ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 16610-21— 2015

Государственная система обеспечения единства измерений. Геометрические характеристики изделий (ГХИ)

ФИЛЬТРАЦИЯ

Часть 21

Линейные профильные фильтры. Фильтры Гаусса

(ISO 16610-21:2011, Geometrical product specifications (GPS) — Filtration — Part 21: Linear profile filters: Gaussian filters, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений» (ФГУП «ВНИИОФИ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 206 «Эталоны и поверочные схемы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 сентября 2015 г. № 1362-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 16610-21:2011 «Геометрические характеристики изделий (ГХИ). Фильтрация. Часть 21. Линейные профильные фильтры. Фильтры Гаусса» (ISO 16610-21:2011 «Geometrical product specifications (GPS) — Filtration — Part 21: Linear profile filters: Gaussian filters», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом ISO/TC 213 «Пространственные и геометрические спецификации продуктов и верификация».

Наименование настоящего стандарта изменено по отношению к указанному международному стандарту для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2011 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2016, 2019

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 1
4 Характеристики Гауссова фильтра профиля для открытого профиля 2
5 Характеристики Гауссова фильтра профиля для замкнутого профиля 6
Приложение А (справочное) Ошибки, возникающие на практике, для открытых и замкнутых профилей (алгоритм сшивки) 10
Приложение В (информационное) Примеры 14
Приложение С (справочное) Место в матрице фильтров 16
Приложение D (справочное) Место в матрице ГХИ 17
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам 19
Библиография 20

Предисловие
к международному стандарту ИСО 16610-21:2011

ИСО (Международная организация стандартизации) представляет собой Всемирную федерацию национальных стандартизационных подразделений. Мероприятия по подготовке международных стандартов обычно выполняются через технические комитеты ИСО. Каждое национальное подразделение, заинтересованное в теме, для которой организован технический комитет, имеет право на представительство в этом комитете. Международные организации, правительственные и неправительственные, поддерживающие отношения с ИСО, также принимают участие в работах. ИСО тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (МЭК) во всех вопросах, связанных с электротехнической стандартизацией.

Международные стандарты подготавливают в соответствии с правилами, установленными в ИСО/МЭК Директивы, часть 2.

Основной задачей технических комитетов является подготовка международных стандартов. Международные стандарты, разрабатывающиеся техническими комитетами, передаются национальным подразделениям для голосования. Публикация и принятие международного стандарта требует одобрения как минимум 75 % национальных подразделений, участвующих в голосовании.

Следует принять во внимание, что существует вероятность, что некоторые элементы этого документа являются субъектами патентных прав. ИСО не несет ответственности за идентификацию части или всех подобных вопросов.

ИСО 16610-21:2011 разработан Техническим комитетом ИСО/ТС 213 «Пространственные и геометрические спецификации продуктов и верификация».

В результате технического пересмотра ИСО 16610-21 отменяет и заменяет собой стандарт ИСО 11562:1996.

Серия стандартов ИСО 16610 под общим наименованием «Геометрические характеристики изделий (GPS). Фильтрация» включает в себя следующие части:

- часть 1. Обзор и основные понятия;
- часть 20. Фильтры линейного профиля. Основные понятия;
- часть 21. Фильтры линейного профиля. Фильтры Гаусса;
- часть 22. Фильтры линейного профиля. Сплайн-фильтры;
- часть 28. Фильтры линейного профиля. Сплайн-Вейвлеты;
- часть 29. Линейные фильтры профиля. Сплайновые вейвлеты;
- часть 30. Робастные фильтры профиля. Основные понятия;
- часть 31. Робастные фильтры профиля. Регрессионный фильтр Гаусса;
- часть 32. Робастные фильтры профиля. Сплайн-фильтры;
- часть 40. Морфологические фильтры профиля. Базовые понятия;
- часть 41. Морфологические фильтры профиля. Дисковые и линейно-сегментные горизонтальные фильтры;
- часть 49. Морфологические фильтры профиля. Техники масштабирования пространства.

Следующие части находятся на стадии разработки:

- часть 26. Фильтры линейного профиля. Фильтрация по номинально ортогональным плоским сеткам наборов данных;
- часть 27. Фильтры линейного профиля. Фильтрация по номинально ортогональным цилиндрическим сеткам наборов данных;
- часть 42. Морфологические фильтры профиля. Узорные фильтры;
- часть 60. Линейные поверхностные фильтры. Основные понятия;
- часть 61. Линейные поверхностные фильтры. Фильтры Гаусса;
- часть 62. Линейные поверхностные фильтры. Сплайн-фильтры;
- часть 69. Линейные поверхностные фильтры. Сплайн-вейвлеты;
- часть 70. Робастные поверхностные фильтры. Основные понятия;
- часть 71. Робастные поверхностные фильтры. Регрессионный фильтр Гаусса;
- часть 72. Робастные поверхностные фильтры. Сплайн-фильтры;
- часть 80. Морфологические поверхностные фильтры. Основные понятия;
- часть 81. Морфологические поверхностные фильтры. Сферические и горизонтально-плоскостные сегментные фильтры;
- часть 82. Морфологические поверхностные фильтры. Узорные фильтры;
- часть 89. Морфологические поверхностные фильтры. Техники масштабирования пространства.

Введение
к международному стандарту ИСО 16610-21:2011

Данная часть ИСО/ТС 16610 является Технической спецификацией геометрических характеристик изделия и должна рассматриваться в качестве общей Технической спецификации (см. ИСО/ТР 14638). Она влияет на звенья 3 и 5 во всей цепочке стандартов.

Генеральный план ИСО/ГХИ, приведенный в ИСО/ТР 14638, дает обзор системы ИСО/ГХИ, частью которого является ИСО 16610-21. Фундаментальные правила ИСО/ГХИ, объявленные в ИСО 8015, применяют к ИСО 16610-21, а так же стандартные правила принятия решений, приведенные в ИСО 14253-1, применяют к спецификациям, сделанным в соответствии с ИСО 16610-21, в том случае, если не оговорено иное.

Детальная информация о соотношении ИСО 16610-21 с матричной моделью ГХИ приведена в приложение D.

ИСО 16610-21 устанавливает терминологию и понятия Гауссовых фильтров. Она имеет передачи для отключения волны как 50 %, поскольку коротковолновые и длинноволновые компоненты поверхностного профиля разделены и могут быть восстановлены без изменения профиля поверхности.

Введение
к национальному стандарту Российской Федерации

Цель настоящего стандарта — прямое применение в Российской Федерации ИСО 16610-21:2011 «Геометрические характеристики изделий (ГХИ). Фильтрация. Часть 21. Линейные профильные фильтры. Фильтры Гаусса» как основы для изготовления и поставки объекта стандартизации по договорам (контрактам) на экспорт.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Государственная система обеспечения единства измерений.
Геометрические характеристики изделий (ГХИ)**

ФИЛЬТРАЦИЯ

Часть 21

Линейные профильные фильтры. Фильтры Гаусса

State system for ensuring the traceability of measurements.
Geometrical product specifications (GPS). Filtration. Part 21. Linear profile filters. Gaussian filters

Дата введения — 2016—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт описывает метрологические характеристики фильтра Гаусса, применительно к фильтрации профиля. В том числе указываются методы разделения коротковолновых (высокой пространственной частоты) и длинноволновых (низкой пространственной частоты) компонент поверхностного профиля.

2 Нормативные ссылки

Нижеследующие ссылочные стандарты являются обязательными для применения настоящего стандарта. Для датированных ссылок действительно только указанное издание. Для недатированных — последнее издание (включая любые изменения):

ISO/TS 16610-1:2006*, Geometrical product specifications (GPS). Filtration. Part 1: Overview and basic concepts [Геометрические характеристики изделий (ГХИ). Фильтрация. Часть 1. Обзор и основные понятия]

ISO/TS 16610-20:2006**, Geometrical product specifications (GPS) — Filtration — Part 20: Linear profile filters: Basic concepts [Геометрические характеристики изделий (ГХИ). Фильтрация. Часть 20. Фильтры линейного профиля. Основные понятия]

ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) [Руководство 98-3:2008 Неопределенность измерений. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерений (GUM:1995)]

ISO/IEC Guide 99:2007, International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM) [Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM)]

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ISO/TS 16610-1, ISO/TS 16610-20, ИСО/МЭК Руководство 98-3 и ИСО/МЭК Руководство 99 и следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

линейные фильтры профиля (linear profile filters): Фильтр профиля, используемый для разделения профиля на длинноволновый (низкочастотный) и кратковолновый (высокочастотный) компоненты. [ISO/TS 16610-20:2006]

* Заменен на ISO 16610-1:2015.
** Заменен на ISO 16610-20:2015.

Издание официальное

3.1.1

открытый профиль (open profile): Незамкнутый профиль поверхности конечной длины, включающий две конечные точки.

[ISO/TS 16610-1:2006]

3.1.2

замкнутый профиль (closed profile): Замкнутый профиль поверхности конечной длины, без конечных точек.

[ISO/TS 16610-1:2006]

3.1.3

длина волны среза (cut-off wavelength): Длина волны (период) профиля поверхности в виде синусоиды, для которого фильтр профиля пропускает 50 % амплитуды.

[ISO/TS 16610-20:2006]

4 Характеристики Гауссова фильтра профиля для открытого профиля

4.1 Гауссова весовая функция для открытого профиля

Весовая функция отрытого фильтра профиля (1) имеет вид Гауссовой функции с длиной волны среза λ_c, где «с» означает «срез».

Уравнение имеет следующий вид:

$$s(\chi) = \frac{1}{\alpha \cdot \lambda_c} \exp\left[-\pi\left(\frac{\chi}{\alpha \cdot \lambda_c}\right)^2\right], \quad (1)$$

где χ — расстояние от центра (максимума) весовой функции;

λ_c — длина волны среза;

α — константа для обеспечения пропускания 50 % амплитуды на длине волны среза λ_c.

На практике весовая функция может быть записана следующим образом:

$$s(\chi) = \frac{1}{\alpha \cdot \lambda_c} \exp\left[-\pi\left(\frac{\chi}{\alpha \cdot \lambda_c}\right)^2\right] \text{ при } -L \cdot \lambda_c \le \chi \le L_c \cdot \lambda_c, \quad (2)$$

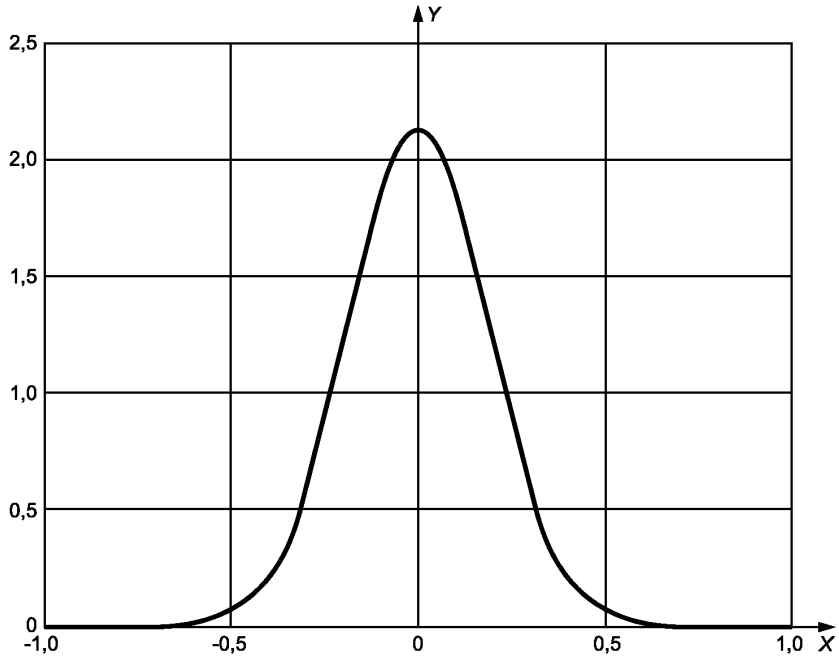
0 — в остальных случаях,

где L_c — константа среза весовой функции (в приложении А приведены рекомендованные значения);

α — константа, равная:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\ln 2}{\pi}} \approx 0{,}4697. \quad (3)$$

График весовой функции представлен на рисунке 1.



X — χ/λ_c; Y — $\lambda_c \cdot s(\chi)$.

Рисунок 1 — Весовая функция Гауссова фильтра профиля для открытого профиля

4.2 Передаточные характеристики открытого профиля

4.2.1 Передаточная характеристика длинноволновой (низкочастотной) компоненты открытого профиля

Передаточную характеристику (см. рисунок 2) определяют при помощи преобразования Фурье весовой функции. Для длинноволновой компоненты (средней линии):

$$\frac{a_1}{a_0} = \exp\left[-\pi\left(\frac{\alpha \cdot \lambda_c}{\lambda}\right)^2\right], \tag{4}$$

где a_0 — амплитуда синусоидального профиля до фильтрации;

a_1 — амплитуда синусоидального профиля по средней линии;

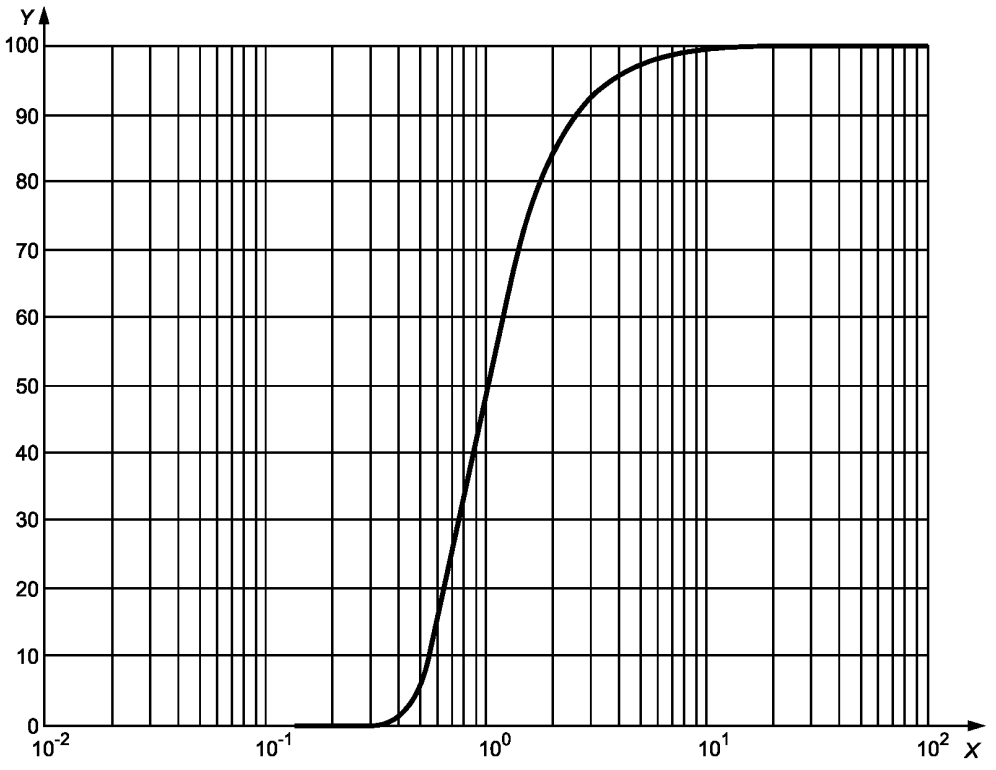
λ — период синусоидального профиля.

4.2.2 Передаточная характеристика кратковолновой (высокочастотной) компоненты открытого профиля

Передаточная характеристика (см. рисунок 3) определяется при помощи преобразования Фурье весовой функции и комплиментарна передаточной характеристике длинноволновой компоненты. Для кратковолновой компоненты ее записывают следующим образом:

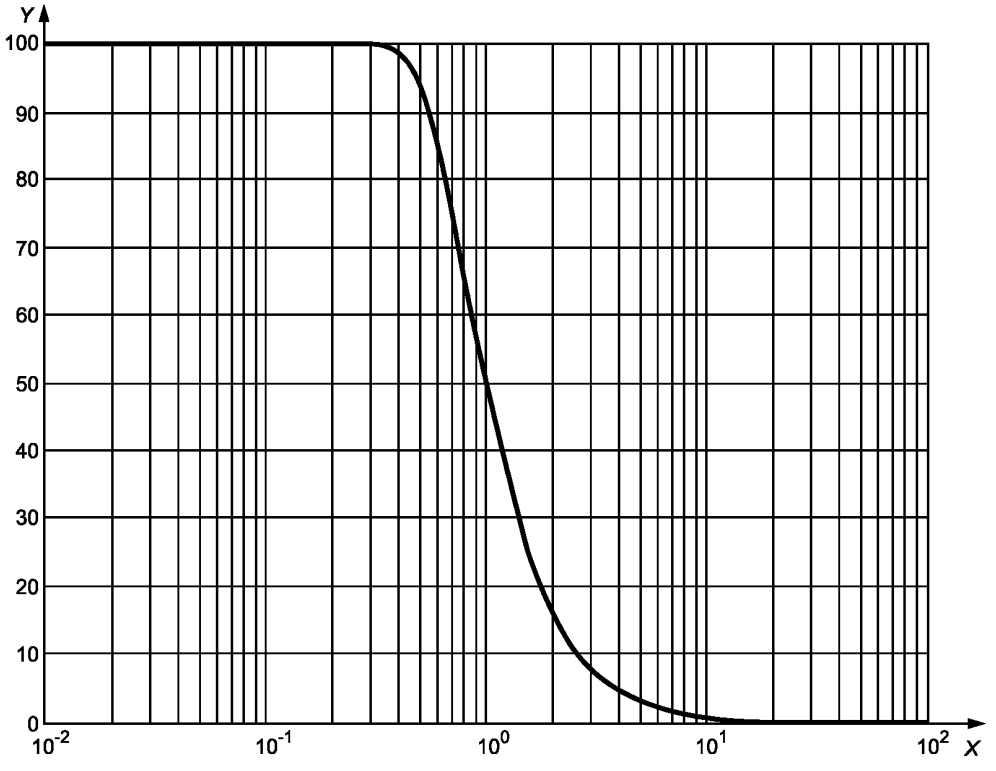
$$\frac{a_2}{a_0} = 1 - \exp\left[-\pi\left(\frac{\alpha \cdot \lambda_c}{\lambda}\right)^2\right], \quad \frac{a_2}{a_0} = 1 - \frac{a_1}{a_0}, \tag{5}$$

где a_2 — амплитуда кратковолновой компоненты синусоидального профиля.



X — λ/λ_c; Y — коэффициент пропускания амплитуды a_1/a_0, %

Рисунок 2 — Длинноволновая (низкочастотная) передаточная функция Гауссова фильтра для открытого профиля



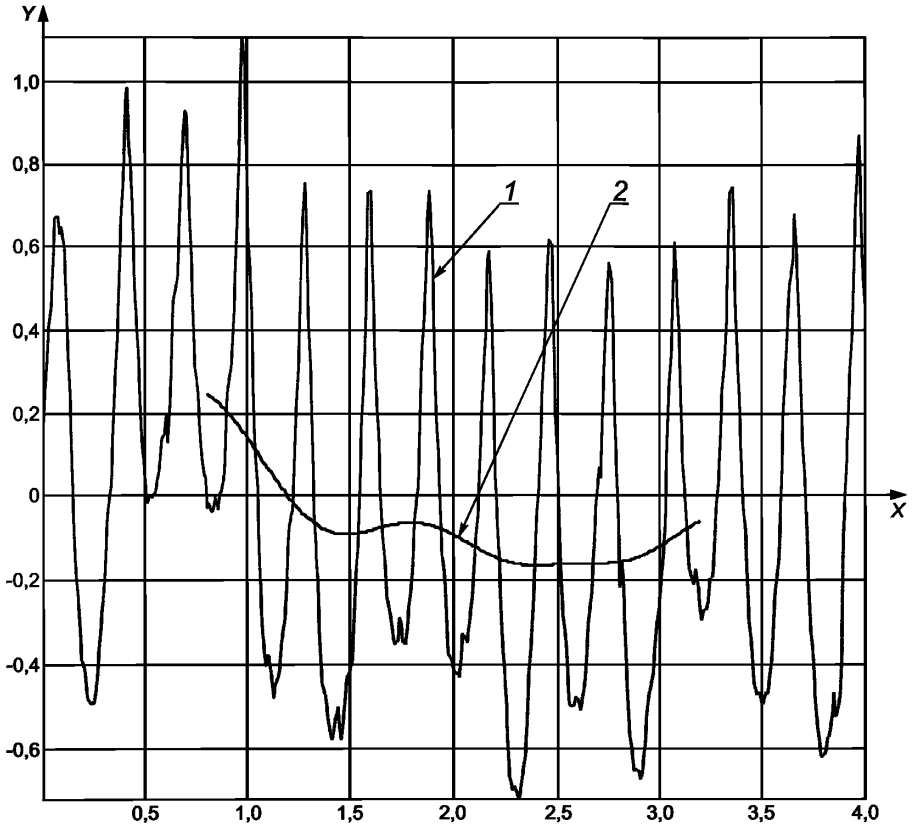
X — λ/λ_c; Y — коэффициент пропускания амплитуды a_1/a_0, %

Рисунок 3 — Кратковолновая передаточная функция Гауссова фильтра для открытого профиля

4.3 Краевые эффекты

Так как отрытые профили заданы на конечном отрезке, свертка Гауссова фильтра с открытым профилем приведет к появлению краевых эффектов в результате фильтрации на концевых участках профиля. Концевые участки открытого профиля, где краевые эффекты дают значительный вклад называются зонами краевых эффектов.

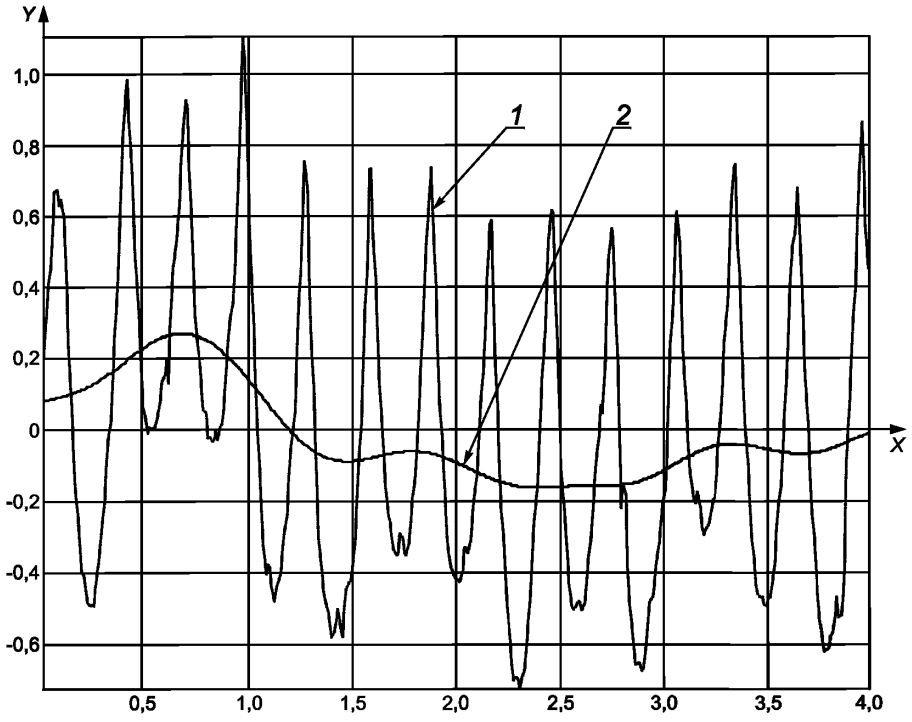
Одна из методик, позволяющих уменьшить краевые эффекты, заключается в использовании профиля большой длины и удалении зон краевых эффектов из результата фильтрации (см. рисунок 4).



1 — профиль до фильтрации; *2* — профиль после фильтрации; *X* — длина, мм; *Y* — высота, мкм

Рисунок 4 — Пример Гауссовой фильтрации (λ_c = 0,8 мм) с удалением зон краевых эффектов

К альтернативным подходам уменьшение краевых эффектов можно отнести методики, использованные в ISO/TS 16610-28 (см. рисунок 5).



1 — профиль до фильтрации; *2* — профиль после фильтрации; *X* —длина, мм; *Y* — высота, мкм

Рисунок 5 — Пример Гауссовой фильтрации (λ_c = 0,8 мм), использующей критерий сохранения момента, из ISO/TS 16610-28

5 Характеристики Гауссова фильтра профиля для замкнутого профиля

5.1 Введение

Замкнутый фильтр профиля не рекомендуется использовать для длин (окружностей) меньших $2\lambda_c$.

5.2 Гауссова весовая функция для замкнутого профиля

Весовая функция замкнутого фильтра профиля (см. рисунок 6) выражается как свертка Гауссовой функции плотности с замкнутым профилем длиной *L*. Функция имеет следующий вид:

$$s(\chi) = \begin{cases} \dfrac{f_c}{\alpha \cdot L} \exp\left[-\pi\left(\dfrac{\chi \cdot f_c}{\alpha \cdot L}\right)^2\right] \text{ при } -\dfrac{L_c \cdot L}{f_c} \le \chi \le \dfrac{L_c \cdot L}{f_c}, \\ 0 \text{ – в остальных случаях,} \end{cases} \quad (6)$$

где χ — расстояние от центра (максимума) взвешивающей функции;

f_c — частота среза равная L/λ_c;

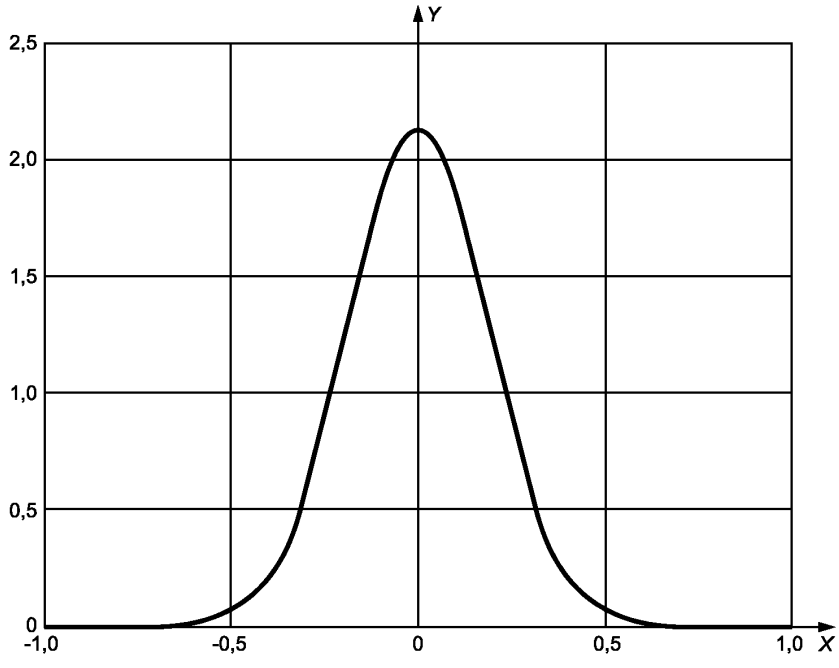
L — длина замкнутого профиля;

L_c — константа среза (см. приложение А);

α — константа, равная:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\ln 2}{\pi}} \approx 0{,}4697. \quad (7)$$

График Гауссовой весовой функции для фильтра замкнутого профиля приведен на рисунке 6.



X — $(f_c/L)\cdot\chi$; Y — $(L/f_c)\cdot s(\chi)$

Рисунок 6 — Весовая функция Гауссова фильтра замкнутого профиля

5.3 Передаточная характеристика замкнутого фильтра профиля

5.3.1 Передаточная характеристика длинноволновой (низкочастотной) компоненты замкнутого фильтра профиля

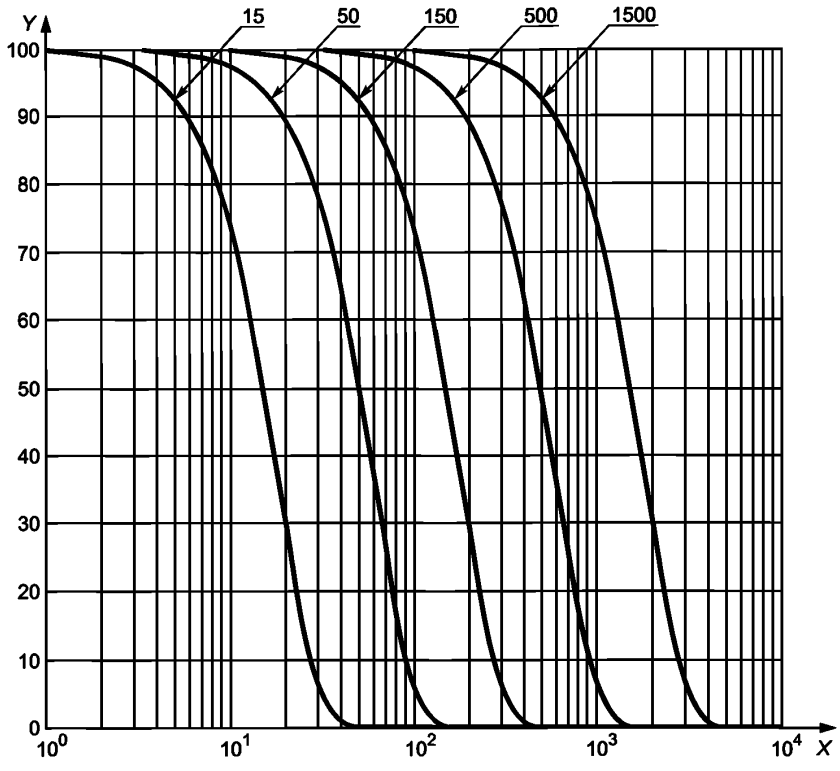
Характеристики фильтра (см. рисунок 7) определяется с помощью преобразования Фурье весовой функции. Характеристика фильтра для средней линии, когда $\lambda_c \ll L$ может быть приближенно получена из уравнения:

$$\frac{a_1}{a_0} = \exp\left[-\pi\left(\frac{\alpha \cdot f}{f_c}\right)^2\right], \quad (8)$$

где a_0 — амплитуда синусоидального профиля шероховатости до фильтрации;

a_1 — амплитуда этого синусоидального профиля на средней линии;

f — частота синусоидального профиля [число периодов на профиль (оборот профиля)].



X — число периодов на оборот профиля; *Y* — коэффициент пропускания амплитуды a_1/a_0, %

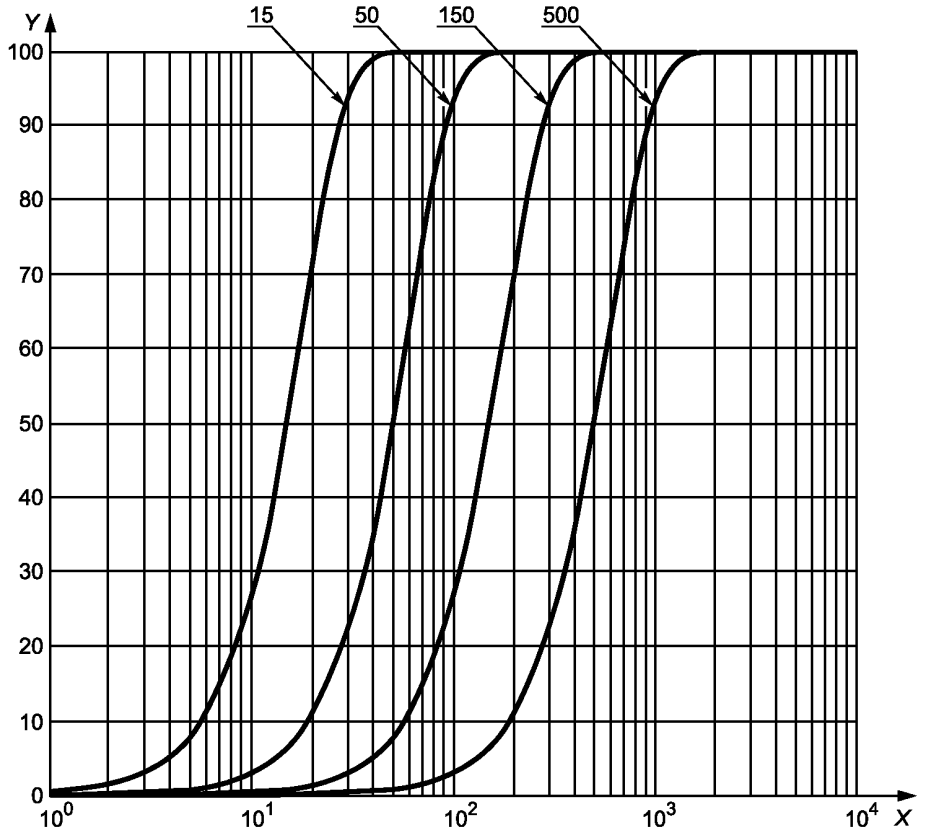
Рисунок 7 — Передаточная характеристика длинноволновой компоненты профиля для замкнутых фильтров профиля при разных количествах периодов на оборот профиля

5.3.2 Передаточная характеристика коротковолновой (высокочастотной) компоненты профиля

Передаточная характеристика (см. рисунок 8) кратковолновой компоненты профиля комплиментарна передаточной характеристике длинноволновой компоненты профиля. Кратковолновая компонента является разницей между профилем поверхности и длинноволновой компонентой профиля. Функция передаточной характеристики зависит от λ_c (при $\lambda_c \ll L$) и записывается следующим образом:

$$\frac{a_2}{a_0} = 1 - \exp\left[-\pi\left(\frac{\alpha \cdot f}{f_c}\right)^2\right]; \quad \frac{a_2}{a_0} = 1 - \frac{a_1}{a_0}, \tag{9}$$

где a_2 — амплитуда профиля шероховатости синусоидальной волны.



X — число периодов на оборот профиля; *Y* — коэффициент пропускания амплитуды a_2/a_0, %

Рисунок 8 — Передаточная характеристика коротковолновой компоненты профиля для фильтра замкнутого профиля в волнах на оборот

Приложение А
(справочное)

Ошибки, возникающие на практике, для открытых и замкнутых профилей (алгоритм сшивки)

А.1 Открытые профили

В теории весовая функция Гаусса для открытого профиля принимает положительное значение, когда задана в диапазоне от минус бесконечности до плюс бесконечности. Однако весовая функция Гаусса быстро убывает при удалении от центра, так что в областях, достаточно удаленных от него, она практически равна нулю. Другими словами, на практике, весовая функция Гаусса задана в ограниченной области. Ограниченная весовая функция Гаусса имеет следующий вид:

$$s(\chi) = \begin{cases} 0 \text{ при } \chi < -L_c \cdot \lambda_c; \\ s(\chi) \text{ при } -L_c \cdot \lambda_c \le \chi \le L_c \cdot \lambda; \\ 0 \text{ при } \chi > L_c \cdot \lambda_c, \end{cases} \quad (A.1)$$

где χ — расстояние вдоль профиля от центра (максимума) весовой функции;

λ_c — длина волны среза;

L_c — константа среза.

Пример ограниченной весовой функции Гаусса для открытого профиля приведен на рисунке А.1.

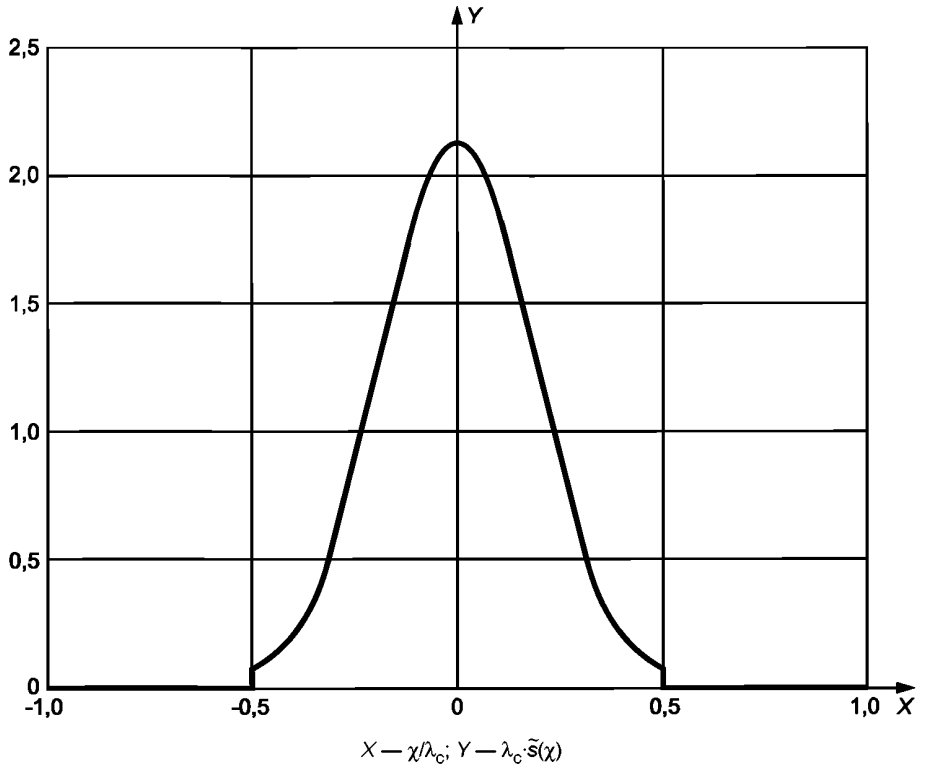


Рисунок А.1 — Пример ограниченной весовой функции Гаусса для L_c, равной 0,5

Так как ограниченная весовая функция является аппроксимацией истинной (неограниченной) весовой функции Гаусса, при свертке с ограниченной функцией всегда будет присутствовать ошибка по сравнению с истинной функцией. Константу среза L_c следует выбирать таким образом, чтобы ошибка не превышала приемлемого для данной задачи уровня.

Примечание — Ошибка при свертке с ограниченной функцией отличается от ошибки вносимой граничными эффектами (см. ISO/TS 16610-28) и не включает в себя ошибки, вносимые цифровой реализацией Гауссова фильтра.

Математические выкладки, требуемые для расчета константы среза L_c, приведены в А.2.

А.2 Математика для открытого профиля

С точки зрения математики ограничение весовой функции до конечного интервала[1)] может быть описано с помощью умножения на прямоугольную функцию, таким образом ограниченная весовая функция может быть записана следующим образом:

$$\tilde{s}(\chi) = s(\chi) \cdot r(L_c, \chi), \tag{A.2}$$

где $s(\chi)$ — весовая функция Гаусса;

$\tilde{s}(\chi)$ — ограниченная весовая функция Гаусса;

$r(L_c, \chi)$ — прямоугольная функция описываемая:

$$r(L_c,\chi) = \begin{cases} 1 \text{ при } L_c \cdot \lambda_c \le \chi \le L_c \cdot \lambda; \\ 0 - \text{в остальных случаях.} \end{cases} \tag{A.3}$$

Ошибка, возникающая из-за ограничения интервала, определяется максимальным отклонением между передаточной функцией ограниченной весовой функции от передаточной функции неограниченной весовой функции.

Преобразование Фурье ограниченной весовой функции Гаусса $\tilde{S}(\omega)$

$$\tilde{S}(\omega) = (S \cdot R)(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} S(\nu) \cdot R(L_c, \omega - \nu) d\nu, \tag{A.4}$$

где $S(\nu)$ — Фурье образ весовой функции Гаусса;

$R(...)$ — Фурье образ прямоугольной функции, который может быть представлен как:

$$R(L_c, \omega) = \int_{-L_c \cdot \lambda_c}^{L_c \cdot \lambda_c} e^{-i\omega\chi} d\chi = 2L_c\lambda_c \cdot \operatorname{sinc}\left(\frac{L_c \cdot \lambda_c}{\pi}\omega\right), \tag{A.5}$$

где функция $\operatorname{sinc}(\chi) = \sin(\pi\chi) / \pi\chi$.

Согласно уравнению (А.3) при $\omega = 0$ достигается максимальное отклонение между передаточными функциями, ограниченной и неограниченной весовых функций, что приводит к максимальной погрешности[1)]:

$$\operatorname{erfc}\left(\frac{L_c \cdot \sqrt{\pi}}{\alpha \cdot \lambda_c}\right).$$

Ее график приведен на рисунке (см. рисунок А.2), а также функция может быть описана в виде таблицы (см. таблицу А.1).

На профиле $w(\chi)$ оценка максимальной ошибки может быть получена следующим образом[1)]:

$$\Delta\omega(\chi) \le p_{max} \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{L_c \cdot \sqrt{\pi}}{\alpha \cdot \lambda_c}\right), \tag{A.6}$$

где p_{max} — максимальное абсолютное значение профиля.

[1)] См. [6].

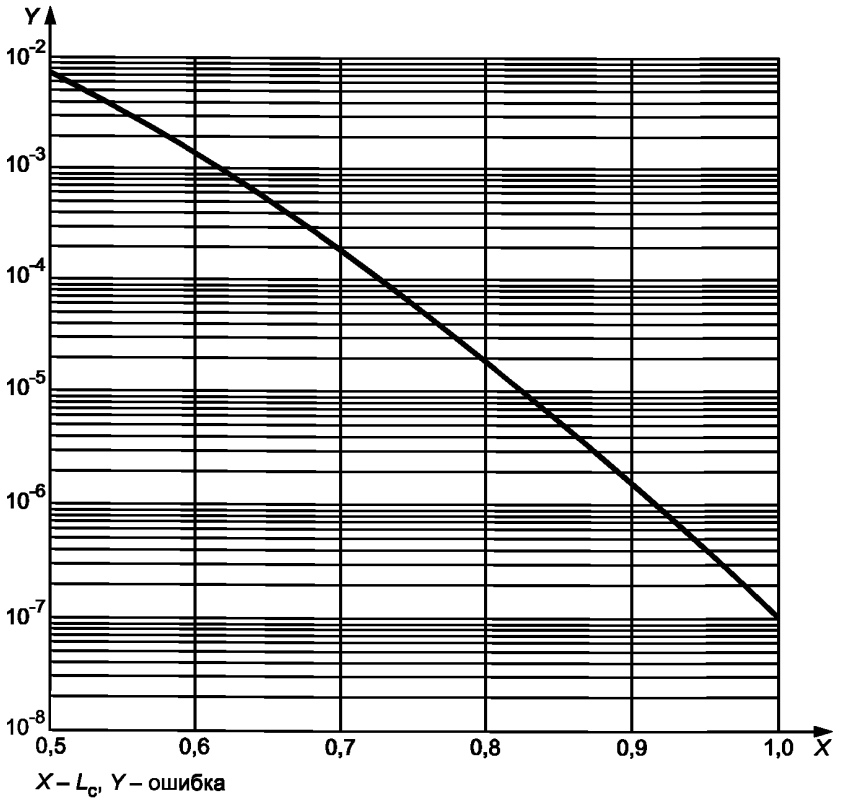


Рисунок А.2 — Ошибка ограниченного интервала в зависимости от константы среза L_c

Таблица А.1 — Ошибка ограниченности интервала при разных значениях константы среза L_c

Константа среза L_c	Ошибка, %
0,5	0,76
0,6	0,14
0,8	$1{,}96 \cdot 10^{-3}$
1,0	$9{,}47 \cdot 10^{-6}$

А.3 Замкнутые профили

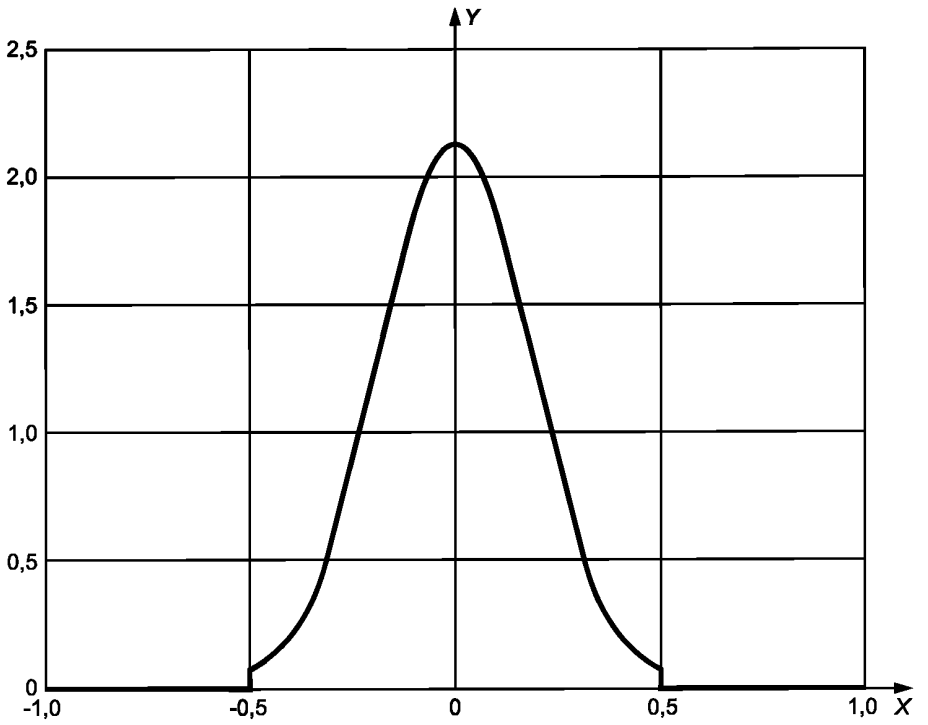
Весовая функция фильтра замкнутого профиля описывается уравнением для Гауссовой функции плотности, взятой от замкнутого профиля длины L. При частоте среза f_c равной L/λ_c, уравнение выглядит следующим образом:

$$s(\chi) = \begin{cases} \dfrac{f_c}{\alpha \cdot L} \exp\left[-\pi \left(\dfrac{\chi \cdot f_c}{\alpha \cdot L}\right)^2\right] \text{ при } -\dfrac{L_c \cdot L}{f_c} \le \chi \le \dfrac{L_c \cdot L}{f_c}, \\ 0 \text{ — в остальных случаях} \end{cases} \quad (A.7)$$

где χ — координата вдоль замкнутого профиля, отсчитываемая от центра (максимума) весовой функции;
f_c — частота среза;
L — длина замкнутого профиля;
L_c — константа среза;
α — константа, вычисленная по формуле

$$\alpha = \sqrt{\frac{\ln 2}{\pi}} \approx 0{,}4697. \quad (A.8)$$

Выражение приведено в форме ограниченной весовой функции Гаусса.
Пример ограниченной весовой функции Гаусса для замкнутого профиля приведен на рисунке А.3.



X — $f_c/L \cdot \chi$; Y — $L/f_c \cdot \tilde{s}(\chi)$

Рисунок А.3 — Пример обрезанной взвешивающей функции Гаусса для константы обрезания L_c, равной 0,5

Так как обрезанная взвешивающая функция является аппроксимацией истинной взвешивающей функции Гаусса, при свертке с обрезанной функцией всегда будет присутствовать ошибка по сравнению со сверткой с истинной функцией. Константу обрезания L_c следует выбирать таким образом, чтобы ошибка не превышала приемлемого для данной задачи уровня.

А.4 Математика для замкнутого профиля

Математика для обрезанной взвешивающей функции Гаусса для замкнутого профиля идентична случаю с открытым профилем за исключением замены λ_c на L/f_c, т. е. $\lambda_c = L/f_c$. График А.2 и таблица А.1 также идентичны для случая замкнутого профиля.

А.5 Рекомендации

Рекомендуется:

1) для общего использования применять константу обрезания L_c, равную 0,5;

2) точных поверхностей, где желательно уменьшить ошибку имплементации до 0,14 %[1)] использовать L_c, равную 0,6;

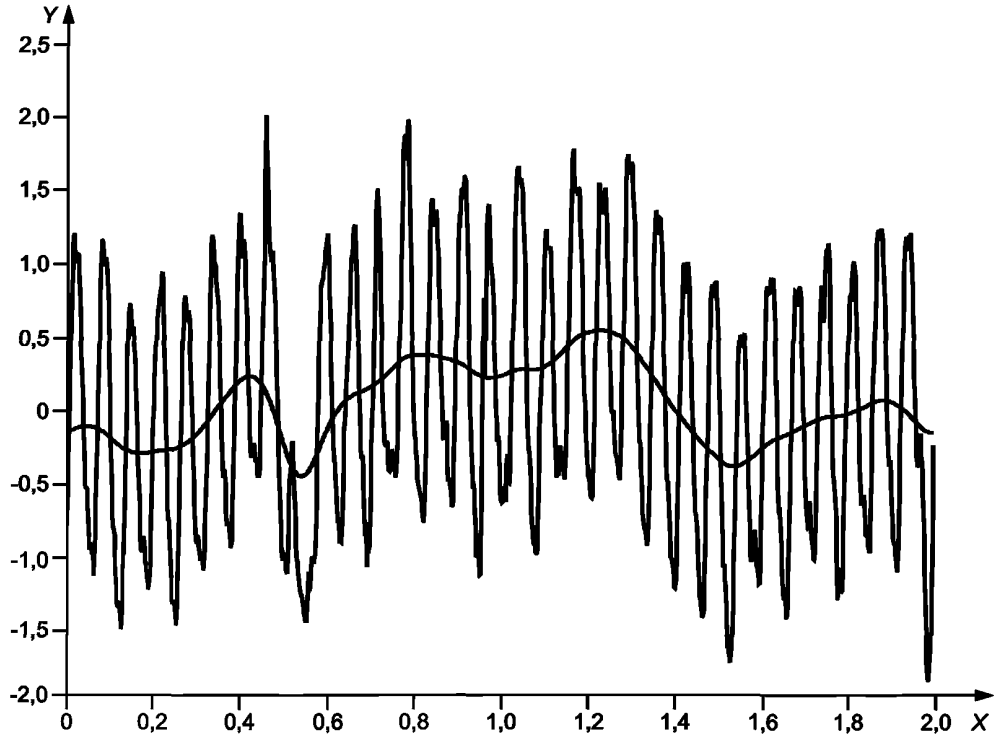
3) справочного программного обеспечения использовать L_c, равную 1,0, так, что ошибка[1)] имплементации была незначительной.

[1)] См.[6].

Приложение В
(информационное)

Примеры

Примеры применения Гауссова фильтра профиля к открытым и замкнутым профилям приведены в информационных целях.



X — длина, мм; *Y* — высота, мкм

Рисунок В.1 — Открытый фильтр Гаусса со значением λ_c, равным 0,8 мм, использующий критерий сохранения момента для корректировки краевого эффекта, примененный к фрезерованной поверхности

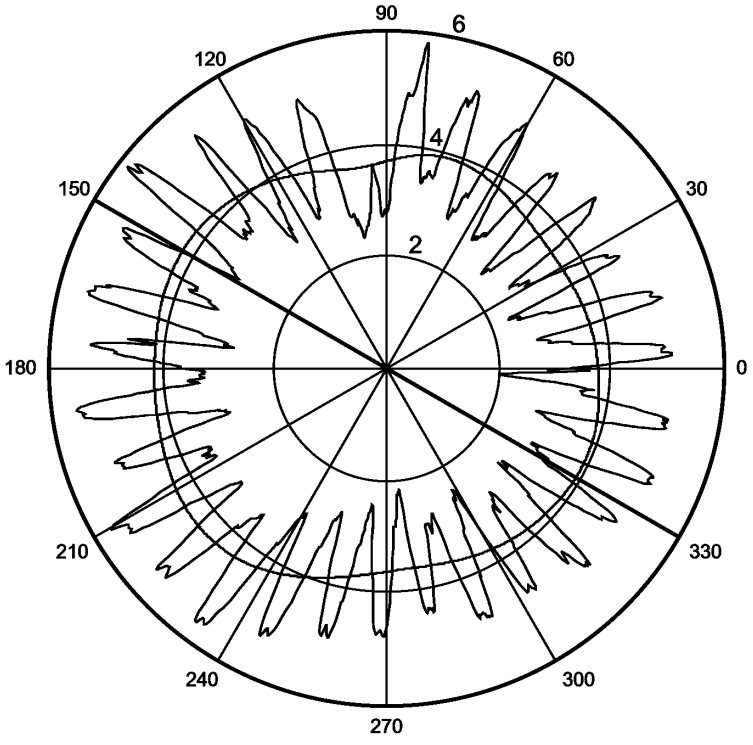


Рисунок В.2 — Замкнутый фильтр Гаусса (со значением f_c = 5 периодов на оборот), примененный к фрезерованной/штампованной поверхности

Приложение С
(справочное)

Место в матрице фильтров

С.1 Общее

Подробности о матрице фильтров приведены в ISO/TS 16610-1.

С.2 Позиция в матрице фильтров

Настоящий стандарт относится к конкретному фильтру и соответствует колонке «Фильтр профиля, линейный» (см. таблицу С.1).

Таблица С.1 — Место в матрице фильтров

	Фильтр: серия ИСО 16610					
Общие	Раздел 1					
	Фильтр профиля			Фильтр топограммы		
Фундаментальные	Раздел 11			Раздел 12		
	Линейный	Робастный	Морфологический	Линейный	Робастный	Морфологический
Общий аспект	Раздел 20	Раздел 30	Раздел 40	Раздел 60	Раздел 70	Раздел 80
Конкретный фильтр	Разделы 21—25	Разделы 31—35	Разделы 41—45	Разделы 61—65	Разделы 71—75	Разделы 81—85
Как использовать фильтр	Разделы 26—28	Разделы 36—38	Разделы 46—48	Разделы 66—68	Разделы 76—78	Разделы 86—88
Переменное разрешение	Раздел 29	Раздел 39	Раздел 49	Раздел 69	Раздел 79	Раздел 89

Приложение D
(справочное)

Место в матрице ГХИ

D.1 Общее

Подробности матрице ГХИ приведены в ISO/TR 14638.

Генеральный план ИСО/ГХИ, приведенный в ISO/TR 14638, дает обзор системы ИСО/ГХИ, частью которого является настоящий стандарт. Фундаментальные правила ИСО/ГХИ, объявленные в ИСО 8015, применяют к настоящему стандарту, а также стандартные правила принятия решений, приведенные в ИСО 14253-1, применяют к спецификациям, сделанным в соответствии с настоящим стандартом, в случае если не оговорено иное.

D.2 Информация о настоящем стандарте и его использовании

Настоящий стандарт определяет метрологические характеристики линейных фильтров Гаусса.

D.3 Место в матрице ГХИ

Настоящий стандарт является глобальным документом ГХИ, который применим к звеньям цепочки 3 и 5 всех цепей стандартов, как и проиллюстрировано на схеме D.1.

Фундаментальный стандарт ГХИ	Глобальный стандарт ГХИ						
	Общий стандарт ГХИ						
	Номер звена цепочки	1	2	3	4	5	6
	Размер			X		X	
	Расстояние			X		X	
	Радиус			X		X	
	Угол			X		X	
	Форма линейной независимости данных			X		X	
	Форма линейной зависимости данных			X		X	
	Форма поверхностной независимости данных			X		X	
	Форма поверхностной зависимости данных			X		X	
	Ориентация			X		X	
	Положение			X		X	
	Радиальное биение			X		X	
	Полное биение			X		X	
	Данные			X		X	
	Профиль шероховатости			X		X	
	Профиль волнистости			X		X	
	Первичный профиль			X		X	
	Дефекты поверхности			X		X	
	Границы			X		X	

Схема D.1 — Место в матрице ГХИ

D.4 Родственные международные стандарты

Родственные международные стандарты приведены в цепочках стандартов, указанных на схеме D.1.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ISO/TS 16610-1:2006	IDT	ГОСТ Р ИСО 16610-1—2015 «Государственная система обеспечения единства измерений. Геометрические характеристики изделий (ГХИ). Фильтрация. Часть 1. Обзор и основные понятия»
ISO/TS 16610-20:2006	—	*
ISO/IEC Guide 98-3:2008	IDT	ГОСТ Р 54500.3—2011 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения»
ISO/IEC Guide 99:2007	—	*

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

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

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] ISO 8015:2011, Geometrical product specifications (GPS) — Fundamentals — Concepts, principles and rules [Геометрические характеристики изделий (ГХИ). Основные принципы. Концепции, принципы и правила]

[2] ISO 11562:1996, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Metrological characteristics of phase correct filters [Геометрические характеристики изделий (ГХИ). Структура поверхности. Профильный метод. Метрологические характеристики фильтров с коррекцией фазы]

[3] ISO 14253-1:1998, Geometrical Product Specifications (GPS) — Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment — Part 1: Decision rules for proving conformance or nonconformance with specifications [Геометрические характеристики изделий (ГХИ). Контроль измерением обрабатываемых деталей и измерительных систем. Часть 1. Правила принятия решения для доказательства соответствия или несоответствия техническим условиям]

[4] ISO/TR 14638:1995, Geometrical product specification (GPS) — Masterplan [Геометрические характеристики изделий (ГХИ). Основная схема]

[5] ISO/TS 16610-28:2010, Geometrical product specifications (GPS) — Filtration — Part 28: Profile filters: End effects [Геометрические характеристики изделий (ГХИ). Фильтрация. Часть 28. Профильные фильтры: Конечные воздействия]

[6] EVANS, C. Precision engineering an evolutionary view. Cranfield Press, 1989 (Точность инженерных эволюционных видов)

[7] KRYSTEK, M. The digital implementation of the Gaussian profile filter according to ISO 11562. Beuth-Verlag, Berlin, 2005 (Цифровая реализация фильтра Гауссова профиля согласно ИСО 11562)

[8] JONES, J.V. Precision engineering from supertankers to integrated circuits. Precision Engineering, 1(1), 1979, p. 3 (Точное машиностроение от супертанкеров до интегральных схем. Точное машиностроение)

УДК 53.088.528.06.528.067:006.354 ОКС 17.040.01

Ключевые слова: геометрические характеристики, профиль поверхности, фильтрация

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 19.03.2019. Подписано в печать 27.05.2019. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,85.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru