
**Вакуумная технология.
Турбомолекулярные насосы.
Измерение крутящего момента для
быстрого выключения**

*Vacuum technology — Turbomolecular pumps — Measurement of rapid
shutdown torque*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 27892:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6dad86f8-b7b1-4237-8cba-d3e3b9dafe9c/iso-27892-2010>

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава ISO



Ссылочный номер
ISO 27892:2010(R)

Отказ от ответственности при работе в PDF

Настоящий файл PDF может содержать интегрированные шрифты. В соответствии с условиями лицензирования, принятыми фирмой Adobe, этот файл можно распечатать или смотреть на экране, но его нельзя изменить, пока не будет получена лицензия на интегрированные шрифты и они не будут установлены на компьютере, на котором ведется редактирование. В случае загрузки настоящего файла заинтересованные стороны принимают на себя ответственность за соблюдение лицензионных условий фирмы Adobe. Центральный секретариат ISO не несет никакой ответственности в этом отношении.

Adobe является торговым знаком фирмы Adobe Systems Incorporated.

Подробности, относящиеся к программным продуктам, использованные для создания настоящего файла PDF, можно найти в рубрике General Info файла; параметры создания PDF были оптимизированы для печати. Были приняты во внимание все меры предосторожности с тем, чтобы обеспечить пригодность настоящего файла для использования комитетами-членами ISO. В редких случаях возникновения проблемы, связанной со сказанным выше, просьба проинформировать Центральный секретариат по адресу, приведенному ниже.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 27892:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6dad86f8-b7b1-4237-8cba-d3e3b9dafe9c/iso-27892-2010>



ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2010

Все права сохраняются. Если не указано иное, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия ISO по адресу ниже или членом ISO в стране регистрации пребывания.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Опубликовано в Швейцарии

Содержание

Страница

Предисловие	iv
Введение	v
1 Область применения	1
2 Обозначение	1
3 Классификация	1
4 Символы и сокращения	3
5 Разрушающие методы контроля турбомолекулярных насосов	3
5.1 Общие требования	3
5.2 Параметры, подлежащие проверке	3
5.3 Условия проведения испытаний на разрушение (поломка корпуса и лопаток ротора)	4
5.4 Оборудование для разрушающего контроля	7
5.5 Методика проведения разрушающего контроля	9
5.6 Разрушающий контроль по методу С метод «столкновения с препятствием» (разрушение ротора или лопаток)	10
6 Результаты измерений	15
Приложение А (информативное) Требования, которые должны быть указаны в чертежах и документах	16
Библиография	17

(standards.iteh.ai)

ISO 27892:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6dad86f8-b7b1-4237-8cba-d3e3b9dafa9c/iso-27892-2010>

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка Международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, может принимать участие в работе любого технического комитета по интересующему его вопросу. Правительственные и неправительственные международные организации, сотрудничающие с ISO, также принимают участие в этой работе. ISO тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации в электротехнике.

Проекты международных стандартов разрабатываются в соответствии с правилами, приведенными в Директивах ISO/IEC, Часть 2.

Основная задача технических комитетов заключается в разработке международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве международных стандартов требует одобрения не менее 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

Следует иметь в виду, что, возможно, некоторые элементы настоящего документа могут быть объектом патентных прав. ISO не несет ответственности за определение некоторых или всех таких патентных прав.

ISO 27892 разработан Техническим комитетом ISO/TC 112, *Вакуумная технология*.

iteh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 27892:2010](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6dad86f8-b7b1-4237-8cba-d3e3b9dafa9c/iso-27892-2010)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6dad86f8-b7b1-4237-8cba-d3e3b9dafa9c/iso-27892-2010>

Введение

Турбомолекулярные или молекулярные высоковакуумные насосы обладают большим количеством энергии, которая сосредоточена в роторе благодаря его высокой частоте вращения. В случае если происходит выход из строя ротора, энергия высвобождается в течение короткого промежутка времени и это может привести к разрушению корпуса насоса. Также в корпусе насоса образуется крутящий момент и существует вероятность того, что болты крепления насоса разрушатся.

Настоящий стандарт основан на результатах, полученных в процессе изучения отказов вероятностей, и разработан для производителей турбомолекулярных и молекулярных насосов с целью повышения безопасности потребителей.

Настоящий стандарт распространяется на методы измерения крутящего момента для быстрого выключения турбомолекулярных и молекулярных насосов.

Термин «турбомолекулярный насос», используемый в настоящем стандарте, является общим и включает молекулярные насосы и насосы, которые сочетают в себе обе технологии на одном валу.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 27892:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6dad86f8-b7b1-4237-8cba-d3e3b9dafe9c/iso-27892-2010>

Вакуумная технология. Турбомолекулярные насосы. Измерение крутящего момента для быстрого выключения

1 Область применения

Настоящий международный стандарт распространяется на турбомолекулярные и молекулярные насосы и устанавливает метод измерения крутящего момента для быстрого выключения (разрушающего крутящего момента) насосов, в которых газовый импульс создается наклонными пластинами с осевым направлением потока и/или спиральными каналами. Основными силами, воздействие которых приводит к выходу насоса из строя, являются моменты, образующиеся вокруг оси вращения. Другие незначительные дефекты, возникающие при работе насоса, не рассматриваются в данном стандарте.

Настоящий стандарт распространяется на два вида выхода из строя насоса: быстрое выключение по причине полного разрушения насоса и разрушение ротора. Разрушающий контроль приводит к полному разрушению или повреждению насоса, этот метод измерения может применяться как для турбомолекулярных так и для молекулярных насосов.

2 Обозначение

Следующие нормативные документы необходимы для применения настоящего международного стандарта. Для жестких ссылок применяется только то издание, на которое даётся ссылка. Для плавающих ссылок применяется самое последнее издание нормативного ссылочного документа (включая любые изменения).

ISO 3529-2, *Вакуумная технология. Словарь. Часть 2. Вакуумные насосы и терминология*

3 Классификация

Применительно к этому документу, используются следующие термины и определения, данные в ISO 3529-2.

3.1

входной фланец **inlet flange**

входной всасывающий фланец турбомолекулярного насоса, предназначенный для соединения с патрубком вакуумной камеры, которую необходимо откачать

3.2

ротор **rotor**

вращающийся корпус
вращающиеся детали
сборный блок (вакуумного насоса), состоящий из вала, корпуса и лопаток ротора, установленный на подшипниках и приводимый в действие электродвигателем

3.3

лопатки ротора **rotor blade**

лопатки турбины
вращающиеся лопатки

деталь насоса, линейная скорость вращения которой близка к скорости звука и которая направляет поток откачиваемого газа в сторону выхлопа вакуумного насоса, аналогично лопаткам турбинного типа с осевым направлением потока

3.4

корпус ротора rotor body

цилиндрическая часть ротора
штука ротора
узел ротора (вакуумного насоса) за исключением лопаток

3.5

центробежное разрушение centrifugal destruction

трещина, вызванная действием центробежной силы
разрыв, вызванный действием центробежной силы
дефекты, возникающие в корпусе ротора вследствие возникновения растягивающего напряжения по окружности сверх предельного значения, в результате воздействия центробежной силы на ротор во время работы

3.6

разрушающий контроль destructive test

разрушающий контроль ротора
испытание корпуса на прочность и измерение разрушающего крутящего момента, приводящего к разрушению корпуса ротора (испытание на разрыв) или лопаток ротора (испытание на разрушение) турбомолекулярного насоса

3.7

разрушающая частота вращения destructive rotational frequency

частота вращения ротора, при которой корпус ротора разрушается во время испытания

3.8

механическая обработка канала notch machining

механическая обработка всего ротора или его части путем нанесения дефектов, создающих в корпусе ротора соответствующие концентрации напряжений, которые при проведении разрушающего контроля вызывают повреждение корпуса ротора при номинальной частоте вращения

3.9

разрушающий крутящий момент destructive torque

крутящий момент, приводящий к выключению
крутящий момент, приводящий к быстрому выключению
крутящий момент, вызванный центробежной силой при разрушении корпуса ротора, воздействующий напрямую или передаваемый на входной фланец через часть или все основание насоса при проведении разрушающего контроля

4 Символы и сокращения

Символ	Назначение	Единица измерения
A	Площадь поперечного сечения стержня, работающего на сжатие	м ²
d_1	Внутренний диаметр патрубка	м
d_2	Наружный диаметр патрубка	м
E	Модуль продольной упругости (модуль Юнга) стержня, работающего на сжатие	Па
F_n	Измеряемая сила	Н
G	Модуль жесткости патрубка	Па
I_p	Начальный момент инерции ротора вокруг оси вращения	кг м ²
i	Количество стержней, работающих на сжатие или датчиков силы	
n	Частота вращения	Гц
r	Радиус положения стержня, работающего на сжатие или датчика силы	м
T	Крутящий момент быстрого отключения	Нм
t	Время	с
ε	Измеряемое напряжение	
ω	Угловая скорость	рад/с

5 Разрушающие методы контроля турбомолекулярных насосов

5.1 Общие требования

При разрушающих испытаниях насосы подвергаются разрушению под действием механических нагрузок, с целью последующего исследования материала внутри насоса. Существует два фактора, послуживших причиной разрушения насоса: полное разрушение всего насоса и разрушение ротора. Крепление насоса осуществляется либо через входной фланец, либо через основание насоса. Для проведения испытаний разрушающим контролем используют две схемы оборудования в соответствии с п.5.4, при этом наиболее подходящий метод испытаний выбирается производителем исходя из предполагаемого использования насоса

5.2 Параметры, подлежащие проверке

ВНИМАНИЕ — Разрушающие методы контроля, перечисленные ниже, являются опасными, поэтому при проведении испытаний необходимо соблюдать соответствующие правила техники безопасности.

В целях обеспечения безопасности насоса производится измерение крутящего момента путем быстрого выключения насоса. Данный метод является рекомендуемым. Крутящий момент, измеренный данным методом, не всегда является достоверным значением, но это единственное значение, которое можно измерить.

Контролю подлежат следующие параметры:

- значение крутящего момента;
- правильность монтажа насоса и его безопасность;
- прочность корпуса насоса.

5.3 Условия проведения испытаний на разрушение (поломка корпуса и лопаток ротора)

Условия проведения разрушающего контроля следующие:

5.3.1 Разрушающий контроль (разрыв)

5.3.1.1 Ротор считается вышедшим из строя в случае, если происходит разрушение корпуса или вала ротора.

5.3.1.2 Испытание включает в себя нанесение дефектов (риски, нарыв) на корпус ротора или вал для того, чтобы корпус ротора разрушился под действием центробежной или внешней силы (например, разрушающий контроль испытанием, при котором лопатки ротора или статора повреждаются вследствие столкновения с препятствием) в пределах номинальной скорости частоты вращения. Дефекты на валу должны находиться между вращающимся электродвигателем и креплением ротора.

5.3.1.3 Число дефектов четыре или менее.

5.3.1.4 Частота вращения при разрушении должна быть в пределах $\pm 5\%$ от номинальной частоты вращения.

ПРИМЕЧАНИЕ Настоящий международный стандарт не классифицирует повреждения корпуса ротора в процессе разрушающего контроля.

5.3.2 Датчики крутящего момента

5.3.2.1 Общие требования

Существует два типа датчиков для определения крутящего момента, это либо патрубок с тензодатчиком (5.3.2.2), либо стержень, работающий на сжатие (5.3.2.3). Стержень, работающий на сжатие, оснащен прикрепленными к нему тензодатчиками или датчиками силы.

Если используется датчик крутящего момента, необходимо убедиться в том, что отсутствует его пластическая деформация.

5.3.2.2 Патрубок

5.3.2.2.1 Разрушающий крутящий момент измеряется с помощью тензодатчиков, которые устанавливаются противоположно друг другу в центральной части патрубка, в соответствии с рисунком 1. На рисунке 2 представлены тензодатчики в восьми точках (четыре комплекта) с шагом 30. Другие примеры представлены на рисунках 3 и 4. Для того чтобы обеспечить соответствующую чувствительность измерительной системы, используются датчики с диапазоном от 0 до 10 кГц или более.

5.3.2.2.2 Разрушающий крутящий момент вычисляется из среднего значения напряжения по окружности в момент разрушения.

Отношение между крутящим моментом T и напряжением определяется по формуле (1).

$$T = \frac{\varepsilon G \pi (d_2^4 - d_1^4)}{8 d_2} \quad (1)$$

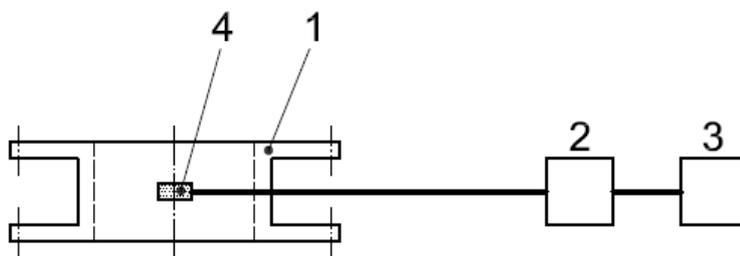
где

ε — измеряемое напряжение, направление которого определяется углом 45° по отношению к оси датчика крутящего момента;

d_1 — внутренний диаметр патрубка, м;

d_2 наружный диаметр патрубка, м;

G модуль жесткости патрубка, Па.



Обозначение

- 1 патрубок с тензодатчиками
- 2 усилитель тензодатчиков
- 3 устройство регистрации данных
- 4 тензодатчики

Рисунок 1 — Патрубок с тензодатчиками

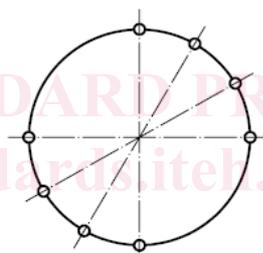


Рисунок 2 — Пример установки тензодатчика в восьми точках (четыре комплекта) с шагом 30°

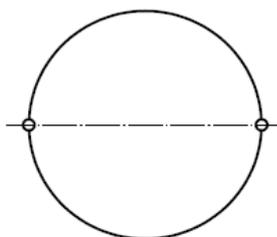


Рисунок 3 — Пример установки тензодатчика с двумя точками (один комплект)

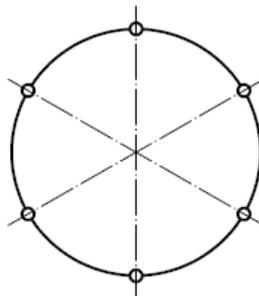


Рисунок 4 — Пример установки тензодатчика в шести точках (три комплекта) с шагом 60°

5.3.2.3 Стержень, работающий на сжатие

5.3.2.3.1 На стенде (см. Рисунок 5) представлены стержни, работающие на сжатие, в направлении действия разрушающего крутящего момента насоса. Стержни установлены таким образом, что тензодатчики или датчики силы деформируются (сжимаются) под действием крутящего момента насоса. Стержни с тензодатчиками, работающие на сжатие также известны как стержни деформации. Стержни, работающие на сжатие или датчики силы, крепятся к полу или к опорной плите с помощью крепежных деталей, например, анкерных болтов, которые имеют достаточную прочность.

5.3.2.3.2 Тензодатчики или датчики силы, установленные на стержнях и закрепленные согласно п.5.3.2.3.1 применяются в качестве измерительного датчика крутящего момента на стержне. Стержни устанавливаются в двух — четырех точках на равных интервалах по окружности для того, чтобы обеспечить соответствующую чувствительность измерительной системы. Используются тензодатчики или датчики силы с диапазоном частот от 0 Гц до 10 кГц или более.

5.3.2.3.3 Разрушающий крутящий момент вычисляется как сумма напряжений или сил в двух-четыре точки в момент разрушения.

Для тензодатчиков, отношение между крутящим моментом T и напряжением определяется по формуле (2):

$$T = E A r (\varepsilon_1 + \dots + \varepsilon_i) \quad (2)$$

где

ε_i измеряемое напряжение;

A площадь поперечного сечения стержня, работающего на сжатие, м²;

E модуль продольной упругости (модуль Юнга) стержня, работающего на сжатие, Па;

i номер стержня, работающего на сжатие;

r радиус положения стержня, работающего на сжатие, м.

Для датчиков силы, отношение крутящего момента T и суммарного усилия определяется по формуле (3):

$$T = r (F_1 + \dots + F_i) \quad (3)$$

где

F_i измеряемая сила, Н;

i номер датчика силы;

r радиус датчика силы, м.

ПРИМЕЧАНИЕ Среднее значение показаний тензодатчиков, установленных на патрубке, используется как величина деформации (напряжения). Нельзя утверждать, что только крутящий момент действует на патрубок, однако установленные в нескольких местах по окружности тензодатчики позволяют увеличить точность измерений. Для стержня, работающего на сжатие, число устанавливаемых стержней или датчиков силы определяется их суммарной величиной деформации или силы.