчитывают по следующим формулам:

а) для двигателей без наддува и с механическим наддувом

$$f_a = \left(\frac{p_r - \varphi_r p_{sr}}{p_y - \varphi_y p_{sy}}\right)\left(\frac{T_y}{T_r}\right)^{0,7}; \quad (12)$$

б) для двигателей с турбонаддувом без охлаждения наддувочного воздуха или с охлаждением наддувочного воздуха в воздухо-воздушном охладителе

$$f_a = \left(\frac{p_r - \varphi_r p_{sr}}{p_y - \varphi_y p_{sy}}\right)^{0,7}\left(\frac{T_y}{T_r}\right)^{1,2}; \quad (13)$$

в) для двигателей с турбонаддувом с охлаждением наддувочного воздуха в водовоздушном охладителе

$$f_a = \left(\frac{p_r - \varphi_r p_{sr}}{p_y - \varphi_y p_{sy}}\right)^{0,7}\left(\frac{T_y}{T_r}\right)^{0,7}. \quad (14)$$

6.3.2.5 Коэффициент двигателя f_m зависит от типа двигателя и коэффициента избытка воздуха на сгорание, соответствующего установленной топливоподаче.

Коэффициент двигателя f_m, представляющий собой функцию от корректируемой удельной подачи топлива q_c, рассчитывают по формуле

$$f_m = 0{,}036 q_c - 1{,}14, \quad (15)$$

где $q_c = \frac{q}{r_\gamma}$; (16)

где q — удельная цикловая подача, мг/(л/цикл), рассчитываемая по формуле

$$q = \frac{zB}{v_m n}, \quad (17)$$

где z = 120000 для четырехтактных двигателей;

z = 60000 для двухтактных двигателей;

B — расход топлива, г/с;

v_m — рабочий объем двигателя, л;

n — частота вращения, об/мин;

r_r — степень повышения давления в агрегате наддува при стандартных исходных условиях.

Для двухступенчатого турбонаддува r_r есть суммарная степень повышения давления (r_r = 1 для двигателей без наддува).

Формула (15) применима для диапазона 37,2 мг/(л·цикл) ≤ q_c ≤ 65 мг/(л·цикл) подачи воздуха, используемого для сгорания.

Для значений q_c < 37,2 мг/(л/цикл) должно быть принято постоянное значение f_m = 0,2. Для значений q_c > 65 мг/(л/цикл) должно быть принято постоянное значение f_m = 1,2 (рисунок 2).

6.3.2.6 Для двигателей других типов коэффициент корректировки α_c должен быть принят равным 1, если плотность окружающего воздуха не отличается более чем на ± 2 % от плотности при стандартных исходных условиях. Если плотность окружающего воздуха превышает эти пределы, то корректировку не применяют, но условия испытаний должны быть указаны в отчете об испытаниях.

6.3.2.7 Коэффициент корректировки α_a для двигателей с принудительным зажиганием без наддува и с наддувом (без охлаждения наддувочного воздуха и с охлаждением) рассчитывают по формуле

$$\alpha_a = \left(\frac{p_r - \varphi_r p_{sr}}{p_y - \varphi_y p_{sy}}\right)^{1,2}\left(\frac{T_y}{T_r}\right)^{0,6}. \quad (18)$$

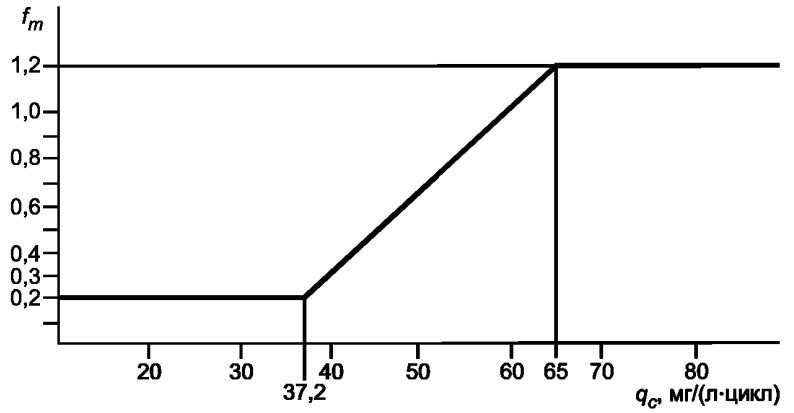


Рисунок 2 — Коэффициент двигателя f_m как функция корректированной удельной цикловой подачи топлива q_c

Формулу (18) применяют для двигателей с карбюраторами либо для двигателей с системами топливоподачи, поддерживающими постоянное топливовоздушное соотношение при изменении окружающих условий. Для иных двигателей применяют требования 6.3.2.6.

Формулу (18) для определения коэффициента корректировки α_a применяют в тех случаях, когда $0{,}96 \le \alpha_a \le 1{,}06$.

6.4 Требования к условиям работы

6.4.1 Двигатели со всеми обслуживающими механизмами и устройствами в зависимости от назначения должны надежно работать в климатических условиях, указанных в таблице 4.

Таблица 4

Назначение двигателей	Температура воздуха, К (°С)		Высота над уровнем моря, м
	наружного	окружающего двигатель (в помещении)	
Судовые	От 243 до 318 (от — 30 до + 45)	От 278 до 323 (от + 5 до + 50)	На уровне моря
Тепловозные	От 223 до 318 (от — 50 до + 45)	От 278 до 328 (от + 5 до + 55)	До 2000
Промышленные:			
- для передвижных электроустановок;	От 223 до 323 (от — 50 до +50)	—	До 2000
- для стационарных установок;	От 233 до 313 (от — 40 до + 40)	От 281 до 323 (от + 8 до + 50)	До 2000
- для буровых установок;	От 233 до 313 (от — 40 до + 40)	—	До 1000
- для насосных, сварочных и других агрегатов;	От 233 до 313 (от — 40 до + 40)	От 278 до 323 (от + 5 до + 50)	До 1000
- для транспортных средств, экскаваторов, кранов, строительно-дорожных машин	От 233 до 313 (от — 40 до + 40)	—	До 2000
Примечание — По требованию потребителя (заказчика) двигатели для передвижных электроустановок мощностью до 200 кВт включительно допускается изготовлять для работы на высоте над уровнем моря до 4000 м.			

В технических условиях на двигатели конкретного типа указывают климатическое исполнение и категорию по ГОСТ 15150 в зависимости от выбранных по таблице 4 условий, а также температуру воздуха на впуске в двигатель.

6.4.2 Судовые двигатели должны надежно работать при температуре воды внешнего контура (забортной воды) от 271 К до 305 К (от минус 2 °С до плюс 32 °С).

6.4.3 Двигатели в зависимости от назначения должны надежно работать при кренах и дифферентах, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Двигатели	Крен, градус, не более		Дифферент, градус, не более	
	длительный	кратковременный	длительный	кратковременный
Судовые:				
- главные и вспомогательные	15	45	5	10
- аварийные	22,5	45	10	10
Промышленные:				
- для передвижных электроустановок, не работающих в движении	10	10	10	10
- для передвижных электроустановок мощностью до 30 кВт, работающих в движении	10	28,5	10	15
- для транспортных средств, кранов, строительно-дорожных машин	10	15	15	25
Примечание — Значение дифферента указано без учета строительного дифферента.				

6.4.4 Корректированный уровень звуковой мощности двигателя (L_{pA}), укомплектованного глушителем и/или воздухоочистителем, определяемый по ГОСТ 30575, не должен превышать значений, рассчитываемых по формуле:

$$L_{pA} = 10\lg \cdot (P \cdot n) + 65 + K, \text{ дБ}A, \quad (19)$$

где P — мощность двигателя, кВт;

n — частота вращения, об/мин;

K — коэффициент, учитывающий конструктивные особенности двигателей с малой удельной массой (до 5 кг/кВт), определяется по формуле:

$$K = 10\lg \cdot \left(\frac{i}{m}\right), \quad (20)$$

где i — число цилиндров двигателя;

m — удельная масса, кг/кВт.

Значения октавных уровней звукового давления на расстоянии 1 м от поверхности двигателя в децибелах и уровня звука в децибелах по шкале А указывают в технических условиях на двигатели конкретного типа.

6.4.5 Допустимые уровни вибрации, измеренные на опорах двигателя, указывают в технических условиях на двигатели конкретного типа.

6.4.6 Требования в части воздействия механических факторов на двигатель устанавливают в технических условиях на двигатели конкретного типа по соглашению между изготовителем и потребителем (заказчиком).

6.4.7 Для двигателей, предназначенных для работы при запыленности воздуха более 0,002 г/м^3, должна быть предусмотрена установка на объекте воздухоочистителей по ГОСТ 11729.

6.4.8 Двигатели должны допускать работу на жидких топливах по ГОСТ 305, ГОСТ 1667, ГОСТ 10585, ГОСТ 10433, ГОСТ 28577.0 — ГОСТ 28577.2 и газовых топливах по ГОСТ 5542, ГОСТ 20448, ГОСТ 21443, ГОСТ 27577, ГОСТ 28577-3.

Допускается по соглашению с потребителем (заказчиком) применять смеси топлив и другие сорта топлив, в том числе зарубежные.

Конкретные марки допускаемых к применению топлив указывают в технических условиях на двигатели конкретного типа и/или в руководстве по эксплуатации двигателя.

6.4.9 Двигатели должны допускать работу на моторных маслах групп $В_2$, $Г_2$, $Д_2$ и $Е_2$ по ГОСТ 8581, ГОСТ 12337, ГОСТ 17479.1. Допускается по соглашению с потребителем (заказчиком) применять и другие сорта масел, в том числе зарубежные.

Конкретные марки допускаемых к применению масел указывают в технических условиях на двигатели конкретного типа и/или в руководстве по эксплуатации двигателя.

6.4.10 Минимальную наработку до замены масла устанавливают в технических условиях на двигатели конкретного типа, дифференцированно в зависимости от марки применяемого масла. Браковочные параметры для смены масла указывают в руководстве по эксплуатации двигателя.

6.4.11 На двигателе следует применять нетоксичные присадки к воде, не выпадающие в осадок и обеспечивающие консервационное действие.

Марки допускаемых к применению незамерзающих жидкостей и присадок указывают в технических условиях на двигатели конкретного типа и/или в руководстве по эксплуатации двигателя.

6.5 Требования к пусковым и реверсивным свойствам двигателей

6.5.1 Пуск сжатым воздухом двигателя, работающего на топливе по ГОСТ 305, обеспечивают в течение времени, не превышающего 8 с, при температурах воздуха на впуске, а также охлаждающей жидкости, масла и дизельного топлива в системах двигателя 281 К (8 °С).

По соглашению изготовителя с потребителем (заказчиком) допускается обеспечивать пуск двигателя при температуре охлаждающей жидкости, масла и топлива в системах двигателя выше 281 К (8 °С), но не более:

288 К (15 °С) — для тепловозных двигателей;

298 К (25 °С) — для двигателей другого назначения.

Пуск двигателя, работающего на других марках жидких топлив, указанных в пункте 6.4.8, производят с подогревом масла и топлива до температуры, обеспечивающей необходимую вязкость, указанную в технических условиях на двигатели конкретного типа и/или в руководстве по эксплуатации двигателя.

Условия пуска двигателей, работающих на газообразном топливе, устанавливают в технических условиях и руководстве по эксплуатации двигателя конкретного типа.

6.5.2 Пуск двигателя электростартером обеспечивают при температурах, указанных в пункте 6.5.1, не более чем с трех попыток. При этом продолжительность времени включения стартера в зависимости от типа двигателя и системы электрооборудования должна быть не более 12 с.

6.5.3 Минимальное давление пускового воздуха, расход воздуха на один пуск и параметры аккумуляторной батареи, обеспечивающие надежный пуск двигателя, указывают в технических условиях и в руководстве по эксплуатации на двигатели конкретного типа.

6.5.4 Вместимость пусковых баллонов должна обеспечивать не менее 12 последовательных пусков и реверсов реверсивных двигателей и не менее 6 пусков нереверсивных двигателей (без пополнения пусковых баллонов воздухом), начиная с холодного состояния (температурного состояния, указанного в 6.5.1).

По согласованию изготовителя с потребителем (заказчиком) допускается устанавливать вместимость пусковых баллонов, обеспечивающую не менее 4 пусков двигателя, кроме судовых двигателей.

6.5.5 Емкость аккумуляторной батареи должна обеспечивать не менее 6 последовательных пусков двигателей (без подзарядки аккумуляторной батареи), начиная с холодного состояния.

6.5.6 Продолжительность реверсирования двигателя не должна превышать 15 с при испытаниях на стенде или на малом ходу судна.

У главных судовых двигателей с реверсивными муфтами продолжительность переключения реверсивной муфты не должна превышать 8 с. Нагрузка и частота вращения двигателя при этом устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем (заказчиком).

Допускается вместо продолжительности переключения реверсивной муфты определять продолжительность реверсирования, которая не должна превышать 15 с.

Продолжительность реверсирования двигателя и/или переключения реверсивной муфты на номинальном режиме работы судна устанавливают в технических условиях и в руководстве по эксплуатации на двигатели конкретного типа.

6.6 Требования к конструктивному исполнению

6.6.1 Направление вращения коленчатого вала двигателя и вала основного отбора мощности устанавливают в соответствии с ГОСТ 22836.

Главные судовые двигатели изготовляют с правым или левым направлением вращения. Расположение органов управления, коллекторов и турбокомпрессоров устанавливают по заказу потребителя (заказчика).

6.6.2 Обозначение и нумерация цилиндров двигателей — по ГОСТ 23550.

6.6.3 Вспомогательные агрегаты (продувочные и наддувочные агрегаты, водяные, масляные и топливоподкачивающие насосы), устанавливаемые на двигателе, должны приводиться непосредственно от двигателя.

По соглашению изготовителя с потребителем (заказчиком) допускается устанавливать вспомогательные агрегаты с автономным приводом.

6.6.4 У каждого судового и тепловозного двигателя должна быть предусмотрена возможность проворачивания коленчатого вала механизированным или ручным приводом.

6.6.5 По соглашению изготовителя с потребителем (заказчиком) на двигателе может быть предусмотрено отключение отдельных цилиндров при работе на холостом ходу и малых нагрузках.

6.7 Требования к автоматизации

6.7.1 Двигатели должны быть автоматизированы или по согласованию изготовителя с потребителем (заказчиком) подготовлены (приспособлены) к автоматизации. Степень и объем автоматизации устанавливают по ГОСТ 14228 в техническом задании и технических условиях на двигатели конкретного типа.

6.7.2 Двигатель следует оборудовать регулятором частоты вращения, соответствующим назначению двигателя и обеспечивающим параметры системы автоматического регулирования частоты вращения по ГОСТ 10511.

6.7.3 По соглашению изготовителя и потребителя (заказчика) двигатели оборудуют и/или приспосабливают для установки диагностических устройств контроля состояния двигателя и/или его систем.

6.7.4 По соглашению изготовителя и потребителя (заказчика) двигатели должны быть оборудованы и/или приспособлены для оборудования микропроцессорными системами управления, регулирования, контроля и диагностирования.

6.7.5 Главные судовые двигатели должны иметь органы местного (аварийного) управления, расположенные непосредственно на двигателе, и комплектоваться приборами текущего контроля основных параметров.

6.7.6 Системы охлаждения и смазки двигателя следует оборудовать терморегуляторами. Автоматическое регулирование температуры должно обеспечивать поддержание регулируемых температур жидкостей в системах охлаждения и смазки двигателя в пределах общей неравномерности, значение которой при изменении нагрузки от 25 % до 100 % и изменении температур забортной воды в соответствии с 6.4.2 или наружного воздуха в соответствии с 6.4.1 должно быть не более 12 К (12 °С) для двигателей с водо-водяным охлаждением и не более 18 К (18 °С) для двигателей с водовоздушным охлаждением.

По соглашению изготовителя и потребителя (заказчика) двигатель оборудуют системой автоматического регулирования температуры наддувочного воздуха.

6.7.7 По соглашению изготовителя с потребителем (заказчиком) двигатели оборудуют счетчиками числа часов работы.

6.8 Требования к показателям надежности двигателей

6.8.1 Номенклатуру показателей надежности двигателей, их обозначение и применяемость устанавливают в соответствии с требованиями ГОСТ 4.367.

6.8.2 Для двигателей, предназначенных для аварийных и резервных двигатель-генераторов, малых катеров, для маневровых и промышленных тепловозов, вместо ресурсов до переборки (полной переборки) и до капитального ремонта устанавливают соответствующие сроки службы.

6.8.3 Для двигателей, используемых на магистральных тепловозах, дизель-поездах и автомотрисах, назначенные ресурсы допускается указывать в километрах пробега тепловоза.

6.8.4 Значения установленной безотказной наработки (назначенного ресурса непрерывной работы), назначенного ресурса до переборки, назначенного ресурса до капитального ремонта, назначенного срока службы до списания устанавливают по согласованию изготовителя и потребителя (заказчика) в технических условиях на двигатели конкретного типа.

6.8.5 Признаками отказа двигателя являются:

- вынужденная остановка двигателя в период между плановыми видами технического обслуживания и ремонта или неплановый ремонт;
- отклонение заданных показателей за допустимые пределы, установленные эксплуатационной документацией.

6.8.6 При оценке показателей надежности не учитывают отказы:

- зависимые, причиной возникновения которых являются отказы другого объекта или вызванные нарушением правил эксплуатации обслуживающим персоналом;
- деталей, подлежащих замене при плановых технических обслуживаниях, если их отказы не привели к отказу двигателя.

6.9 Требования технической эстетики и эргономики

6.9.1 Окраску двигателя и внешнюю отделку его отдельных элементов выполняют по рабочим чертежам и техническим условиям на двигатели конкретного типа.

Допускается не окрашивать поверхности приборов и оборудования, имеющих защитные покрытия.

6.10 Требования к комплектности

6.10.1 Двигатели комплектуют приборами, оборудованием, механизмами, запасными частями, специальным инструментом, необходимыми для обеспечения их эксплуатации, в соответствии с техническими условиями на двигатели конкретного типа.

6.10.2 Каждый двигатель комплектуют эксплуатационной документацией в соответствии с ГОСТ 2.601, указанной в технических условиях на двигатели конкретного типа.

6.11 Требования к маркировке и упаковке

6.11.1 На каждом двигателе на доступном и хорошо видном месте укрепляют табличку, содержащую следующие данные:

- товарный знак изготовителя;
- код по ОКП;
- марку двигателя и обозначение по настоящему стандарту;
- направление вращения фланца основного отбора мощности (для судовых двигателей);
- длительную (номинальную) мощность или мощность на упоре подачи топлива (полную мощность);
- частоту вращения, соответствующую длительной (номинальной) мощности или мощности на упоре подачи топлива (полной мощности);
- массу двигателя (сухую);
- номер двигателя по системе нумерации изготовителя;
- год выпуска.

Для двигателей, предназначенных для судов, строящихся на класс морского и/или речного регистра на табличке двигателя или в месте, указанном изготовителем на несъемной части двигателя, ставится клеймо соответствующего классификационного общества.

Сертифицированные двигатели должны быть снабжены национальным знаком соответствия.

По согласованию изготовителя и потребителя (заказчика) допускается дополнять указанные данные.

6.11.2 Место расположения таблички, размеры и способ нанесения маркировки указывают в рабочих чертежах в соответствии с требованиями ГОСТ 26828.

6.11.3 Транспортная маркировка грузовых мест — по рабочим чертежам в соответствии с требованиями ГОСТ 14192.

6.11.4 Упаковка двигателей — в соответствии с требованиями ГОСТ 23170 по рабочим чертежам и техническим условиям на двигатели конкретного типа.

6.11.5 Консервация двигателей — по ГОСТ 9.014.

Срок защиты — 18 месяцев. По заказу потребителя (заказчика) допускается устанавливать другие сроки защиты.

6.12 Требования безопасности

6.12.1 Требования безопасности — по ГОСТ 31966.

7 Приемка и методы испытаний

7.1 Приемка и методы испытаний — по ГОСТ 10448.

8 Транспортирование и хранение

8.1 Транспортирование двигателей допускается транспортом любого вида в соответствии с требованиями ГОСТ 23170, правилами перевозки грузов и техническими требованиями погрузки и крепления грузов, действующими на каждом виде транспорта.

По согласованию изготовителя и потребителя (заказчика) допускается транспортирование двигателей в крытых вагонах и контейнерах на салазках без упаковки.

8.2 Двигатель следует хранить в условиях 1 (Л) или 2 (С) по ГОСТ 15150. По согласованию изготовителя и потребителя (заказчика) допускается устанавливать другие условия хранения.

9 Гарантии изготовителя

9.1 Изготовитель гарантирует соответствие двигателей требованиям настоящего стандарта при условии соблюдения правил эксплуатации, хранения, транспортирования и монтажа, указанных в руководстве по эксплуатации конкретного типа двигателя.

9.2 Гарантийный срок эксплуатации — не менее 18 мес с момента ввода двигателя в эксплуатацию при гарантийной наработке не более значений назначенных ресурсов до первой (полной) переборки (для тепловозных двигателей — пробега тепловоза до второго текущего ремонта), установленных в технических условиях на двигатели конкретного типа.

Повышенные сроки гарантии допускается устанавливать в технических условиях на двигатели конкретного типа.

Приложение А
(рекомендуемое)

Вспомогательное оборудование, которое может быть установлено на двигателе

Эти перечни являются ориентировочными и не являются исчерпывающими.

А.1 Перечень F — Существенное зависимое вспомогательное оборудование:

а) приводимый от двигателя нагнетательный масляный насос;

б) приводимый от двигателя откачивающий масляный насос для двигателей с сухим картером;

в) приводимый от двигателя насос охлаждающей воды;

г) приводимый от двигателя насос забортной воды;

д) приводимый от двигателя вентилятор для охлаждения радиатора;

е) приводимый от двигателя вентилятор для охлаждения двигателя (для двигателей с воздушным охлаждением или водовоздушным);

ж) приводимый от двигателя компрессор газового топлива;

и) приводимый от двигателя топливоподкачивающий насос;

к) приводимый от двигателя топливный насос для обычной или аккумуляторной системы;

л) приводимый от двигателя продувочный компрессор и (или) компрессор наддувочного воздуха;

м) приводимый от двигателя зарядный генератор, воздушный компрессор или гидравлический насос для подачи энергии на оборудование, указанное в перечне G;

н) приводимый от двигателя насос для смазки цилиндров;

п) воздушный фильтр или глушитель шума (обычный или специальный);

р) глушитель шума выпуска (обычный или специальный).

А.2 Перечень G — Существенное независимое вспомогательное оборудование:

а) автономный нагнетательный масляный насос;

б) автономный откачивающий масляный насос для двигателей с сухим картером;

в) автономный насос охлаждающей воды;

г) автономный насос забортной воды;

д) автономный вентилятор для охлаждения радиатора;

е) автономный вентилятор для охлаждения двигателя (для двигателей с воздушным охлаждением);

ж) автономный компрессор газового топлива;

и) автономный топливоподкачивающий насос;

к) автономный топливный насос для обычной или аккумуляторной системы;

л) автономный продувочный компрессор и (или) компрессор наддувочного воздуха;

м) автономный вытяжной вентилятор картера;

н) автономный насос для смазки цилиндров;

п) система регулирования или управления, приводимая от внешнего источника.

А.3 Перечень H — Несущественное зависимое вспомогательное оборудование:

а) приводимый от двигателя пусковой воздушный компрессор;

б) приводимый от двигателя генератор, воздушный компрессор или гидравлический насос для подачи энергии на оборудование, не указанное в перечне G;

в) приводимый от двигателя откачивающий насос;

г) приводимый от двигателя пожарный насос;

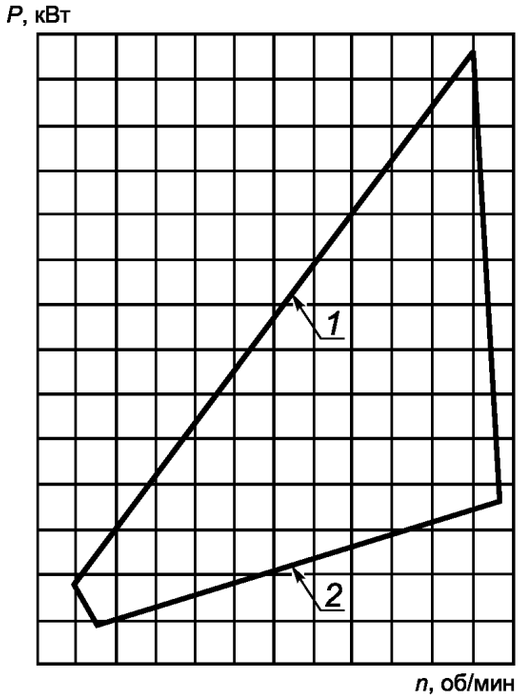
д) приводимый от двигателя вентилятор;

е) приводимый от двигателя топливоперекачивающий насос;

ж) встроенный в двигатель упорный подшипник.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Поле допустимых нагрузок двигателя



1 — верхняя ограничительная характеристика — характеристика наибольших мощностей, допустимых при длительной работе двигателя; *2* — нижняя ограничительная характеристика — характеристика минимальных мощностей, допустимых при длительной работе двигателя

Рисунок Б.1 — Поле допустимых нагрузок при работе двигателя

Приложение В
(рекомендуемое)

Определение давления водяного пара, коэффициентов и отношений

В.1 Определение давления водяного пара

В таблице В.1 указаны значения давления водяного пара ($\varphi_x p_{sx}$) для различных температур воздуха t_x и относительной влажности воздуха j_x.

Таблица В.1 — Значения давления водяного пара

t_x, °С	Относительная влажность воздуха φ_x, %								
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
	Давление водяного пара $\varphi_x p_{sx}$, кПа								
–10	0,30	0,27	0,24	0,21	0,18	0,15	0,12	0,09	0,06
–9	0,33	0,29	0,26	0,23	0,20	0,16	0,13	0,10	0,07
–8	0,35	0,32	0,28	0,25	0,21	0,18	0,14	0,11	0,07
–7	0,38	0,34	0,30	0,27	0,23	0,19	0,15	0,11	0,08
–6	0,41	0,36	0,32	0,28	0,24	0,20	0,16	0,12	0,08
–5	0,43	0,39	0,35	0,30	0,26	0,22	0,17	0,13	0,09
–4	0,46	0,41	0,37	0,32	0,28	0,23	0,18	0,14	0,09
–3	0,49	0,44	0,39	0,34	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
–2	0,53	0,47	0,42	0,37	0,32	0,26	0,21	0,16	0,10
–1	0,56	0,50	0,45	0,39	0,34	0,28	0,22	0,17	0,11
0	0,60	0,54	0,48	0,42	0,36	0,30	0,24	0,18	0,12
1	0,64	0,58	0,51	0,45	0,39	0,32	0,26	0,19	0,13
2	0,69	0,62	0,55	0,48	0,41	0,34	0,28	0,21	0,14
3	0,74	0,66	0,59	0,52	0,44	0,37	0,30	0,22	0,15
4	0,79	0,71	0,63	0,55	0,47	0,40	0,32	0,24	0,16
5	0,85	0,76	0,68	0,59	0,51	0,42	0,34	0,25	0,17
6	0,91	0,82	0,73	0,64	0,55	0,46	0,36	0,27	0,18
7	0,98	0,88	0,78	0,68	0,59	0,49	0,39	0,29	0,20
8	1,05	0,94	0,84	0,73	0,63	0,52	0,42	0,31	0,21
9	1,12	1,01	0,90	0,78	0,67	0,56	0,45	0,34	0,22
10	1,20	1,08	0,96	0,84	0,72	0,60	0,48	0,36	0,24
11	1,28	1,16	1,03	0,90	0,77	0,64	0,51	0,39	0,26
12	1,37	1,24	1,10	0,96	0,82	0,69	0,55	0,41	0,27
13	1,47	1,32	1,17	1,03	0,88	0,73	0,59	0,44	0,29
14	1,57	1,41	1,25	1,10	0,94	0,78	0,63	0,47	0,31
15	1,67	1,51	1,34	1,17	1,00	0,84	0,67	0,50	0,33
16	1,79	1,61	1,43	1,25	1,07	0,89	0,71	0,54	0,36

Окончание таблицы В.1

t_x, °С	Относительная влажность воздуха φ_x, %								
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
	Давление водяного пара $\varphi_x p_{sx}$, кПа								
17	1,90	1,71	1,52	1,33	1,14	0,95	0,76	0,57	0,38
18	2,03	1,83	1,62	1,42	1,22	1,01	0,81	0,61	0,41
19	2,16	1,94	1,73	1,51	1,30	1,08	0,86	0,65	0,43
20	2,30	2,07	1,84	1,61	1,38	1,15	0,92	0,69	0,46
21	2,45	2,20	1,96	1,71	1,47	1,22	0,98	0,73	0,49
22	2,60	2,34	2,08	1,82	1,56	1,30	1,04	0,78	0,52
23	2,77	2,49	2,21	1,94	1,66	1,38	1,11	0,83	0,55
24	2,94	2,65	2,35	2,06	1,76	1,47	1,18	0,88	0,59
25	3,12	2,81	2,50	2,19	1,87	1,56	1,25	0,94	0,62
26	3,32	2,98	2,65	2,32	1,99	1,66	1,33	0,99	0,66
27	3,52	3,17	2,82	2,46	2,11	1,76	1,41	1,06	0,70
28	3,73	3,36	2,99	2,61	2,24	1,87	1,49	1,12	0,75
29	3,96	3,56	3,17	2,77	2,38	1,98	1,58	1,19	0,79
30	4,20	3,78	3,36	2,94	2,52	2,10	1,68	1,26	0,84
31	4,45	4,01	3,56	3,12	2,67	2,23	1,78	1,34	0,89
32	4,72	4,25	3,78	3,30	2,83	2,36	1,89	1,42	0,94
33	5,00	4,50	4,00	3,50	3,00	2,50	2,00	1,50	1,00
34	5,29	4,76	4,24	3,71	3,18	2,65	2,12	1,59	1,06
35	5,60	5,04	4,48	3,92	3,36	2,80	2,24	1,68	1,12
36	5,93	5,34	4,74	4,15	3,56	2,97	2,37	1,78	1,19
37	6,27	5,64	5,02	4,39	3,76	3,14	2,51	1,88	1,25
38	6,63	5,97	5,30	4,64	3,98	3,32	2,65	1,99	1,33
39	7,01	6,31	5,61	4,90	4,20	3,50	2,80	2,10	1,40
40	7,40	6,66	5,92	5,18	4,44	3,70	2,96	2,22	1,48
41	7,81	7,03	6,25	5,47	4,69	3,91	3,12	2,34	1,56
42	8,24	7,42	6,59	5,77	4,94	4,12	3,30	2,47	1,65
43	8,69	7,82	6,95	6,08	5,21	4,34	3,47	2,61	1,74
44	9,15	8,24	7,32	6,41	5,49	4,58	3,66	2,75	1,83
45	9,63	8,67	7,71	6,74	5,78	4,82	3,85	2,89	1,93
46	10,13	9,12	8,11	7,09	6,08	5,07	4,05	3,04	2,03
47	10,65	9,58	8,52	7,45	6,39	5,33	4,26	3,20	2,13
48	11,18	10,07	8,95	7,83	6,71	5,59	4,47	3,36	2,24
49	11,73	10,56	9,39	8,21	7,04	5,87	4,69	3,52	2,35
50	12,30	11,07	9,84	8,61	7,38	6,15	4,92	3,69	2,46

В.2 Определение отношений давлений сухого воздуха

Значения отношений давлений сухого воздуха, рассчитываемые по формуле $\frac{p_x - \alpha\varphi_x p_{sx}}{p_r - \alpha\varphi_r p_{sr}}$, , входящей в формулу (3), указаны в таблице В.2 применительно к формулам с условиями *A*, *E* и *G* (см. таблицу 3) при а = 1 и для различных значений полного барометрического давления p_x и давления водяного пара $\varphi_x p_{sx}$. Если значение давления водяного пара неизвестно, то оно может быть определено исходя из значений температуры воздуха и относительной влажности воздуха при использовании таблицы В.1.

Таблица В.2 — Значения отношений давлений сухого воздуха

Высота, м	Полное барометрическое давление p_x, кПа	Давление водяного пара $\varphi_x p_{sx}$, кПа													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Отношение давлений сухого воздуха $\frac{p_x - \alpha\varphi_x p_{sx}}{p_r - \alpha\varphi_r p_{sr}}$,													
0	101,3	1,02	1,03	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89
100	100,0	1,01	1,00	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87
200	98,9	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86
400	96,7	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84
600	94,4	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82
800	92,1	0,93	0,92	0,91	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79
1000	89,9	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77
1200	87,7	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75
1400	85,6	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73
1600	83,5	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71
1800	81,5	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69
2000	79,5	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67
2200	77,6	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65
2400	75,6	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63
2600	73,7	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61
2800	71,9	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59
3000	70,1	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57
3200	68,4	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,58	0,57	0,56	0,55
3400	66,7	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54
3600	64,9	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52
3800	63,2	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50
4000	61,5	0,62	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,48
4200	60,1	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48	0,47
4400	58,5	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,48	0,47	0,46	0,45
4600	56,9	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44
4800	55,3	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42
5000	54,1	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42	0,41

В.3 Определение коэффициента индикаторной мощности *k*

Формула (3) или (5) может иметь вид

$$k = (R_1)^{y_1} (R_2)^{y_2} (R_3)^{y_3},$$

где $R_1 = \dfrac{p_x - \alpha\varphi_x p_{sx}}{p_r - \alpha\varphi_r p_{sr}}$ или $\dfrac{p_x}{p_{za}}$;

$R_2 = \dfrac{T_r}{T_x}$ или $\dfrac{T_{ra}}{T_x}$;

$R_3 = \dfrac{T_{cr}}{T_{cx}}$ или $\dfrac{T_{cra}}{T_{cx}}$;

$y_1 = m$; $y_2 = n$; $y_3 = s$.

Значение R_1 может быть определено по таблице В.2, а остальные значения R могут быть рассчитаны.

Значения m, n и s определяют по таблице В.3.

Значения R^y для известных отношений R и известных показателей y приведены в таблице В.3.

Таблица В.3 — Значения R^y для определения коэффициента индикаторной мощности *k*

R	*y*								
	0,50	0,55	0,57	0,7	0,75	0,86	1,20	1,75	12,00
	R^y								
0,60	0,775	0,755	0,747	0,699	0,682	0,645	0,542	0,409	0,360
0,62	0,787	0,769	0,762	0,716	0,699	0,663	0,564	0,433	0,384
0,64	0,800	0,782	0,775	0,732	0,716	0,681	0,585	0,458	0,410
0,66	0,812	0,796	0,789	0,748	0,732	0,700	0,607	0,483	0,436
0,68	0,825	0,809	0,803	0,763	0,749	0,718	0,630	0,509	0,462
0,70	0,837	0,822	0,816	0,779	0,765	0,736	0,652	0,536	0,490
0,72	0,849	0,835	0,829	0,795	0,782	0,754	0,674	0,563	0,518
0,74	0,860	0,847	0,842	0,810	0,798	0,772	0,697	0,590	0,548
0,76	0,872	0,860	0,855	0,825	0,814	0,790	0,719	0,619	0,578
0,78	0,883	0,872	0,868	0,840	0,830	0,808	0,742	0,647	0,608
0,80	0,894	0,885	0,881	0,855	0,846	0,825	0,765	0,677	0,640
0,82	0,906	0,897	0,893	0,870	0,862	0,843	0,788	0,707	0,672
0,84	0,917	0,909	0,905	0,885	0,877	0,861	0,811	0,737	0,706
0,86	0,927	0,920	0,918	0,900	0,893	0,878	0,834	0,768	0,740
0,88	0,938	0,932	0,930	0,914	0,909	0,896	0,858	0,800	0,774
0,90	0,949	0,944	0,942	0,929	0,924	0,913	0,881	0,832	0,810
0,92	0,959	0,955	0,954	0,943	0,939	0,931	0,905	0,864	0,846
0,94	0,970	0,967	0,965	0,958	0,955	0,948	0,928	0,897	0,884
0,96	0,980	0,978	0,977	0,972	0,970	0,966	0,952	0,931	0,922
0,98	0,990	0,989	0,989	0,986	0,985	0,983	0,976	0,965	0,960
1,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1,02	1,010	1,011	1,011	1,014	1,015	1,017	1,024	1,035	1,040

Окончание таблицы В.3

R	y								
	0,50	0,55	0,57	0,7	0,75	0,86	1,20	1,75	12,00
	R^y								
1,04	1,020	1,022	1,023	1,028	1,030	1,034	1,048	1,071	1,082
1,06	1,030	1,033	1,034	1,042	1,045	1,051	1,072	1,107	1,124
1,08	1,038	1,043	1,045	1,055	1,059	1,068	1,097	1,144	1,166
1,10	1,049	1,054	1,056	1,069	1,074	1,085	1,121	1,182	1,210
1,12	1,058	1,064	1,067	1,083	1,089	1,102	1,146	1,219	1,254
1,14	1,068	1,075	1,078	1,096	1,103	1,119	1,170	1,258	1,300
1,16	1,077	1,085	1,088	1,110	1,118	1,136	1,195	1,297	1,346
1,18	1,086	1,095	1,099	1,123	1,132	1,153	1,220	1,336	1,392
1,20	1,095	1,106	1,110	1,135	1,147	1,170	1,245	1,376	1,440

В.4 Определение коэффициента пересчета расхода топлива β

В таблице В.4 указаны значения коэффициента пересчета расхода топлива β [см. формулу (8)] для известных значений коэффициента индикаторной мощности k и механического КПД η_m.

Значение k [см. формулы (3) и (5)] можно определить по таблице В.3.

Значение η_m устанавливает изготовитель.

Таблица В.4 — Значения коэффициента пересчета расхода топлива β

k	Механический КПД η_m					
	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
	Коэффициент пересчета расхода топлива β					
0,50	1,429	1,304	1,212	1,141	1,084	1,038
0,52	1,383	1,275	1,193	1,129	1,077	1,035
0,54	1,343	1,248	1,175	1,118	1,071	1,032
0,56	1,308	1,225	1,159	1,108	1,065	1,030
0,58	1,278	1,203	1,145	1,098	1,060	1,027
0,60	1,250	1,184	1,132	1,090	1,055	1,025
0,62	1,225	1,167	1,120	1,082	1,050	1,023
0,64	1,203	1,151	1,109	1,075	1,046	1,021
0,66	1,183	1,137	1,099	1,068	1,042	1,019
0,68	1,164	1,123	1,090	1,062	1,038	1,018
0,70	1,148	1,111	1,081	1,056	1,035	1,016
0,72	1,132	1,100	1,073	1,051	1,031	1,015
0,74	1,118	1,089	1,066	1,045	1,028	1,013
0,76	1,105	1,080	1,059	1,041	1,025	1,012
0,78	1,092	1,070	1,052	1,036	1,022	1,011
0,80	1,081	1,062	1,046	1,032	1,020	1,009

Окончание таблицы В.4

k	Механический КПД η_m					
	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
	Коэффициент пересчета расхода топлива β					
0,82	1,071	1,054	1,040	1,028	1,017	1,008
0,84	1,061	1,047	1,035	1,024	1,015	1,007
0,86	1,051	1,040	1,029	1,021	1,013	1,006
0,88	1,043	1,033	1,024	1,017	1,011	1,005
0,90	1,035	1,027	1,020	1,014	1,009	1,004
0,92	1,027	1,021	1,016	1,011	1,007	1,003
0,94	1,020	1,015	1,011	1,008	1,005	1,002
0,96	1,013	1,010	1,007	1,005	1,003	1,002
0,98	1,006	1,005	1,004	1,003	1,002	1,001
1,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1,02	0,994	0,995	0,997	0,998	0,999	0,999
1,04	0,989	0,991	0,993	0,995	0,997	0,999
1,06	0,983	0,987	0,990	0,993	0,996	0,998
1,08	0,978	0,983	0,987	0,991	0,994	0,997
1,10	0,974	0,979	0,984	0,989	0,993	0,997
1,12	0,969	0,976	0,982	0,987	0,992	0,996
1,14	0,965	0,972	0,979	0,985	0,991	0,996
1,16	0,960	0,969	0,976	0,983	0,989	0,995
1,18	0,956	0,966	0,974	0,982	0,988	0,994
1,20	0,952	0,963	0,972	0,980	0,987	0,994

В.5 Определение коэффициента приведения мощности α

В таблице В.5 указаны значения коэффициента приведения мощности α [см. формулу (2)] для известных значений коэффициента индикаторной мощности k и механического КПД η_m.

Значение k [см. формулы (3) и (5)] может быть определено по таблице В.3.

Значение η_m устанавливает изготовитель.

Таблица В.5 — Значения коэффициента приведения мощности α

k	Механический КПД η_m					
	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
	Коэффициент приведения мощности α					
0,50	0,350	0,383	0,413	0,438	0,461	0,482
0,52	0,376	0,408	0,436	0,461	0,483	0,502
0,54	0,402	0,433	0,460	0,483	0,504	0,523
0,56	0,428	0,457	0,483	0,506	0,526	0,544
0,58	0,454	0,482	0,507	0,528	0,547	0,565

Окончание таблицы В.5

k	Механический КПД η_m					
	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
	Коэффициент приведения мощности α					
0,60	0,480	0,507	0,530	0,551	0,569	0,585
0,62	0,506	0,531	0,554	0,573	0,590	0,606
0,64	0,532	0,556	0,577	0,596	0,612	0,627
0,66	0,558	0,581	0,601	0,618	0,634	0,648
0,68	0,584	0,605	0,624	0,641	0,655	0,668
0,70	0,610	0,630	0,648	0,663	0,677	0,689
0,72	0,636	0,655	0,671	0,685	0,698	0,710
0,74	0,662	0,679	0,695	0,708	0,720	0,730
0,76	0,688	0,704	0,718	0,730	0,741	0,751
0,78	0,714	0,729	0,742	0,753	0,763	0,772
0,80	0,740	0,753	0,765	0,775	0,784	0,793
0,82	0,766	0,778	0,789	0,798	0,806	0,813
0,84	0,792	0,803	0,812	0,820	0,828	0,834
0,86	0,818	0,827	0,836	0,843	0,849	0,855
0,88	0,844	0,852	0,859	0,865	0,871	0,876
0,90	0,870	0,877	0,883	0,888	0,892	0,896
0,92	0,896	0,901	0,906	0,910	0,914	0,917
0,94	0,922	0,926	0,930	0,933	0,935	0,938
0,96	0,948	0,951	0,953	0,955	0,957	0,959
0,98	0,974	0,975	0,977	0,978	0,978	0,979
1,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1,02	1,026	1,025	1,024	1,023	1,022	1,021
1,04	1,052	1,049	1,047	1,045	1,043	1,042
1,06	1,078	1,074	1,071	1,067	1,065	1,062
1,08	1,104	1,099	1,094	1,090	1,086	1,083
1,10	1,130	1,123	1,118	1,112	1,108	1,104
1,12	1,156	1,148	1,141	1,135	1,129	1,124
1,14	1,182	1,173	1,165	1,157	1,151	1,145
1,16	1,208	1,197	1,188	1,180	1,172	1,166
1,18	1,234	1,222	1,212	1,202	1,194	1,187
1,20	1,260	1,247	1,235	1,225	1,216	1,207

Приложение Г
(справочное)

Примеры приведения мощности и пересчета удельного расхода топлива от стандартных или заменяющих исходных условий к местным окружающим условиям

Пример 1

Двигатель без наддува мощностью, ограниченной коэффициентом избытка воздуха, имеет стандартную мощность ИСО 500 кВт, механический КПД η_m = 85 % и удельный расход топлива ИСО b_r = 220 г/(кВт · ч).

Каковы ожидаемая стандартная эксплуатационная мощность и удельный расход топлива на месте установки при полном атмосферном давлении p_x= 87 кПа, температуре воздуха t_x = 45 °С и относительной влажности φ_x = 80 %?

Согласно таблице 3 для условий *А* имеют: a = 1; *m* = 1; *n* = 0,75 и *s* = 0.

Стандартные исходные условия:	Местные окружающие условия:
p_r = 100 кПа;	p_x = 87 кПа;
T_r = 298 К;	T_x = 318 К;
φ_r = 0,3;	φ_x = 0,8.
η_m = 0,85.	

Согласно таблице В.1 при t_x = 45 °С и φ_x = 0,8 имеют:

$$\varphi_x p_{sx} = 7{,}71 \text{ кПа}.$$

Согласно таблице В.2 при p_x = 87 кПа и $\varphi_x p_{sx}$ = 7,71 кПа путем интерполяции получают:

$$\frac{p_x - \alpha\varphi_x p_{sx}}{p_r - \alpha\varphi_r p_{sr}} = 0{,}801.$$

Согласно таблице В.3 при

$$\frac{T_r}{T_x} = \frac{298}{318} = 0{,}937$$

и *n* =0,75 путем интерполяции получают:

$$\left(\frac{T_r}{T_x}\right)^n = 0{,}952.$$

По формуле (3) вычисляют k = 0,801 · 0,952 = 0,763.

Согласно таблице В.4 при k = 0,763 и η_m = 0,85 путем интерполяции получают

$$\beta = 1{,}040.$$

Согласно таблице В.5 при k = 0,763 и η_m = 0,85 путем интерполяции получают a = 0,7336.

Отсюда получают:

- длительную тормозную мощность на месте установки 500 · 0,7336 = 366,8 кВт;
- удельный расход топлива на месте установки 220 · 1,040 = 228,8 г/(кВт ··ч).

Пример 2

Среднеоборотный четырехтактный двигатель с турбонаддувом и охлаждением наддувочного воздуха имеет объявленную мощность 1000 кВт при стандартных исходных условиях, с механическим КПД 90 % и степенью повышения давления 2. Изготовитель объявляет, что пределы температуры и частоты вращения турбокомпрессора не были достигнуты при стандартных исходных условиях, и устанавливает заменяющие условия при температуре 313 К и максимальной степени повышения давления 2,36.

Какую мощность можно получить на высоте 4000 м при температуре окружающего воздуха 323 К и температуре охладителя наддувочного воздуха 310 К?

Согласно таблице 3 для условий *А* имеют: a = 0; *m* = 0,7; *n* = 1,2 и *s* = 1.

По формуле (6) при p_r= 100 кПа, r_r = 2 и r_{max} = 2,36 вычисляют:

$$p_{ra} = \frac{100 \cdot 2{,}0}{2{,}36} = 84{,}7.$$

Согласно таблице В.2 при высоте 4000 м имеют p_x = 61,5 кПа.

Стандартные исходные условия:

p_{ra} = 84,7 кПа;

T_{ra} = 313 К;

T_{cr} = 298 К;

η_m = 0,90.

Местные окружающие условия:

p_x = 61,5 кПа;

T_x = 323 К;

T_{cx} = 310 К.

Отсюда получают:

$$\frac{p_x}{p_{ra}} = \frac{61,5}{84,7} = 0,726,$$

$$\frac{T_{ra}}{T_x} = \frac{313}{323} = 0,969,$$

$$\frac{T_{cr}}{T_{cx}} = \frac{298}{310} = 0,961.$$

По формуле (5) рассчитывают:

$$k = \left(\frac{p_x}{p_{ra}}\right)^{0,7} \left(\frac{T_{ra}}{T_x}\right)^{1,2} \left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}}\right)^{1,0}.$$

Согласно таблице В.3 путем интерполяции получают:

$$(0,726)^{0,7} = 0,799;$$

$$(0,969)^{1,2} = 0,963;$$

$$k = 0,799 \cdot 0,963 \cdot 0,961 = 0,741.$$

Согласно таблице В.5 при k= 0,74 и η_m = 0,90 получают а = 0,720.

Отсюда получают:

мощность на месте установки 0,720 · 1000 = 720 кВт при степени повышения давления 2,36.

Приложение Д
(справочное)

Пример приведения мощности от местных окружающих условий к окружающим условиям при испытаниях и заменяющим местные окружающие условия для регулируемых двигателей

Четырехтактный двигатель с турбонаддувом с охладителем наддувочного воздуха развивает тормозную мощность P_x = 640 кВт при местных окружающих условиях.

Какую тормозную мощность будет он развивать при окружающих условиях при испытаниях?

Местные окружающие условия:	Окружающие условия при испытаниях:
p_x = 70 кПа;	p_y = 100 кПа;
T_x = 330 К;	T_y = 300 К;
T_{cx} = 300 К.	T_{cy} = 280 К.

Механический КПД η_m относится к стандартным исходным условиям и составляет 85 %.

Сначала требуется привести мощность при местных окружающих условиях к стандартным исходным условиям, а затем полученный результат привести к окружающим условиям при испытаниях.

Первой ступенью рассматриваемого примера является определение тормозной мощности при стандартных исходных условиях.

Основными формулами, необходимыми для приведения мощности, являются формулы (1), (2) и (5) по 6.3.1.1 и 6.3.1.2.

Для приведения тормозной мощности P_x при местных окружающих условиях к тормозной мощности при стандартных исходных условиях P_r используют преобразованную формулу (1):

$$P_r = \frac{P_x}{\alpha}.$$

Коэффициент α для приведения тормозной мощности от местных окружающих условий к стандартным исходным условиям определяют как

$$k = \left(\frac{p_x}{p_r}\right)^m \left(\frac{T_r}{T_x}\right)^n \left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}}\right)^s,$$

где m, n и s — показатели степени, определяемые по таблице 3 для условий D:

$$m = 0{,}7;\ n = 1{,}2;\ s = 1{,}0.$$

Полученные значения подставляют в формулу (5):

$$k = \left(\frac{70}{100}\right)^{0{,}7} \left(\frac{298}{330}\right)^{1{,}2} \left(\frac{298}{300}\right)^{1{,}0} = 0{,}685,$$

α = 0,685 – 0,7(1 – 0,685)(1/0,85 – 1) = 0,685 – (0,7·0,315 · 0,176) = 0,646.

Следовательно, тормозная мощность при стандартных исходных условиях

$$P_r = 640/0{,}646 = 991 \text{ кВт}.$$

Это является выходной мощностью при стандартных исходных условиях.

Следующей ступенью будет приведение тормозной мощности от стандартных исходных условий к окружающим условиям при испытаниях.

Приведение тормозной мощности от стандартных исходных условий к окружающим условиям при испытаниях рассчитывают по формулам:

$$P_y = \alpha P_r,$$

$$\alpha = k - 0{,}7(1-k)\left(\frac{1}{\eta_m} - 1\right),$$

$$k = \left(\frac{p_y}{p_r}\right)^m \left(\frac{T_r}{T_y}\right)^n \left(\frac{T_{cr}}{T_{cy}}\right)^s.$$

Подставляя значения, полученные выше, находят:

$$k = \left(\frac{100}{100}\right)^{0,7}\left(\frac{298}{330}\right)^{1,2}\left(\frac{298}{298}\right)^{1,0} = 1,056.$$

α = 1,056 – 0,7(1 – 1,056)(1/0,85 – 1) = 1,056 + (0,7 · 0,056 · 0,176) = 1,063.

Следовательно, тормозная мощность при окружающих условиях при испытаниях

$$P_y = 1,063 \cdot 991 = 1053 \text{ кВт}.$$

Если, например, при мощности 808 кВт существует ограничение по максимальному давлению сгорания, то по решению изготовителя двигатель должен быть испытан при нагрузке, не превышающей 808 кВт. Для этого возможно применение метода имитации местных окружающих условий на испытательном стенде в соответствии с ГОСТ 10448.

Приложение Е
(справочное)

Примеры корректировки мощности для нерегулируемых двигателей

Пример 1

Четырехтактный двигатель с турбонаддувом с охладителем наддувочного воздуха развивает мощность 280 кВт при окружающих условиях при испытаниях. Какую корректированную мощность можно ожидать для перечисленных окружающих условий на месте установки? Частота вращения двигателя 1900 об/мин, полный рабочий объем 14,2 л и расход топлива 16,3 г/с. Степень повышения давления в турбокомпрессоре при стандартных исходных условиях 2,28.

Окружающие условия при испытаниях:
p_y = 99 кПа;
T_y = 298 К;
φ_y = 0,2.

Местные окружающие условия:
p_x = 98 кПа;
T_x = 315 К;
φ_x = 0,4.

Согласно подразделу 6.3.2

$$P_x = \alpha_c P_y.$$

Из 6.3.2.3 коэффициент корректировки:

$$\alpha_c = (f_a)^{fm}.$$

Из 6.3.2.4 атмосферный коэффициент:

$$f_a = \left(\frac{p_x - \varphi_x p_{sx}}{p_y - \varphi_y p_{sy}}\right)^{0,7} \left(\frac{T_y}{T_x}\right)^{0,7}.$$

Из 6.3.2.5 коэффициент двигателя:

$$f_m = 0,036 q_c - 1,14,$$

где $q_c = q/r_r$.

Сначала рассчитывают значение удельной цикловой подачи топлива q, мг/(л · цикл), в двигатель:

$$q = \frac{(1000 \cdot 60 \cdot 2)16,3}{(14,2 \cdot 1900)} = 72,50.$$

Следовательно, значение корректированной удельной цикловой подачи топлива

$$q_c = 72,50/2,28 = 31,8 \text{ мг/(л} \cdot \text{цикл)}.$$

Поскольку q_c < 37,2 мг/(л · цикл), то f_m = 0,2.

Далее рассчитывают значения f_a и α_c:

$$f_a = \left(\frac{98 - 3,30}{99 - 0,62}\right)^{0,7} \left(\frac{298}{315}\right)^{0,7} = 0,936,$$

$$\alpha_c = 0,936^{0,2} = 0,987.$$

Затем определяют значение мощности:

P_x = 0,987 · 280 = 276 кВт, которую будет развивать двигатель при местных окружающих условиях.

Пример 2

Четырехтактный двигатель с турбонаддувом, без охладителя наддувочного воздуха, с механическим КПД η_m = 0,85 развивает мощность P_x = 310 кВт при окружающих условиях при испытаниях. Какую корректированную мощность можно ожидать при нижеприведенных местных окружающих условиях? Частота вращения двигателя 1200 об/мин, полный рабочий объем 15 л и расход топлива 17,05 г/с. Степень повышения давления в турбокомпрессоре при стандартных исходных условиях 1,95.

Окружающие условия при испытаниях:
p_y = 98 кПа;
T_y = 302 К;
φ_y = 0,2.

Местные окружающие условия:
p_x = 69 кПа;
T_x = 283 К;
φ_x = 0,4.

Стандартные исходные условия:
p_r = 100 кПа;
T_r = 298 К;
φ_r = 0,3.

Рассчитывают удельную цикловую подачу топлива q, мг/(л · цикл), в двигателе:

$$q = \frac{(1000 \cdot 60 \cdot 2)17{,}05}{(15 \cdot 1200)} = 113{,}7.$$

Следовательно,

$$q_c = 113{,}7/1{,}95 = 58{,}3 \text{ мг/(л} \cdot \text{цикл)};$$

$$f_m = (0{,}036 \cdot 58{,}3) - 1{,}14 = 0{,}959;$$

$$f_a = \left(\frac{69 - 0{,}48}{98 - 0{,}79}\right)^{0{,}7}\left(\frac{302}{283}\right)^{0{,}7} = 0{,}846.$$

Следовательно,

$$\alpha_c = (0{,}846)^{0{,}959} = 0{,}852.$$

В соответствии с ограничением, приведенным в 6.3.2.3, формулы из раздела 6.3.2 не могут быть использованы непосредственно для корректировки от окружающих условий при испытаниях к местным окружающим условиям. Корректировка должна быть выполнена двумя ступенями:

- с использованием формул (15)—(17), приведенных в разделе 6.3.2, для корректировки от окружающих условий при испытаниях к стандартным исходным условиям;
- затем с использованием формул (1)—(3) и (5), приведенных в 6.3.1.1 и 6.3.1.2, для перехода от стандартных исходных условий к местным окружающим условиям.

Используя формулы (15) и (16) раздела 6.3.2, получают:

$$q_c = 58{,}3 \text{ и } f_m = 0{,}959.$$

Значение для корректировки от окружающих условий при испытаниях к стандартным исходным условиям рассчитывают следующим образом:

$$f_a = \left(\frac{100 - 0{,}94}{98 - 0{,}79}\right)^{0{,}7}\left(\frac{302}{283}\right)^{0{,}7} = 1{,}030.$$

Следовательно,

$$\alpha_c = (1{,}030)^{0{,}959} = 1{,}029$$

и мощность

$$P_r = 1{,}029 \cdot 310 = 319 \text{ кВт}.$$

Такую мощность можно ожидать при стандартных исходных условиях.

Теперь мощность может быть корректирована от стандартных исходных условий к местным окружающим условиям по следующим формулам:

$$P_x = \alpha P_r$$

$$\alpha = k - 0{,}7(1 - k)\left(\frac{1}{\eta_m} - 1\right),$$

$$k = \left(\frac{p_x}{p_r}\right)^m \left(\frac{T_r}{T_y}\right)^n \left(\frac{T_{cr}}{T_{cx}}\right)^s.$$

В таблице 3 для условий С показатели степени $m = 0{,}7$; $n = 2$ и $s = 0$, следовательно,

$$k = \left(\frac{69}{100}\right)^{0{,}7}\left(\frac{298}{283}\right)^{1{,}0} = 0{,}855.$$

Подставляя значения, полученные выше, находят:

$$\alpha = 0{,}855 - (0{,}7 \cdot 0{,}145 \cdot 0{,}176) = 0{,}837,$$

$$P_x = 0{,}837 \cdot 319 = 267 \text{ кВт}.$$

Такую мощность развивает двигатель при местных окружающих условиях.

УДК 621.436:006.354 МКС 27.020 NEQ

Ключевые слова: двигатели внутреннего сгорания поршневые, общие технические условия

Редактор *В.И. Ускова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Ю.М. Прокофьева*
Компьютерная верстка *Е.Е. Кругова*

Сдано в набор 27.10.2015. Подписано в печать 25.11.2015. Формат 60 ×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,05. Тираж 42 экз. Зак. 3832.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru