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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ ISO 9224—2022

КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Коррозионная агрессивность атмосферы. Основополагающие значения категорий коррозионной агрессивности

(ISO 9224:2012, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

Предисловие

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

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Ассоциацией «Объединение участников бизнеса по развитию стального строительства» («Ассоциация развития стального строительства») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 214 «Защита изделий и материалов от коррозии, старения и биоповреждений»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 августа 2022 г. № 153-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	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 сентября 2022 г. № 1030-ст межгосударственный стандарт ГОСТ ISO 9224—2022 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2023 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 9224:2012 «Коррозия металлов и сплавов. Коррозионная активность атмосферы. Основополагающие значения категорий коррозионной активности» («Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Guiding values for the corrosivity categories», IDT).

ISO 9224 разработан Техническим комитетом по стандартизации ISO/TC 156 «Коррозия металлов и сплавов» Международной организации по стандартизации (ISO).

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

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

7 Часть содержания примененного международного стандарта, указанного в пункте 5, может быть объектом патентных прав

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© ISO, 2012
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

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 1
4 Сущность метода 2
5 Прогнозирование коррозионного разрушения после длительного воздействия 2
6 Конкретные критерии для расчета скоростей коррозии конструкционных металлов 3
6.1 Стали 3
6.2 Материалы на основе цинка 4
6.3 Медные сплавы 4
6.4 Алюминиевые сплавы 4
7 Продолжительное воздействие 5
Приложение А (справочное) Пример максимального коррозионного разрушения после продолжительного воздействия для категорий коррозионной агрессивности 8
Приложение В (справочное) Средние начальные и средние установившиеся скорости коррозии в интервалах относительно классифицированных категорий коррозионной агрессивности 10
Приложение С (справочное) Прогнозирование коррозионного разрушения стали в зависимости от ее состава 11
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 12
Библиография 13

Введение

Общее понятие «категория коррозионной агрессивности», установленное в ISO 9223, соответствует техническим целям и описывает коррозионные свойства атмосфер на основе имеющихся знаний об атмосферной коррозии.

Основополагающие значения коррозионной агрессивности можно использовать для прогнозирования степени коррозионного разрушения при длительном воздействии на основе измерений коррозионного воздействия рассматриваемой внешней атмосферы в течение первого года. Эти значения также могут быть использованы для определения консервативных оценок коррозионного разрушения на основе информации об окружающей среде или оценок категории коррозионной агрессивности, как указано в ISO 9223.

Оценки коррозионного разрушения, полученные методами, описанными в настоящем стандарте, можно использовать для прогнозирования срока службы в период нормальной эксплуатации металлических компонентов и, в некоторых случаях, металлических покрытий, подвергающихся внешнему атмосферному воздействию, описанному в ISO 9223. Результаты коррозионной агрессивности можно также использовать для определения, требуются ли защитные меры, такие как покрытия, для достижения желаемого срока службы изделий. Другие применения включают выбор строительных материалов для эксплуатации под открытым небом.

Основополагающие значения коррозии используются как информация для выбора способа защиты от атмосферной коррозии согласно ISO 11303.

Основополагающие значения в настоящем стандарте основаны на большом количестве точек воздействия в мире. В то же время метод, используемый в настоящем стандарте, возможно, не охватывает всех ситуаций, встречающихся в естественном окружении и условиях эксплуатации. В частности, условия, которые приводят к существенным изменениям в окружающей среде, могут вызвать значительное увеличение или уменьшение скорости коррозии. Пользователям настоятельно рекомендуется обратиться за консультацией к квалифицированным специалистам в области внешней атмосферной коррозии в тех случаях, когда местная коррозия может оказаться важнее, чем общее разрушение. В настоящем стандарте не рассматриваются конкретные проблемы гальванической (биметаллической) коррозии, точечной коррозии, щелевой коррозии, растрескивания под действием условий окружающей среды и коррозии сварных швов на изделиях.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Коррозионная агрессивность атмосферы. Основополагающие значения категорий коррозионной агрессивности

Corrosion of metals and alloys. Corrosivity of atmospheres. Guiding values for the corrosivity categories

Дата введения — 2023—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основополагающие значения коррозионного воздействия на металлы и сплавы в естественных атмосферных условиях продолжительностью более одного года. Настоящий стандарт предполагает совместное использование с ISO 9223.

Основополагающие значения коррозии для стандартных образцов строительных материалов можно использовать в инженерных расчетах. Эти значения устанавливают техническое содержание каждой отдельной категории коррозионной агрессивности для стандартных образцов металлов.

В приложении А даны примеры рассчитанного максимального коррозионного разрушения после продолжительного воздействия (до 20 лет) для шести стандартизованных категорий коррозионной агрессивности.

В приложении В представлены предполагаемые средние скорости коррозии в начале воздействия и при установившемся воздействии на стандартные образцы металлов с интервалами, соответствующими шести стандартизованным категориям коррозионной агрессивности.

В приложении С представлена процедура расчета коррозионного разрушения стали в зависимости от ее состава.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)].

ISO 8044, Corrosion of metals and alloys — Vocabulary (Коррозия металлов и сплавов. Словарь)*

ISO 9223, Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Classification, determination and estimation (Коррозия металлов и сплавов. Коррозионная активность атмосфер. Классификация, определения и оценка)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ISO 8044*, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **основополагающее значение коррозии** (guiding corrosion value): Скорости коррозии, потери массы, проникновение коррозии и другие характеристики, выражающие ожидаемое коррозионное дей-

* На территории стран ЕАЭС действует ГОСТ 9.106—2021 «Единая система защиты от коррозии и старения. Коррозия металлов. Термины и определения».

Издание официальное

ствие атмосферных условий данной категории коррозионной агрессивности в отношении стандартных образцов металлов.

3.2 **скорость коррозии после длительного воздействия** (corrosion rate after extended exposure): Скорость коррозии после воздействий продолжительностью более одного года.

3.3 **средняя скорость коррозии r_{av}** (average corrosion rate): Ежегодная скорость коррозии, рассчитанная как среднее значение на первые 10 лет атмосферного воздействия на металл.

3.4 **установившаяся скорость коррозии r_{lin}** (steady-state corrosion rate): Ежегодная скорость коррозии, выведенная из длительного атмосферного воздействия на металл, не включая начальный период.

Примечание — Применительно к настоящему стандарту скорость коррозии после 10 лет воздействия считается постоянной.

4 Сущность метода

Скорость коррозии металлов и сплавов под действием естественных внешних условий изменяется в зависимости от времени воздействия. Для большинства металлов и сплавов она уменьшается с течением времени воздействия ввиду скопления продуктов коррозии на поверхности рассматриваемого металла. Обычно наблюдается линейное развитие разрушения конструкционных металлов и сплавов, если построить график зависимости итогового повреждения от времени воздействия в логарифмических координатах. Эта зависимость указывает, что общее коррозионное разрушение D, выраженное как потери массы на единицу площади либо как глубина проникновения, может задаваться формулой:

$$D = r_{corr} \cdot t^b, \quad (1)$$

где t — время воздействия, выраженное в годах;

r_{corr} — скорость коррозии в первый год воздействия, выраженная в граммах на квадратный метр в год [г/(м^2 · год)] или в микрометрах в год (мкм/год) в соответствии с ISO 9223;

b — показатель степени времени, специфичный для металла и условий окружающей среды, обычно меньше 1.

5 Прогнозирование коррозионного разрушения после длительного воздействия

Этот метод следует использовать, чтобы спрогнозировать степень коррозии на длительный срок воздействия, а также в тех случаях, когда можно оценить степень коррозии в первый год воздействия методами, описанными в ISO 9223.

Прогноз коррозионного разрушения вычисляют подстановкой значений в формулу (1).

Соответствующее значение b выбирают или вычисляют в соответствии с разделом 7. В тех случаях, когда имеются долгосрочные данные о потерях металла, используют значение b из этих данных. В случаях, если точный состав металла неизвестен, выбирают значение B1 из таблицы 2 для рассматриваемого металла или сплава. Это значение b подставляют в формулу (1).

Значения B1 были взяты как средние показатели степени времени из анализов регрессии длительных результатов воздействия на плоскую пластинку по программе изучения атмосферных воздействий ISO CORRAG [1].

Примечание — Необходимо различать показатель степени времени b, специфичный к металлу и окружающим условиям в формуле (1), рассчитанный по данным воздействия, и значения B1 и B2, принятые или вычисленные по программе ISO CORRAG как обобщенные значения b.

Чтобы упростить расчеты, в таблицу 3 включены значения функции t^b для значений времени до 100 лет при показателях степени, равных B1. Однако для формулы (1) можно не применять продолжительность воздействия свыше 20 лет (см. раздел 7 далее по тексту: обсуждение длительных воздействий).

В случаях, когда необходимо оценить консервативное верхнее предельное значение коррозии после продолжительного воздействия, значение b, использованное в формуле (1), следует увеличить, чтобы учесть неопределенности в данных. Один из способов сделать это заключается в прибавлении

двух стандартных отклонений к среднему значению, чтобы получить верхнее значение на 95 %-ном доверительном интервале. Для четырех металлов, показанных в таблице 2, стандартные отклонения значений *b* [1] будут:

- углеродистая сталь: 0,026 0;
- цинк: 0,030 0;
- медь: 0,029 5;
- алюминий: 0,039 5.

Примечание — Оценка консервативного верхнего предельного значения коррозии после длительного воздействия основана на неопределенностях в *b*. Эта оценка не учитывает неопределенности в r_{corr}, которые определены в ISO 9223.

Значения B2 в таблице 2 включают два дополнительных стандартных отклонения и могут быть использованы для нахождения верхнего предельного значения коррозионного воздействия при использовании данных по плоской пластинке по программе ISO CORRAG. В таблице 3 также представлены рассчитанные значения для функции t^b на период до 100 лет, использующие значения B2 для *b* (см. раздел 7 для воздействий продолжительностью более 20 лет).

В приложении А представлено максимальное коррозионное разрушение стандартных образцов металлов, описанное в ISO 9223 для продолжительности воздействия до 20 лет для шести категорий коррозии. Эти расчеты выполнены с применением показателей степени времени, приведенных в таблице 2.

6 Конкретные критерии для расчета скоростей коррозии конструкционных металлов

6.1 Стали

На защитную способность слоев ржавчины на сталях при атмосферных воздействиях в значительной степени влияют легирующие элементы. Стали, стойкие к атмосферным воздействиям, в частности, имеют определенные легирующие добавки для ускорения образования защитного слоя ржавчины, который формируется в ходе воздействия. Другие углеродистые и низколегированные стали значительно изменяют свои характеристики при атмосферных воздействиях в зависимости от конкретного содержания в них легирующих добавок. Метод расчета скоростей коррозии сталей относительно их состава приведен в приложении С.

Значения B1 и B2 в таблице 2 оцениваются для углеродистой стали, имеющей состав, указанный в таблице 1 [2].

Таблица 1 — Состав стали, для которой оцениваются значения B1 и B2

Элемент	Состав, массовая доля, %
Углерод	0,056
Кремний	0,060
Сера	0,012
Фосфор	0,013
Хром	0,020
Молибден	0,010
Никель	0,040
Медь	0,030
Ниобий	0,010
Титан	0,010
Ванадий	0,010

Окончание таблицы 1

Элемент	Состав, массовая доля, %
Алюминий	0,020
Олово	0,005
Азот	0,004
Марганец	0,390

Щели и укрытые участки, в которые не попадает дождь, показывают при наблюдении более значительные повреждения от коррозии, чем прогнозируемые формулой (1) при длительном воздействии. Кроме того, следует ожидать, что попадание дождевой воды на конструкции с использованием коррозионно-стойких сталей или незащищенных (без покрытия) углеродистых сталей может оставлять отложения ржавчины на открытых для дождя поверхностях и на бетоне, камне, кирпичной кладке и других пористых материалах могут образоваться пятна.

Стали, закаленные для усиления прочности при растяжении выше 1000 МПа, могут растрескиваться под действием условий окружающей среды в результате атмосферной коррозии.

6.2 Материалы на основе цинка

Цинковые сплавы также имеют значительно отличающиеся характеристики стойкости к атмосферному воздействию. Значения B1 в таблице 2 получены на технически чистых цинковых сплавах, но другие сплавы на основе цинка показали более высокие значения *b* при атмосферных воздействиях [3]. Электролитические цинковые покрытия, механически нанесенные цинковые покрытия и цинковые покрытия, полученные горячим цинкованием, имеют уникальные характеристики, и при применении формулы (1) и значений B1 или B2 можно неточно спрогнозировать их характеристики. Цинковые материалы особенно восприимчивы к воздействию диоксида серы и окружающим условиям с высоким уровнем содержания этого газа (диапазон содержания диоксида серы P_3) и, вероятно, покажут более высокие скорости коррозии, чем можно предположить по формуле (1). В подобных случаях целесообразно допустить, что скорость коррозии линейно зависит от времени, т. е. *b* равно 1,0.

Примечание — Дополнительную информацию по применению цинковых покрытий для защиты от коррозии см. в ISO 14713-1.

6.3 Медные сплавы

Медные сплавы, такие как латунь (т. е. медно-цинковые сплавы), бронза (т. е. сплавы меди и олова), нейзильбер (т. е. медные сплавы, содержащие цинк и никель) и мельхиоры, имеют скорости атмосферной коррозии, аналогичные или немного меньше скоростей коррозии для чистой меди [4], [5]. Значения B1 и B2 в таблице 2 подходят для всех этих материалов. Латуни с содержанием цинка выше примерно 20 % могут демонстрировать избирательную коррозию (обесцинкование) в агрессивных атмосферах. Двухфазные латуни наиболее восприимчивы к избирательной коррозии. Также следует отметить, что закаленные к деформации медные сплавы могут подвергаться растрескиванию под действием окружающей среды в естественных условиях, если степень их упрочнения достаточно высока.

6.4 Алюминиевые сплавы

Алюминиевые сплавы демонстрируют равномерную и местную коррозию в естественных атмосферных условиях. В результате воздействие, рассчитанное упомянутыми выше методами, может серьезно занизить максимальное проникновение, которое происходит при коррозии. Кроме того, высокопрочные, дисперсионно-твердеющие сплавы, которые содержат медь или медь-цинк в значительном количестве, могут подвергаться коррозионному расслаиванию. Изделия из алюминия, имеющие слой гальванического защитного покрытия плакирующим сплавом, нанесенный на сплав высокой прочности, обычно имеют значительно улучшенную коррозионную стойкость к атмосферным воздействиям. Также разработаны конкретные виды термообработки для высокопрочных дисперсионно-твердеющих сплавов, содержащих значительное количество меди-цинка, чтобы предотвратить коррозионное расслаива-

ние или коррозионное растрескивание под действием напряжений. Сплавы с хорошими коррозионными характеристиками при длительном воздействии, используемые в строительстве, судостроении как конструкционные материалы, описаны в конкретных стандартах на алюминий.

7 Продолжительное воздействие

Формула (1), по наблюдениям, справедлива для воздействий продолжительностью до 20 лет на металлы, подпадающие под настоящий стандарт. В то же время формула (1) основана на том, что слой продуктов коррозии увеличивается в толщину, и, следовательно, растет степень защиты в процессе воздействия. В некоторый момент времени, по истечении 20 лет, этот слой стабилизируется и скорость коррозии становится линейно-зависимой от времени, поскольку скорость потери металла становится равной скорости потери слоя продуктов коррозии. К сожалению, не имеется экспериментальных данных, которые показали бы, когда это может произойти, и не существует метода предсказания этого момента времени. Применение формулы (1) для продолжительности воздействия более 20 лет, вероятно, оправдано в большинстве случаев, особенно если воздействие незначительно превышает 20 лет.

В то же время подход, который дает максимальную оценку разрушения, заключается в предположении, что скорость коррозии становится линейно-зависимой при 20-летнем воздействии. В этом случае скорость коррозии можно рассчитать по формуле (2):

$$\frac{\mathrm{d}D}{\mathrm{d}t} = b \cdot r_{\mathrm{corr}} \cdot (t)^{b-1}. \tag{2}$$

Тогда общее коррозионное разрушение будет:

$$D(t > 20) = r_{\mathrm{corr}} \cdot [20^{b} + b \cdot (20^{b-1}) \cdot (t - 20)]. \tag{3}$$

В таблице 4 приведены значения для члена $b \cdot (20^{b-1})$ для значений b, показанных в таблице 2. Формула (3) дает более высокие оценки коррозии, чем формула (1), для продолжительности воздействия свыше 20 лет, но в тех случаях, где требуется максимальная оценка коррозионного разрушения, формула (3) оправданна.

Таблица 2 — Значения показателя степени времени для прогноза и оценки коррозионного разрушения

Металл	B1	B2
Углеродистая сталь	0,523	0,575
Цинк	0,813	0,873
Медь	0,667	0,726
Алюминий	0,728	0,807

Таблица 3 — Показатели степени времени, зависящие от вида металла и окружающей среды, для стандартных образцов

	Сталь		Цинк		Медь		Алюминий	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
b — значения	0,523	0,575	0,813	0,873	0,667	0,726	0,728	0,807
t (лет)								
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	1,437	1,490	1,757	1,831	1,588	1,654	1,656	1,750
3	1,776	1,881	2,443	2,609	2,081	2,220	2,225	2,427
4	2,065	2,219	3,087	3,354	2,521	2,736	2,743	3,061

Окончание таблицы 3

	Сталь		Цинк		Медь		Алюминий	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
5	2,320	2,523	3,701	4,076	2,926	3,217	3,227	3,665
6	2,553	2,802	4,292	4,779	3,304	3,672	3,685	4,246
7	2,767	3,061	4,865	5,467	3,662	4,107	4,123	4,808
8	2,967	3,306	5,423	6,143	4,003	4,525	4,544	5,355
9	3,156	3,537	5,968	6,809	4,330	4,929	4,951	5,889
10	3,334	3,758	6,501	7,464	4,645	5,321	5,346	6,412
11	3,505	3,970	7,025	8,112	4,950	5,702	5,730	6,925
12	3,668	4,174	7,540	8,752	5,246	6,074	6,104	7,428
13	3,825	4,370	8,047	9,386	5,534	6,438	6,471	7,924
14	3,976	4,561	8,547	10,013	5,814	6,793	6,829	8,413
15	4,122	4,745	9,040	10,635	6,088	7,142	7,181	8,894
16	4,263	4,925	9,527	11,251	6,355	7,485	7,527	9,370
17	4,401	5,099	10,008	11,863	6,618	7,822	7,866	9,839
18	4,534	5,270	10,484	12,470	6,875	8,153	8,200	10,304
19	4,664	5,436	10,955	13,072	7,127	8,480	8,530	10,764
20	4,791	5,599	11,422	13,671	7,375	8,801	8,854	11,218
25	5,384	6,365	13,694	16,611	8,559	10,349	10,416	13,432
30	5,923	7,069	15,882	19,477	9,666	11,814	11,814	15,561
35	6,420	7,724	18,002	22,283	10,713	13,213	13,307	17,622
40	6,885	8,340	20,067	25,038	11,710	14,558	14,666	19,627
45	7,322	8,925	22,083	27,749	12,668	15,857	15,979	21,585
50	7,737	9,482	24,058	30,423	13,590	17,118	17,252	23,500
60	8,511	10,530	27,902	35,672	15,347	19,541	19,701	27,225
70	9,225	11,506	31,627	40,810	17,009	21,855	22,041	30,831
80	9,893	12,424	35,254	45,856	18,593	24,079	24,291	34,339
90	10,521	13,295	38,797	50,822	20,113	26,229	26,466	37,764
100	11,117	14,125	42,267	55,719	21,577	28,314	28,576	41,115

Таблица 4 — Значения $b(20^{b-1})$

Металл		b	20^b	$b(20^{b-1})$
Углеродистая сталь	B1	0,523	4,791	0,125
	B2	0,575	5,559	0,161

Окончание таблицы 4

Металл		b	20^b	$b(20^{b-1})$
Цинк	B1	0,813	11,422	0,464
	B2	0,873	13,671	0,597
Медь	B1	0,667	7,375	0,246
	B2	0,726	8,803	0,320
Алюминий	B1	0,728	8,854	0,321
	B2	0,807	11,218	0,453

Приложение А
(справочное)

Пример максимального коррозионного разрушения после продолжительного воздействия для категорий коррозионной агрессивности

В ISO 9223 представлены диапазоны коррозионного разрушения для четырех стандартных образцов металлов после одного года воздействия атмосфер с шестью категориями коррозионной агрессивности. В данном приложении представлена детализация значений такого разрушения в различное время, чтобы продемонстрировать влияние продолжительного воздействия. Показатель степени времени В1 был использован в данном случае потому, что он отражает наиболее вероятные значения. В таблице А.1 представлены потери массы на единицу площади в граммах на квадратный метр (г/м^2), а в таблице А.2 — результаты в единицах глубины проникновения в микрометрах (мкм). Алюминий исключен из таблицы А.2, поскольку коррозия алюминиевых сплавов происходит по точечному механизму. Длительное выдерживание под открытым небом показывает, что глубина проникновения точек коррозии растет относительно быстро в течение двух первых лет, но в последующие годы увеличивается незначительно.

Таблица А.1 — Максимальное коррозионное разрушение при длительных воздействиях для различных категорий коррозионной агрессивности

Значения коррозионного разрушения в граммах на квадратный метр

Металл	Категория коррозионной агрессивности	Время воздействия, годы					
		1	2	5	10	15	20
Углеродистая сталь	С1	10	14	23	33	41	48
	С2	200	287	464	668	824	958
	С3	400	575	928	1 334	1 649	1 916
	С4	650	934	1 508	2 167	2 679	3 114
	С5	1 500	2 155	3 480	5 001	6 183	7 186
	СХ	5 500	7 904	12 760	18 337	22 671	26 390
Цинк	С1	0,7	1,2	2,6	4,6	6,3	8,0
	С2	5	9	18	32	45	57
	С3	15	26	56	97	136	171
	С4	30	53	111	195	271	343
	С5	60	105	222	390	542	625
	СХ	180	316	666	1 170	1 627	2 056
Медь	С1	0,9	1,4	2,6	4,2	5,5	6,6
	С2	5	8	20	23	30	37
	С3	12	19	35	56	73	88
	С4	25	40	73	116	152	184
	С5	50	79	146	232	304	368
	СХ	90	143	263	418	548	664

Окончание таблицы А.1

Металл	Категория коррозионной агрессивности	Время воздействия, годы					
		1	2	5	10	15	20
Алюминий	С1	Пренебрежимо малое					
	С2	0,6	1,0	1,9	3,2	4,4	5,3
	С3	2	3	6	11	14	18
	С4	5	8	16	28	36	44
	С5	10	17	32	54	72	88
	СХ	Данные, касающиеся общей коррозии, могут быть неправильными.					

Примечание — Значения для алюминия, приведенные в таблице 2, демонстрируют линейный рост равномерной коррозии. На практике потери массы растут относительно быстро в течение первых двух лет. В результате образования оксидного слоя поверхность пассивируется и скорость равномерной коррозии опускается до более низких значений.

Таблица А.2 — Максимальное коррозионное разрушение при длительных воздействиях для различных категорий коррозионной агрессивности

Значения коррозионного разрушения в микрометрах

Металл	Категория коррозионной агрессивности	Время воздействия, годы					
		1	2	5	10	15	20
Углеродистая сталь	С1	1,3	1,9	3,0	4,3	5,4	6,2
	С2	25	36	58	83	103	120
	С3	50	72	116	167	206	240
	С4	80	115	186	267	330	383
	С5	200	287	464	667	824	958
	СХ	700	1 006	1 624	2 334	2 885	3 354
Цинк	С1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1
	С2	0,7	1,2	2,6	4,5	6,3	8,0
	С3	2,1	3,7	7,8	13,6	19,0	24,0
	С4	4,2	7,4	15,5	27,3	38,0	48,0
	С5	8,4	14,3	31,1	54,6	75,9	95,9
	СХ	25	44	93	162	226	286
Медь	С1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7
	С2	0,6	1,0	1,8	2,8	3,6	4,4
	С3	1,3	2,1	3,8	6,0	7,9	9,6
	С4	2,8	4,4	8,2	13,0	17,0	20,6
	С5	5,6	8,9	16,4	26,0	34,1	41,3
	СХ	10	16	29	46	61	74

Приложение В
(справочное)

Средние начальные и средние установившиеся скорости коррозии в интервалах относительно классифицированных категорий коррозионной агрессивности

Для некоторых технических применений можно использовать более общие основополагающие значения коррозии, определенные в интервалах средних скоростей коррозии для категорий коррозионной агрессивности. Средние скорости коррозии до 10 лет воздействия считаются соответствующими начальному периоду воздействия. Средние скорости коррозии для периодов, превышающих 10 лет, считаются установившимися скоростями коррозии. Уровень неопределенности для основополагающих значений, определенных как средние для начального и установившегося периодов, является высоким.

Таблица В.1 — Основополагающие значения для скоростей (проникновения) коррозии, r_{av}, r_{lin}, углеродистой стали, цинка и меди в атмосферах классифицированных категорий коррозионной агрессивности

Значения в микрометрах в год

Металл	Средняя скорость коррозии r_{av} в течение первых 10 лет для следующих категорий коррозионной агрессивности					
	C1	C2	C3	C4	C5	CX
Углеродистая сталь	$r_{av} \le 0,4$	$0,4 < r_{av} \le 8,3$	$8,3 < r_{av} \le 17$	$17 < r_{av} \le 27$	$27 < r_{av} \le 67$	$67 < r_{av} \le 233$
Цинк	$r_{av} \le 0,07$	$0,07 < r_{av} \le 0,5$	$0,5 < r_{av} \le 1,4$	$1,4 < r_{av} \le 2,7$	$2,7 < r_{av} \le 5,5$	$5,5 < r_{av} \le 16$
Медь	$r_{av} \le 0,05$	$0,05 < r_{av} \le 0,3$	$0,3 < r_{av} \le 0,6$	$0,6 < r_{av} \le 1,3$	$1,3 < r_{av} \le 2,6$	$2,6 < r_{av} \le 4,6$
Металл	Установившаяся скорость коррозии $r_{lin,}$ оцениваемая как средняя скорость коррозии в течение первых 30 лет для следующих категорий коррозионной активности					
	C1	C2	C3	C4	C5	CX
Углеродистая сталь	$r_{lin} \le 0,3$	$0,3 < r_{lin} \le 4,9$	$4,9 < r_{lin} \le 10$	$10 < r_{lin} \le 16$	$16 < r_{lin} \le 39$	$39 < r_{lin} \le 138$
Металл	Средняя скорость коррозии r_{av} в течение первых 10 лет для следующих категорий коррозионной агрессивности					
	C1	C2	C3	C4	C5	CX
Цинк	$r_{lin} \le 0,05$	$0,05 < r_{lin} \le 0,4$	$0,4 < r_{lin} \le 1,1$	$1,1 < r_{lin} \le 2,2$	$2,2 < r_{lin} \le 4,4$	$4,4 < r_{lin} \le 13$
Медь	$r_{lin} \le 0,03$	$0,03 < r_{lin} \le 0,2$	$0,2 < r_{lin} \le 0,4$	$0,4 < r_{lin} \le 0,9$	$0,9 < r_{lin} \le 1,8$	$1,8 < r_{lin} \le 3,2$

Рассчитанные диапазоны средних скоростей коррозии основаны на методе вычисления, соответствующем настоящему стандарту: они выведены из скоростей коррозии в первый год для шести категорий коррозионной агрессивности в соответствии с ISO 9223. Эти значения представляют обобщенную информацию по основополагающим значениям коррозии для шести категорий коррозионной агрессивности.

Приложение С
(справочное)

Прогнозирование коррозионного разрушения стали в зависимости от ее состава

В тех случаях, когда состав стали известен или определяется либо из технических условий, либо из составов усредненной партии, можно использовать формулу (С.1), чтобы рассчитать значение b для использования в формуле (1).

$$b_a = 0{,}569 + \sum b_i \cdot w_i, \qquad (C.1)$$

где b_a — значение b, специфичное для легирующих добавок при неморских воздействиях;

b_i — множитель для i-го легирующего элемента;

w_i — массовая доля i-го легирующего элемента.

Формула (С.1) основана на данных ASTM G101 [6]. Значение 0,569 является средним значением b для чистого железа в трех условиях неморского воздействия [7], [8]. Стандартное отклонение этого значения составляет 0,029. Значения b для легирующих элементов, которые вносят значительный вклад в отложение слоев ржавчины на стали, приведены в таблице С.1. Другие легирующие элементы могут иметь меньшее влияние на защиту со стороны слоя ржавчины, но их универсального влияния не обнаружено, поэтому в данный метод они не включены.

Таблица С.1 — Множители для легирующих элементов для формулы (С.1)

Элемент	Множитель, b_i
C	–0,084
P	–0,490
S	+1,440
Si	–0,163
Ni	–0,066
Cr	–0,124
Cu	–0,069

В морских атмосферах осаждение хлоридов снижает защитную способность слоев ржавчины. Степень осаждения хлоридов значительно меняется с расстоянием, в зависимости от расстояния от прибойной волны и ее агрессивности, направления и скорости ветра, ориентации поверхности и размера объекта, наличия препятствий, которые влияют на циркуляцию воздуха, и от множества других факторов. Приблизительный уровень осаждения хлоридов можно получить, используя технику хлоридной свечки, описанную в ISO 9225. С помощью этого способа было обнаружено следующее отношение между увеличением значения b, Δb, и скоростью осаждения хлоридов S_d:

$$\Delta b = 0{,}0845 \cdot S_d^{0{,}26}, \qquad (C.2)$$

где Δb — увеличение значения b;

S_d — скорость осаждения хлорид-ионов, выраженная в миллиграммах на квадратный метр в сутки [мг/(м^2 × × сутки)].

Данные, использованные для вывода формулы (С.2), взяты из публикаций, в которых 19 сталей были помещены в девять морских условий с различными степенями осаждения хлоридов [9], [10], [11]. Значения Δb, рассчитанные по формуле (С.2), имели коэффициент вариации (стандартное отклонение, деленное на значение), равный 27 %.

Прибавление двух стандартных отклонений, показанное в разделе 5, должно включаться в расчет значений b, если желательно определить консервативное верхнее предельное значение коррозионного повреждения.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ISO 8044	—	*,[1)]
ISO 9223	IDT	ГОСТ ISO 9223—2017
Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта. - IDT — идентичный стандарт.		

[1)] На территории стран ЕАЭС действует ГОСТ 9.106—2021 «Единая система защиты от коррозии и старения. Коррозия металлов. Термины и определения».

Библиография

[1] Dean, S.W. and Reiser D.B. Analysis of Long Term Atmospheric Results From ISO CORRAG Program. Outdoor Atmospheric Corrosion. ASTM STP 1421, Townsend, H.E. Ed. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 2002, pp. 3—18

[2] Knotkova, D., Boschek, P., and Kreislova, K. Results of ISO CORRAG Program: Processing of One-Year Data in Respect to Corrosivity Classification. Atmospheric Corrosion. ASTM STP 1239, Kirk, W.W. and Lawson, H.H. Eds. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1995, pp. 38—55

[3] Knotkova, D. and Vlckova, J. Atmospheric Corrosion of Bolted Lap Joints Made of Weathering Steels. Atmospheric Corrosion. ASTM 1239, Kirk, W.W. and Lawson, H.H. Eds. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1995, pp. 114—136

[4] Castillo, A.P. and Popplewell, J.M. General, Localized and Stress Corrosion Cracking of a Series of Copper Alloys in Natural Environments. Atmospheric Corrosion of Metals, STP 767, S.W. Dean, Jr. and Rhea, E.C., Eds. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1982, pp. 60—84

[5] Costas, L.P. Atmospheric Corrosion of Copper Alloys Exposed for 15 to 20 Years. Atmospheric Corrosion of Metals, STP 767, S.W. Dean, Jr. and Rhea, E.C. Eds. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1982, pp. 106—115

[6] ASTM G101, Standard Guide for Estimating the Atmospheric Corrosion Resistance of Low-Alloy Steels

[7] Townsend, H.E. The Effects of Alloying Elements on the Corrosion Resistance of Steel in Industrial Environments. Proceedings of the Fourteenth International Corrosion Congress. Corrosion Institute of South Africa, September 1999

[8] Townsend, H.E. Estimating the Atmospheric Corrosion Resistance of Weathering Steels. Outdoor Atmospheric Corrosion. STP 1421, Townsend, H.E. Ed. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 2002, pp. 292—300

[9] Townsend, H.E. Effects of Silicon and Nickel Contents on the Atmospheric Corrosion Resistance of ASTM A500 Weathering Steel. Atmospheric Corrosion. ASTM 1239, Kirk, W.W. and Lawson, H.H. Eds. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1995, pp. 85—100

[10] Coburn, S.K., Komp, M.E., and Lore, S.G. Atmospheric Corrosion Rates of Weathering Steels Test Sites in the Eastern United States — Affect of Environment and Test Panel Orientation. Atmospheric Corrosion. ASTM 1239, Kirk, W.W. and Lawson, H.H. Eds. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1995, pp. 101—113

[11] Morcillo, M., Simancas, J., and Feliu, S. Long-Term Atmospheric Corrosion in Spain: Results after 13—16 Years of Exposure and Comparison with Worldwide Data. Atmospheric Corrosion. ASTM STP 1239, Kirk, W.W., and Lawson, H.H. Eds. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 1995, pp. 195—214

[12] ISO 14713-1, Zinc coatings — Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures — Part 1: General principles of design and corrosion resistance
(Покрытия цинковые. Руководящие указания и рекомендации по защите от коррозии конструкций из чугуна и стали. Часть 1. Общие основы проектирования и устойчивости против коррозии)

[13] Knotkova, D., Kreislova, K., Dean, S.W. ISO CORRAG International Atmospheric Exposure Program Summary of Results. ASTM Data Series 71. ASTM International, PA, USA, 2010

[14] ISO 11303, Corrosion of metals and alloys — Guidance for selection of protection method against atmospheric corrosion
(Коррозия металлов и сплавов. Руководство по выбору метода защиты от атмосферной коррозии)

[15] ISO 9225, Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Measurement of environmental parameters affecting corrosivity of atmospheres
(Коррозия металлов и сплавов. Коррозионная активность атмосферы. Измерение параметров окружающей среды, влияющих на коррозионную активность атмосферы)

УДК 620.193:006.354 МКС 77.060 IDT

Ключевые слова: коррозия, металл, сплав, коррозионная агрессивность, категории

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 03.10.2022. Подписано в печать 10.10.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,10.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru