
**Определение гранулометрического
состава. Анализ дифференциальной
подвижности частиц аэрозолей в
электрическом поле**

*Determination of particle size distribution – Differential electrical mobility
analysis for aerosol particles*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 15900:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8d65c649-498e-4503-b8cf-963c5c1d5a25/iso-15900-2009>

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



Ссылочный номер
ISO 15900:2009(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 – торговый знак 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 15900:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8d65c649-498e-4503-b8cf-963c5c1d5a25/iso-15900-2009>



ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2009

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, которое должно быть получено после запроса о разрешении, направленного по адресу, приведенному ниже, или в комитет-член ISO в стране запрашивающей стороны.

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 Термины и определения	1
3 Обозначение	4
4 Общий принцип	6
4.1 Классификация частиц по размеру с помощью DEMC	6
4.2 Взаимосвязь между электрической подвижностью и размером частиц	6
4.3 Измерение и преобразование данных	7
4.4 Передаточная функция DEMC	8
4.5 Функция распределения заряда	9
5 Система и оборудование	10
5.1 Общая конфигурация	10
5.2 Компоненты	11
6 Процедуры измерения	13
6.1 Установка параметров и подготовка прибора	13
6.2 Проверки перед измерениями	16
6.3 Измерение	16
6.4 Техническое обслуживание	17
7 Периодические тесты и калибровки	17
7.1 Обзор	17
7.2 Испытание герметичности	18
7.3 Проверка нуля	19
7.4 Калибровка расходомера	19
7.5 Калибровка напряжения	19
7.6 Испытание целостности кондиционера заряда частиц	20
7.7 Калибровка для измерения размера частиц	20
7.8 Определение разрешения измерения размеров	21
7.9 Калибровка счетной концентрации	22
8 Представление результатов	22
Приложение А (информативное) Кондиционеры заряда частиц и распределения заряда	23
Приложение В (информативное) Датчики частиц	31
Приложение С (информативное) Поправочный коэффициент на скольжение (поправка Каннингема)	35
Приложение D (информативное) Преобразование данных	39
Приложение E (информативное) Цилиндрический прибор DEMC	45
Приложение F (информативное) Калибровка измерения размеров в системе DMAS с поэтапным изменением напряжения и использованием частиц стандартного размера	51
Приложение G (информативное) Неопределенность	54
Библиография	57

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) представляет собой всемирную федерацию, состоящую из национальных органов по стандартизации (комитеты-члены ISO). Работа по разработке международных стандартов обычно ведется Техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в теме, для решения которой образован данный технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные организации, правительственные и неправительственные, поддерживающие связь с ISO, также принимают участие в работе. ISO тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Международные стандарты разрабатываются в соответствии с правилами, установленными в Части 2 Директив ISO/IEC.

Основное назначение технических комитетов заключается в разработке международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые Техническими комитетами, направляются комитетам-членам на голосование. Для их опубликования в качестве международных стандартов требуется одобрение не менее 75 % комитетов-членов, участвовавших в голосовании.

Внимание обращается на тот факт, что отдельные элементы данного документа могут составлять предмет патентных прав. ISO не несет ответственность за идентификацию каких-либо или всех подобных патентных прав.

ISO 15900 был подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 24, *Сита, просеивание и другие методы определения гранулометрического состава*, Подкомитетом SC 4, *Характеристика частиц*.

[ISO 15900:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8d65c649-498e-4503-b8cf-963c5c1d5a25/iso-15900-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8d65c649-498e-4503-b8cf-963c5c1d5a25/iso-15900-2009>

Введение

Анализ и классификация частиц в воздухе по дифференциальной подвижности в электрическом поле широко используется для измерения разнообразных аэрозольных частиц от нанометрического до микрометрического размера в газовой фазе. Кроме того, классификацию заряженных частиц по электрической подвижности можно использовать для создания монодисперсных частиц известного размера для калибровки приборов. Один из характерных признаков этих технологий заключается в том, что они базируются на простых физических принципах. Эти технологии приобрели большое значение в различных областях науки и техники, связанных с аэрозолями, например, при измерении аэрозолей, производстве материалов на основе аэрозолей, контроле загрязнения в полупроводниковой промышленности, исследовании аэрозолей в атмосфере, характеристике технических наночастиц и т.д. Однако чтобы правильно использовать классификацию и анализ электрической подвижности, необходимо с должной осторожностью подходить к использованию некоторых аспектов, таких как поправочный коэффициент на скольжение скольжения, коэффициенты прилипания ион-аэрозоль, распределение заряда в зависимости от распределения по размерам и метод, используемый для обратного преобразования измеренного распределения по подвижности в распределение по размерам аэрозолей.

Поэтому возникла необходимость создания международного стандарта для использования анализа дифференциальной электрической подвижности при классификации частиц аэрозолей. Целью такого стандарта является обеспечение методологии для адекватного контроля качества по размеру частиц и измерение численной (счетной) концентрации этим методом.

(standards.iteh.ai)

ISO 15900:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8d65c649-498e-4503-b8cf-963c5c1d5a25/iso-15900-2009>

Определение гранулометрического состава. Анализ дифференциальной подвижности частиц аэрозолей в электрическом поле

1 Область применения

Настоящий международный стандарт обеспечивает руководство по определению распределения аэрозольных частиц по размерам посредством анализа подвижности этих частиц в электрическом поле. Такое измерение обычно называют “дифференциальный анализ электрической подвижности аэрозольных частиц”. Данный метод анализа применяется для измерения размеров частиц в интервале примерно от 1 нм до 1 мкм. Настоящий международный стандарт не рассматривает конкретные измерительные приборы или конкретные требования к измерениям распределения частиц по размерам для различных задач, но включает метод расчета неопределенности измерений. В настоящем международном стандарте полная система для выполнения анализа дифференциальной электрической подвижности называется DMAS = САДП (система анализа дифференциальной подвижности), тогда как элемент в рамках этой системы, который классифицирует частицы по их подвижности в электрическом поле, называют DEMC = КДЭП (классификатор по дифференциальной электрической подвижности).

ПРИМЕЧАНИЕ В отношении измерений дифференциальной электрической подвижности, касающихся применения в автодорожном транспорте см. соответствующие национальные и международные стандарты. Технический комитет ISO TC 22, *Дорожный транспорт*, несет ответственность за разработку международных стандартов в области дорожного транспорта, компонентов и измерений.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8d65c649-498e-4503-b8cf-963e5e1d5a25/iso-15900-2009>

2 Термины и определения

Применительно к данному документу используются следующие термины и определения.

2.1

аэрозоль
aerosol

система частиц твердого или жидкого вещества, суспендированного в газе

2.2

коэффициент прилипания
attachment coefficient

вероятность слипания ионов и аэрозольных частиц

2.3

биполярное зарядное устройство
bipolar charger

устройство для достижения устойчивого равновесного состояния заряднения путем воздействия на аэрозольные частицы положительными и отрицательными ионами в пределах этого устройства

2.4

нейтрализация заряда
charge neutralization

процесс, в ходе которого аэрозольные частицы распределяются по заряду таким образом, что устанавливается равновесие, и результирующий заряд аэрозоля близок к нулю, что обычно достигается посредством воздействия на аэрозольные частицы электрически нейтральным облаком положительных и отрицательных зарядов газа

2.5

счетчик частиц конденсации condensation particle counter CPC

прибор, который измеряет счетную концентрацию частиц в аэрозоле

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Размеры обнаруженных частиц обычно меньше чем несколько сотен нанометров и больше нескольких нанометров.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 CPC является одним из возможных датчиков для применения с DEMC.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 В некоторых случаях счетчик частиц конденсации может называться счетчиком ядер конденсации (CNC).

2.6

критическая подвижность critical mobility

параметр прибора DEMC, который определяет электрическую подвижность аэрозольных частиц, покидающих DEMC в аэрозольной форме, который, в свою очередь, можно определить по геометрии, скорости потока аэрозоля и ограждающего воздушного потока (поток ножн) и интенсивности электрического поля

ПРИМЕЧАНИЕ Частицы с большей или меньшей, чем критическая, подвижностью перемещаются к электроду или выходу с избыточным потоком воздуха и не выходят из DEMC в аэрозольной форме.

2.7

классификатор дифференциальной электрической подвижности differential electrical mobility classifier DEMC

классификатор, который способен отобрать аэрозольные частицы по их электрической подвижности и отправить к выходу

ПРИМЕЧАНИЕ DEMC классифицирует аэрозольные частицы путем уравнивания действия напряженности электрического поля на каждую частицу с действием аэродинамической силы сопротивления среды в электрическом поле. Классифицированные частицы находятся в узком интервале электрической подвижности, определенном эксплуатационными условиями и физическими размерами DEMC, в то время как они могут иметь различные размеры в результате разницы в числе зарядов, которые получили.

2.8

система анализа дифференциальной подвижности differential mobility analysing system DMAS

система для измерения распределения по размерам субмикрометрических (субмикронных) аэрозольных частиц, состоящая из DEMC, расходомеров, датчика частиц, паяных соединений, компьютера и программного обеспечения

2.9

электрическая подвижность electrical mobility

подвижность заряженной частицы в электрическом поле

ПРИМЕЧАНИЕ Электрическую подвижность можно определить как скорость миграции, зависящую от силы (напряженности) электрического поля, механической подвижности и количества зарядов на частицу.

2.10

электрометр electrometer

устройство для измерения электрического тока в диапазоне от 1 фемтоампера (фА) до примерно 10 пикоампер (пА)

2.11**равновесное распределение заряда
equilibrium charge distribution**

состояние зарядки для аэрозольных частиц, которое является устойчивым после воздействия биполярных ионов в течение достаточно продолжительного периода времени

ПРИМЕЧАНИЕ Биполярные ионы представляют собой положительные и отрицательные ионы, производимые либо радиоактивным источником излучения, либо коронным разрядом.

2.12**электрометр с цилиндром Фарадея для измерения аэрозольных частиц
Faraday-cup aerosol electrometer
FCAE**

электрометр, сконструированный для измерения электрических зарядов, которые несут аэрозольные частицы

ПРИМЕЧАНИЕ Электрометр с цилиндром Фарадея для измерения аэрозольных частиц включает электропроводящий и заземленный цилиндр, который защищает чувствительный элемент со средами, фильтрующими аэрозоли для улавливания заряженных аэрозольных частиц, электрическое соединение между чувствительным элементом и цепью электрометра и расходомер.

2.13**число Кнудсена
Knudsen number**

Kn [ISO]

отношение средней длины свободного пробега молекул газа к радиусу частицы, которое является показателем свободномолекулярного режима в сравнении с континуальным (непрерывным) режимом течения газа

2.14**ламинарное течение
laminar flow**

течение газа без временной или пространственной неоднородности или турбулентных вихревых потоков

2.15**скорость миграции
migration velocity**

установившаяся скорость заряженной частицы воздуха в наложенном извне электрическом поле

2.16**кондиционер заряда частиц
particle charge conditioner**

устройство, используемое для создания распределения известного зависящего от размера частиц заряда на выборочном аэрозоле, находящемся в неизвестном состоянии заряжения; является биполярным или униполярным зарядником

2.17**число Пекле
Peclet number**

Pe [ISO]

безразмерный параметр, который характеризует соотношение между конвекционным и молекулярным процессами переноса частиц

2.18**число Рейнольдса
Reynolds number**

Re [ISO]

безразмерный параметр, который выражается как соотношение инерционной силы и силы вязкости; например, приложенной к аэрозольной частице или трубе, несущей аэрозольные частицы

2.19
поправка (Каннингема) на скольжение (газа)
slip correction

S_c
 безразмерный коэффициент, используемый для корректировки силы сопротивления среды, действующей на частицу, на эффекты неконтиуального режима, которые приобретают значение, когда размер частицы сравним или меньше чем средняя длина свободного пробега молекул газа

2.20
пространственный заряд
space charge

результатирующий заряд, пространственно распределенный в газе

2.21
сила Стокса
Stokes' drag

тормозящая сила, действующая на частицу, движущуюся относительно непрерывной среды в предельно медленном (ползучем) течении (низкое число Рейнольдса)

2.22
передаточная функция системы
system transfer function

передаточная функция, определенная как отношение концентрации частиц, измеренной датчиком частиц DMAS, к концентрации частиц на входе в DMAS, которое обычно выражается как функция электрической подвижности

2.23
передаточная функция
transfer function

отношение концентрации частиц на выходе из DEMC к концентрации частиц на входе в DEMC, которое обычно выражается как функция электрической подвижности

2.24
униполярное зарядное устройство
unipolar charger

устройство для достижения установившегося распределения зарядов аэрозольных частиц посредством воздействия на них либо положительных, либо отрицательных ионов в пределах этого устройства

3 Обозначение

Применительно к данному документу используются следующие обозначения.

Символ	Величина	единицы СИ
A, B, C	элементы поправочного коэффициента на скольжение, определенного Уравнением (2)	безразмерные
C_N	численная (счетная) концентрация аэрозоля	м^{-3}
c	тепловая скорость аниона или молекулы	м с^{-1}
D	коэффициент диффузии частицы или иона в воздухе	$\text{м}^2 \text{с}^{-3}$
d	диаметр аэрозольной частицы	м
E	сила (напряженность) электрического поля в DEMC	В м^{-1}
ε	относительная ошибка	

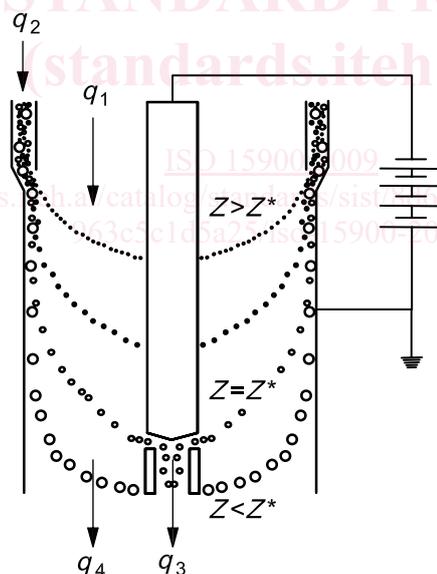
Символ	Величина	единицы СИ
e	элементарный заряд $= 1,602\ 177 \times 10^{-19}$ С	
K_n	число Кнудсена	
k	Постоянная Больцмана $= 1,381 \times 10^{-23}$ J K ⁻¹	
L	эффективная активная длина DEMC, аппроксимированная осевым расстоянием между серединой входа аэрозоля и серединой выходной прорези цилиндрического DEMC	м
l	средняя длина свободного пробега молекул	м
M	масса молекулы	ед.атомн. массы
m	масса иона	ед.атомн. массы
N_A	постоянная Авогадро $\approx 6,022\ 141\ 79(30) \times 10^{23}$ мол ⁻¹	
N_I	численная (счетная) плотность ионов	м ⁻³
P	атмосферное давление	Па
p	число элементарных зарядов на частицу	(безразмерное)
Pe	Число Пекле	(безразмерное)
q_1, q_2, q_3, q_4	скорости потока воздуха (или газа) и аэрозоля, входящих и выходящих из DEMC	м ³ с ⁻¹
q_a	скорость аэрозоля в воздухе	
r_1	наружный радиус внутреннего цилиндра цилиндрического DEMC	м
r_2	внутренний радиус наружного цилиндра цилиндрического DEMC	м
Re	число Рейнольдса	(безразмерное)
S	константа Сазерленда (=110,4 К при температуре 23 °С и стандартном атмосферном давлении)	
S_c	поправка (Каннингема) на скольжение (газа)	(безразмерная)
T	абсолютная температура	К
t	время пребывания иона	с
U	Напряжение постоянного тока, используемое для установления электрического поля в DEMC	В
V	объем	м ³
Z	электрическая подвижность заряженной аэрозольной частицы	м ² В ⁻¹ с ⁻¹
Z_1, Z_2, Z_3, Z_4	критические электрические подвижности, которые описывают передаточную функцию DEMC	м ² В ⁻¹ с ⁻¹
β	коэффициент прилипания ионов к аэрозольным частицам	м ³ с ⁻¹
γ	коэффициент рекомбинации ионов	(безразмерный)
δ	радиус ограничивающей сферы	м
η	коэффициент динамической вязкости газа	кг м ⁻¹ с ⁻¹
ι	скорость образования ионных пар	м ⁻³ с ⁻³
λ	средняя длина свободного пробега ионов	м
ρ	массовая плотность частиц	кг м ⁻³

4 Общий принцип

4.1 Классификация частиц по размеру с помощью DEMC

Измерение распределений частиц по размеру с помощью DMAS основано на классификации частиц по электрической подвижности в DEMC. DEMC можно сконструировать различными способами; например, DEMC с концентрическими цилиндрами, радиальный DEMC, DEMC с параллельными пластинами, и т.д. DEMC с концентрическими цилиндрами, показанный на Рисунке 1, является примером широко используемой конструкции. Он состоит из двух концентрических цилиндрических электродов с двумя входами. Один вход (помеченный q_1 на Рисунке 1) предназначен для создания оболочки из фильтрованного чистого воздуха. Другой вход (помеченный q_2) предназначен для поступления пробы воздуха с аэрозолем.

Пробу воздуха с аэрозолем, некоторые из частиц которого несут электрический заряд, вводят в DEMC потоком в форме тонкостенного кольцевого цилиндра, расположенного вокруг струи чистого, не содержащего частиц воздуха. Прикладывая напряжение, создают электрическое поле между внутренним и наружным электродами. Заряженная частица в присутствии электрического поля будет перемещаться в этом поле и достигнет конечной скорости, когда динамическое тормозящее влияние среды на частицу уравнивает движущую силу электрического поля. Заряженные частицы соответствующей полярности в пределах пробы воздуха начинают смещаться поперек потока чистого воздуха в направлении внутреннего электрода. В то же время поток чистого воздуха несет заряженные частицы вниз. Небольшая доля заряженных частиц поступает в узкую окружную щель у нижней части центрального электрода и уносится потоком воздуха к датчику (в направлении, помеченном q_3). Меняя напряжение, можно отобрать частицы с различной электрической подвижностью.



Z^* критическая подвижность частиц, выходящих из DEMC в направлении q_3

Рисунок 1 — Схематическая диаграмма DEMC, состоящего из концентрических цилиндров

При использовании в системе DMAS, измерение соответствующих параметров, таких как напряжение и скорость потока (расход), и их хронометраж необходимо объединить с другими измерениями, такими как измерение выходного сигнала датчика частиц. Эти параметры обычно контролируются с помощью системного контролирующего устройства (контроллера), как показано на Рисунке 3.

4.2 Взаимосвязь между электрической подвижностью и размером частиц

Электрическая подвижность частицы зависит от ее размера и электрического заряда. Зависимость между электрической подвижностью и размером частицы для сферических частиц можно описать Уравнением (1):

$$Z(d, p) = \frac{pe}{3\pi\eta d} S_c \quad (1)$$

Поправка на скольжение, S_c , распространяет расчет на основе закона Стокса тормозящей силы, действующей на сферическую частицу, движущуюся с низким числом Рейнольдса в газовой фазе, на частицы размером порядка нанометра. Поправка аппроксимируется Уравнением (2), приведенным далее

$$S_c = 1 + Kn \left[A + B \exp\left(-\frac{C}{Kn}\right) \right] \quad (2)$$

Подробное обсуждение поправки на скольжение приведено в Приложении С.

Динамическая вязкость и средняя длина свободного пробега молекул газа, используемые в Уравнениях (1) и (2), соответственно, зависят от температуры и давления газа-носителя. Уравнения (3) и (4) должны использоваться для расчета вязкости и средней длины свободного пробега для температур и давлений, отличных от стандартной температуры и давления, T_0 и P_0 , установленных в Таблице 1, соответственно.

$$\eta = \eta_0 \times \left(\frac{T}{T_0}\right)^{3/2} \times \left(\frac{T_0 + S}{T + S}\right) \quad (3)$$

$$l = l_0 \times \left(\frac{T}{T_0}\right)^2 \times \left(\frac{P_0}{P}\right) \times \left(\frac{T_0 + S}{T + S}\right) \quad (4)$$

где S , константа Сазерленда, имеет значение, приведенное в Таблице 1.

Если в отчете об измерениях не установлено однозначно другое, то для расчета взаимосвязи между электрической подвижностью и размером частиц в воздухе должны использоваться Уравнения (1) – (4) и набор параметров, приведенных в Таблице 1.

Таблица 1 — Значения параметров, рекомендованных для расчета электрической подвижности в зависимости от размера частиц в воздухе

Параметр	Значение	Примечания
η_0	$1,832\ 45\ 10^{-5}\ \text{кг}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$	Для сухого воздуха при температуре $T_0 = 296,15\ \text{К}$; $P_0 = 101,3\ \text{кПа}$. Все значения взяты из статьи: J.H. Kim, G.W. Mulholland, S.R. Kukuck and D.Y.H. Pui (2005).
l_0	$6,730 \times 10^{-8}\ \text{м}$	
S	110,4 К	
A	1,165	
B	0,483	
C	0,997	

4.3 Измерение и преобразование данных

Для данного приложенного электрического напряжения, U , отклик, $R(U)$, датчика частиц на аэрозольные частицы, поступающие в ДЕМС, задается Уравнением (5), которое называют основным уравнением для ответного сигнала датчика при измерении электрической подвижности:

$$R(U) = q_2 \sum_{p=1}^{\infty} \int_{d=0}^{\infty} n(d) \cdot f_p(d) \cdot \Omega[Z(d, p), \Delta\Phi(U)] W(d, p) dd \quad (5)$$

где

$W(d, p)$ коэффициент, связывающий ответ датчика со скоростью частиц;

Для счетчиков частиц конденсации (CPC), ответом является численная (счетная) концентрация частиц и $W(d, p) = \eta_{CPC}(d) q_{CPC}^{-1}$, где $\eta_{CPC}(d)$ это зависимость от размера частиц эффективности детектирования CPC, а q_{CPC} это измеряемая скорость потока CPC.

Для электрометров с цилиндром Фарадея для измерения аэрозольных частиц (FCAE), откликом является ток, а $W(d, p) = p e \eta_{FCAE}(d)$, где $\eta_{FCAE}(d)$ зависимость от размера частиц эффективности детектирования FCAE.

$n(d) dd$ численная (счетная) концентрация аэрозольных частиц в интервале диаметров dd вокруг d ;

$f_p(d)$ функция вероятности зарядки (см. 4.5 и Приложение А);

$\Omega[Z(d, p), \Delta\Phi(U)]$ передаточная функция DEMC (см. 4.4 и Приложение Е);

$Z(d, p)$ электрическая подвижность (см. 4.2);

$\Delta\Phi(U)$ функция питающего напряжения и геометрии DEMC (см. 4.4 и Приложение Е).

Если передаточная функция, Ω , функция распределения заряда, $f_p(d)$, и максимальный размер частиц (см. 5.2.1) известны, распределение частиц по размерам можно рассчитать на основе измерений DEMC. Подробности некоторых методов преобразования данных описаны в Приложении D.

4.4 Передаточная функция DEMC

Передаточная функция, Ω , DEMC определяется как вероятность того, что аэрозольная частица, которая попадает в DEMC через вход для аэрозоля, покинет его через выход датчика. Это зависит от электрической подвижности частицы, Z , от четырех объемных скоростей потока, от геометрии DEMC и от электрического поля. Влияние геометрии и электрического поля на передаточную функцию отражается членом $\Delta\Phi$, который является функцией геометрии и питающего напряжения DEMC. Для данного подающегося напряжения, $\Delta\Phi$ является постоянной.

Если пренебречь инерцией частиц, броуновским движением, пространственным зарядом и его зеркальными силами, то передаточную функцию DEMC можно описать как усеченный равнобедренный треугольник с половиной ширины, ΔZ , центрированной вокруг электрической подвижности, Z^* , см. Рисунок 2.

Детальное обсуждение передаточной функции на примере DEMC с концентрическими цилиндрами можно найти в Приложении Е.

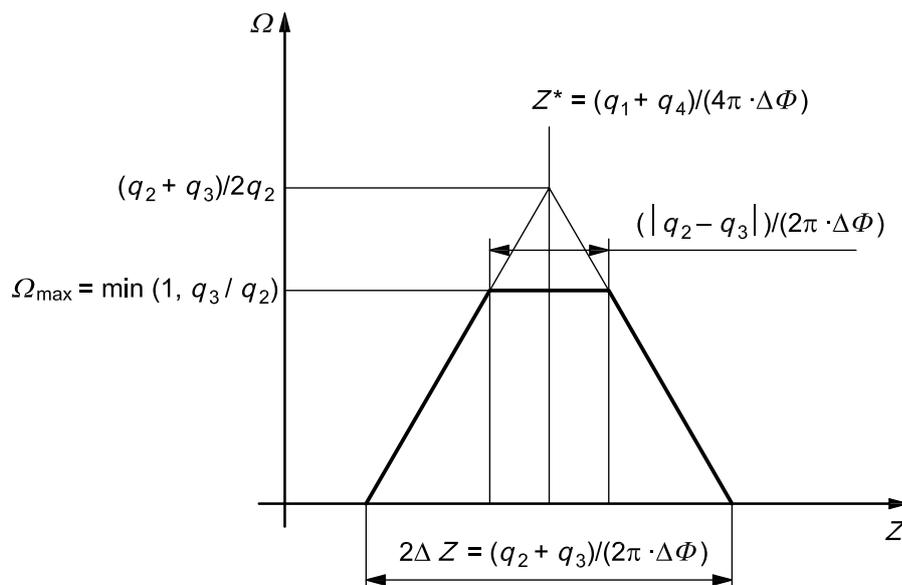


Рисунок 2 — Передаточная функция DEMC

4.5 Функция распределения заряда

Как установлено в 4.3, зависящая от размера частицы функция распределения заряда, $f_p(d)$, должна быть известна для расчета распределения частиц по размерам, измеренных DEMC. В принципе, известную функцию распределения по размерам можно создать либо биполярной, либо однополярной зарядкой. Для этой цели используется кондиционер заряда аэрозольных частиц (5.2.2).

Для однополярной зарядки достигнутое распределение заряда зависит от технической конструкции заряжающего устройства. Поэтому функция распределения заряда, $f_p(d)$, должна оцениваться для каждой конкретной конструкции униполярного заряжающего устройства. Концентрация частиц, которые будут заряжаться, должна быть ограничена таким образом, чтобы уменьшение концентрации ионов за счет прилипания ионов к частицам не привело к значительному уменьшению зарядов на частицах. Изготовитель измерительных приборов или пользователь должны путем конструкции или техники измерения обеспечить правильное выполнение метода и не производить частиц, вызывающих ложное срабатывание датчика. Униполярная зарядка обсуждается в Приложении А.

В газообразной среде, содержащей аэрозольные частицы и достаточно высокую концентрацию биполярных ионов, созданных, например, радиоактивным источником, равновесное распределение заряда будет создаваться на аэрозоле как результат произвольного теплового движения ионов и частых столкновений между ионами и аэрозольными частицами. Биполярное равновесное распределение заряда зависит от свойств ионов (подвижности ионов и массы ионов), газодинамических свойств (коэффициента диффузии ионов и средней длины свободного пробега ионов) и коэффициента прилипания ионов к аэрозольным частицам. Подробности приведены в Приложении А.

Вероятность биполярной зарядки для сферических частиц в воздухе (293,15 К, 101,3 кПа) можно также рассчитать, используя приближение Вайдензолера (Wiedensohler) (1988) ^[50] в сочетании с результатом Ганна (Gunn) (1956) ^[24], приведенного в Приложении А. Это приближение хорошо согласуется с другими теоретическими расчетами и экспериментальными результатами. В Таблице 2 показаны результаты такого расчета.

Если в отчете об измерениях не установлено однозначно иное, то для определения функции распределения заряда, $f_p(d)$, для аэрозольных частиц в воздухе должны применяться значения, приведенные в Таблице 2.