

О методике определения коррозионного износа стальных конструкций

инженер С.Д. Федотов;

к.т.н., доцент А.В. Улыбин*;

д.ф.-м.н., профессор Н.Н. Шабров,

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Ключевые слова: коррозионный износ; стальные конструкции; ультразвуковая толщинометрия; обследование строительных конструкций

Хорошо известно, что коррозионные потери металлических конструкций приносят большой экономический ущерб. Коррозионное разрушение элементов стальных конструкций и арматуры в железобетоне является одним из основных факторов, приводящих к недопустимому и аварийному состоянию конструкций [1]. Скорость коррозии изменяется в широких пределах от 0,05 до 1,6 мм в год [2] и зависит от коррозионной стойкости металла, параметров агрессивной среды, наличия и состояния антикоррозионной обработки, конструктивного решения и прочих факторов.

Определение фактического коррозионного износа эксплуатируемых стальных конструкций необходимо как для контроля их технического состояния и своевременного восстановления, так и для предотвращения аварий (отказов и обрушений).

В современных нормативах по обследованию, технической литературе и научных трудах вопрос правильного определения коррозионного износа раскрыт не полностью. Из имеющихся указаний не всегда четко понятно, чем и как измерять потери, какие участки выбирать и как их подготавливать. Нет однозначного мнения о том, как отображать результат измерений. Таким образом, необходимо обобщить имеющиеся в литературе данные и разработать методику контроля с учетом современного приборного обеспечения.

Контроль коррозионных потерь на практике сводится к двум основным задачам:

- 1) определение фактического остаточного сечения металлического элемента;
- 2) сравнение фактической толщины с изначальной (либо измеренной на предыдущем этапе обследования).

Казалось бы, обе указанные задачи весьма легко решаются. Однако на практике возникают проблемы как при измерении толщины поврежденной конструкции, так и при сопоставлении ее с изначальной. Также не всегда очевидно, как наиболее удобно и информативно отобразить результат исследования. Решению данных проблем, схематично представленных на рис. 1, посвящена данная статья.



Рисунок 1. Методы определения коррозионных потерь

Федотов С.Д., Улыбин А.В., Шабров Н.Н. О методике определения коррозионного износа стальных конструкций

В статье рассмотрены основные методы контроля, реализуемые при наличии сплошной коррозии металла. Вопросы измерения местной коррозии (язвенной, питтинговой, межкристаллитной и др.) в данном материале не рассматриваются.

Измерение остаточной толщины механическим методом

Прежде чем рассматривать вопрос толщинометрии, необходимо отметить, что обмеры металлических конструкций требуют максимальной точности измерений по сравнению с конструкциями из других материалов. Согласно нормативно-методическим документам [3] и технической литературе [4] точность измерения должна быть не менее 0,05-0,1 мм.

Наиболее простым и требующим минимальных затрат на оборудование способом является определение фактической толщины элементов стальных конструкций с помощью различных механических измерительных приборов. Для реализации указанных целей с обеспечением необходимой точности рекомендуется использовать штангенциркули, микрометры и механические толщиномеры, а также измерительные скобы [3, 5].

На практике применение наиболее доступных из указанных средств, а именно штангенциркулей, не всегда удобно, а иногда невозможно. Объясняется это тем, что измерение штангенциркулем можно осуществить только на открытых участках профилей (перья уголков, полки двутавров и швеллеров и др.) (рис. 2). Особенно часто возникает необходимость измерения остаточной толщины более тонкого элемента сечения, которым является стенка в швеллерах и двутаврах. В большинстве случаев свободный конец профиля (на участках опирания) недоступен и, соответственно, измерение выполнить невозможно. Вторым существенным ограничением является длина губок штангенциркуля. При этом имеется возможность измерения толщины металла только на участках, расположенных вдоль края исследуемого профиля в пределах полосы, равной длине губок.



Рисунок 2. Измерение остаточной толщины штангенциркулем



Рисунок 3. Измерение остаточной толщины ИЧТ со скобой



Рисунок 4. Микрометр-толщиномер

Федотов С.Д., Улыбин А.В., Шабров Н.Н. О методике определения коррозионного износа стальных конструкций

Более удобными средствами измерения являются толщиномеры со скобой. Применяя их, возможно выполнить измерение толщины на локальных участках, расположенных на отдалении от краев исследуемого элемента. При неравномерном коррозионном повреждении данное преимущество будет решающим в сравнении со штангенциркулем. Помимо этого, при использовании толщиномера с мессурой (рис. 3) может быть увеличена точность измерения по сравнению с механическим штангенциркулем до 0,01 мм и более. С другой стороны, применение механических толщинометров в виде скоб сопровождается теми же ограничениями, что и у штангенциркулей.

Очевидно, что применение вышеуказанных механических средств измерения невозможно на элементах замкнутого профиля – трубах, которые применяются с каждым годом все в больших объемах. Единственно возможный способ механического измерения толщины замкнутого профиля заключается в сверлении отверстия и измерении специализированным микрометром (рис. 4). При этом точность измерения и производительность контроля резко снижаются.

Измерение остаточной толщины физическим методом

Для определения толщины, сплошности и других параметров изделий и покрытий, выполненных из различных материалов, используется широкий спектр физических методов неразрушающего контроля (НК). Среди них можно отметить магнитные, вихретоковые, радиоволновые методы и др. [6].

Одним из наиболее успешно применяемых физических методов контроля толщины и других параметров стальных конструкций является ультразвуковой метод. Подтверждением тому стало повсеместное изучение и применение ультразвуковых приборов (толщинометров и дефектоскопов) в отечественной и зарубежной практике [7-17]. Данный метод основан на способности ультразвуковых волн отражаться на границе раздела сред [18-21]. Необходимо отметить, что для целей, описываемых в настоящей работе, ультразвуковой эхо-метод является единственно применимым среди физических методов НК [6].

Основные преимущества использования современных приборов, реализующих ультразвуковой метод толщинометрии:

- возможность контроля при одностороннем доступе;
- работа на участках, удаленных от края конструкции (без наличия открытых краев);
- высокая производительность;
- достаточная точность измерений;
- относительно простые требования по предварительной подготовке участка измерения.

В России широко применяются ультразвуковые толщинометры как отечественных, так и зарубежных производителей (ООО «АКС», ООО «Технотест», ЗАО «Константа», «Olympus» и др.). Наиболее удобными для работы в полевых условиях являются приборы-моноблоки (рис. 5).

Безусловно, у них есть и недостатки, среди которых ограниченный диапазон измеряемых толщин, меньшая емкость аккумулятора и другие.

Для использования большинства ультразвуковых толщинометров необходима подготовка поверхности стали путем зачистки или (предпочтительно) шлифовки участка измерения. С одной стороны, данное обстоятельство снижает производительность контроля, а в случае отсутствия источника электроснабжения – весьма существенно. С другой стороны, подготовка участка измерения также необходима для обеспечения нормальной точности контроля механическими толщинометрами. Кроме того, доступность портативных аккумуляторных инструментов для механической обработки поверхности металла в наши дни практически устраняет эту проблему.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод о том, что преимущество ультразвуковых приборов перед механическими толщинометрами очевидно.



Рисунок 5. Измерение толщины с помощью ультразвукового прибора

Определение начальной толщины сечения

Чтобы понять, каковы потери металла, необходимо знать его начальную толщину. Самым простым и достоверным способом является измерение толщины исследуемого элемента в неповрежденном сечении. В случае неограниченного (в пространстве) и продолжительного доступа агрессивной среды к открытым элементам зачастую вся площадь элемента имеет коррозионное повреждение. В данном случае определить изначальную толщину элемента прямым измерением невозможно.

В такой ситуации параметры сечения элементов определяют либо по проектной документации, либо по сортаменту металлопроката. Данный подход имеет невысокую достоверность и в ряде случаев невозможен (отсутствие документации, применение нестандартных сварных профилей и пр.). Если же проектная документация доступна для анализа, вероятность определения искомых параметров выше. Однако нет гарантии того, что возведенные конструкции полностью соответствуют проектному решению, а в реалиях отечественного строительства – исполнительной документации.

Выявление толщин элементов по сортаменту путем определения общих габаритов сечения (высоты и ширины) также не всегда возможно. Если конструкции выполнены из швеллеров и двутавров, для решения задачи необходимо наличие сортаментов, соответствующих периоду изготовления профилей. Однако при обследовании конструкций не всегда удается определить соответствие профилей конкретному сортаменту. При обследовании труб и уголков использование сортамента для определения начальной толщины невозможно, так как одним и тем же габаритам сечений соответствует большой диапазон толщин. Например, равнополочный уголок №50 по ГОСТ 8509-93 может иметь начальную толщину от 3,0 до 8,0 мм с шагом 1,0 мм.

Косвенный метод контроля коррозионных потерь

В нормативах и технической литературе по обследованию зданий [3, 22] можно встретить рекомендации применять для приблизительной оценки величины коррозионных потерь косвенный метод. Суть его заключается в измерении толщины слоя продуктов коррозии и в оценке величины повреждения, равной 1/3 толщины коррозионных окислов.

Достоверность такого подхода с нашей точки зрения весьма сомнительна по следующим причинам. В основу идеи, вероятно, положен тот факт, что продукты коррозии имеют плотность существенно меньшую, чем разрушенный металл. Можно предположить, что для достоверной реализации метода плотность коррозионных окислов должна быть в 3 раза меньше плотности стали. Однако по результатам измерений, выполненных авторами на различных объектах, отношение плотностей продуктов коррозии (без учета объема открытых пор и воздушных прослоек) и стали изменяется в диапазоне 2,1...2,6 раза (табл. 1).

Таблица 1. Плотность коррозионных окислов

№	Объект	Элемент отбора	Условия эксплуатации	Плотность окислов, т/м ³	Отношение к плотности стали
1	Балки междуэтажного перекрытия жилого здания	Полка балки	Увлажнение во время протечек	3,06	2,6
2		Стенка балки	То же	3,42	2,3
3	Канализационная решетка лаборатории	Уголок решетки	Периодическое увлажнение	3,53	2,2
4	Отстойник канализационных очистных сооружений	Подкос лотка	Под уровнем жидкости	3,53	2,2
5		Уголок водослива	Постоянное увлажнение	3,71	2,1

Можно было бы опровергнуть данные утверждения тем, что именно за счет наличия пор и воздушных прослоек толщина продуктов коррозии как раз в три раза больше поврежденного слоя металла. Однако в этом и заключается вторая причина невозможности реализации косвенного подхода. Плотность «упаковки» продуктов коррозии (соотношение воздушных прослоек и пор с объемом окислов) зависит от разных факторов. К ним в разной степени относятся вид агрессивной среды, периодичность доступа среды к материалу, наличие микроорганизмов, являющихся катализатором процесса [23], и другие. В большей степени играет роль конструктивное решение, а именно наличие прилегающих к корродирующему элементу других конструкций, препятствующих свободному накоплению продуктов коррозии.

Авторам не раз приходилось наблюдать при обследовании однотипных конструктивных элементов различные по своей структуре продукты коррозии. Например, в одном из зданий постройки конца XIX века плотность коррозионных окислов, зафиксированных на стенках балок перекрытий, отличалась в разы. Причиной высокой плотности окислов являлось межбалочное заполнение в виде кирпичных сводиков, препятствующих свободному накоплению коррозионных слоев. На другом перекрытии того же здания коррозионные «пироги» вдоль стенок двутавровых балок имели суммарную толщину 5,0-7,0 см при толщине потерь стали 5,0-7,0 мм (рис. 6). В данном случае заполнение между балками было сделано в виде деревянного наката.



Рисунок 6. Слоистые коррозионные окислы, отобранные с балок перекрытия

Подводя итоги, необходимо отметить, что указанный косвенный метод мог бы быть реализован только в случае, когда продукты коррозии накапливаются за весь коррозионный период и не удаляются с места образования. В условиях открытых элементов (металлические фермы, колонны и пр.) невозможно однозначно определить суммарную толщину продуктов коррозии, которые могли либо быть счищены во время эксплуатации, либо просто упали с конструкции под собственным весом.

Представление результатов измерения

Еще одной проблемой, не освещенной в литературе, является вопрос о том, как представлять результат измерения износа. Имеются следующие варианты: в абсолютных единицах (мм, мкм); в процентах от толщины отдельного элемента сечения (полки, стенки); в процентах от площади всего сечения. Необходимо отметить, что аварийный критерий коррозионного износа, имеющийся в документах [3, 24], выражается в процентах от площади сечения. Как правило, износ, нормируемый как аварийный, составляет 25% площади.

Для выполнения поверочных расчетов мало иметь информацию о потере площади сечения (либо о фактической площади остаточного сечения). Такая информация может быть достаточной только для расчета растянутых элементов. Для расчета сжатых и изогнутых элементов необходимо знать фактические габариты всех элементов сечения (полок, стенок, перьев уголков и др.). Поэтому представление результатов измерений в процентах от площади сечения недостаточно информативно. Установить процент потери площади сечения прямым измерением не представляется возможным, так как данный параметр можно определить только пересчетом. Это утверждение обосновывается следующим: в случае одинаковой скорости коррозии всех элементов сечения величина потерь будет одинакова по абсолютной величине (мм), при этом износ в процентах будет равен только для элементов с одинаковой начальной толщиной. Однако случаи равномерной коррозии всех элементов сечения с одинаковой скоростью встречаются редко.

Часто ошибка исследователей связана с тем, что потери измеряются только в одном из элементов сечения, по которому и делают вывод о коррозионном износе сечения в целом. Такой подход ошибочен, так как в зависимости от пространственного расположения, типа сечения, доступа агрессивной среды и других факторов износ разных частей сечения будет различным [25]. Характерным примером является коррозия двутавровых балок в воздушной среде. При равномерном доступе агрессивной среды большему износу будут подвергаться верхняя поверхность горизонтально расположенных частей сечения (например, полки). Это происходит за счет скопления на них влаги, пыли, продуктов коррозии, ускоряющих процесс разрушения.

Федотов С.Д., Улыбин А.В., Шабров Н.Н. О методике определения коррозионного износа стальных конструкций

При определенных условиях, связанных, как правило, с доступом агрессивной среды, глубина коррозионных потерь сильно изменяется даже в пределах одного элемента сечения. В качестве примера на рис. 7. представлено сечение двутавровой балки надподвального перекрытия с коррозионными потерями. Как видно из рисунка, максимальные повреждения имеются на краях нижней полки и достигают 100% толщины. При этом по мере приближения к стенке процент износа уменьшается. Принять по измерению на краях, что полка, а тем более все сечение полностью утрачено, было бы в корне неправильным.

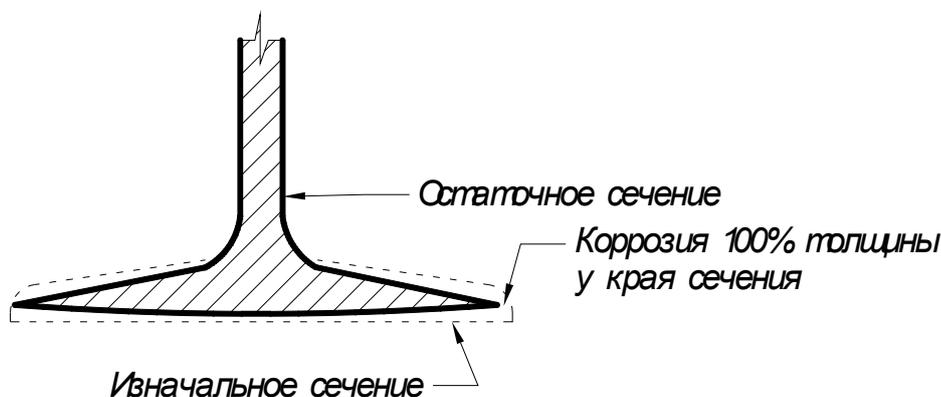


Рисунок 7. Неравномерное коррозионное повреждение нижней полки двутавровой балки надподвального перекрытия

Исходя из вышесказанного, для качественного выполнения обследования и представления его результатов необходимо:

- производить измерение остаточной толщины во всех элементах сечения, имеющих признаки повреждения;
- при неравномерном коррозионном повреждении в пределах части сечения определять минимальные и максимальные толщины, а также выявлять зоны максимальных потерь (строить конкретный профиль остаточного сечения);
- при определении потери площади сечения производить ее расчет по данным толщинометрии каждого из элементов сечения.

Практический пример

Для иллюстрации описанного выше приведем результаты обследования, задачей которого было определение процента коррозионного износа ферм покрытия.

Обследуемые металлические фермы (рис. 8) расположены в производственном корпусе кирпичного завода и перекрывают пролет 36 м. Элементы поясов и решеток ферм преимущественно выполнены из спаренных уголков, образующих тавровое сечение (рис. 9). Верхний пояс в крайних панелях выполнен из сварного двутавра с различной шириной полок. Соединения элементов выполнены на сварке с фасонками. Согласно проектной документации элементы ферм изготовлены из разных марок стали: элементы решетки из ВСтЗпс6 по ГОСТ 380-71, элементы поясов из 14Г2 по ГОСТ 19281-73, фасонки из ВСтЗп5 по ГОСТ 380-71.

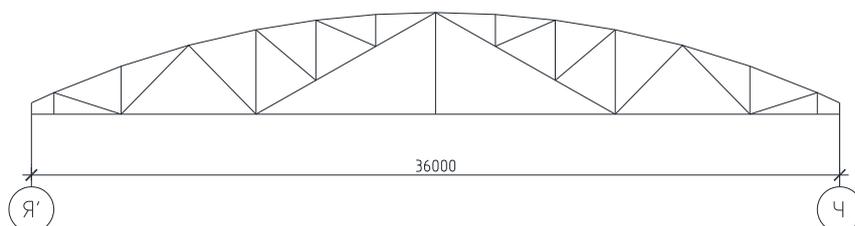


Рисунок 8. Общий вид обследованных ферм

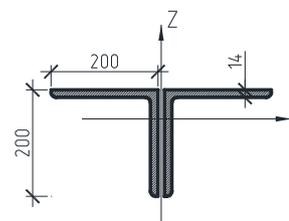


Рисунок 9. Сечение одного из элементов фермы

Зачистка поверхности в зазоре между уголками весьма трудоемка, а использование механических толщиномеров без удаления продуктов коррозии приводит к значительной погрешности измерения. Для решения поставленной задачи был использован ультразвуковой толщиномер А1207 с рабочей частотой 2,5 МГц. Диапазон устанавливаемых скоростей варьируется от 1000 до 9000 м/с, что позволяет производить калибровку прибора для различных конструкционных сталей.



Рисунок 10. Коррозионное повреждение элемента фермы

В ходе обследования выполнен визуальный осмотр металлических элементов ферм, в результате которого установлены наличие повсеместного износа защитных окрасочных покрытий и сплошная коррозия металлических элементов (рис. 10). Измерения остаточной толщины выполнялись на наиболее поврежденных по визуальным признакам участках элементов ферм.

Ввиду длительной эксплуатации без своевременных периодических ремонтов и восстановления защитных покрытий элементы ферм на всей площади имели коррозионное повреждение.

Таким образом, определение начальной толщины сечения по измерению на неповрежденном участке не представлялось возможным. С учетом этого была предпринята попытка сопоставления фактических габаритов сечений с ближайшим большим (по толщине профиля) сечением по сортаменту. Определенные таким образом коррозионные потери составили 25–30%, что, согласно требованиям норматива [24], является аварийным признаком.

После первоначального анализа (сопоставления с сортаментом) заказчиком была найдена и предоставлена проектная документация. В результате анализа проекта установлено, что часть элементов фермы была выполнена из профилей большего сечения (по толщине и габаритам), чем указано в проекте. С учетом изначального применения профилей большего сечения и их коррозионного износа было выявлено, что фактические толщины данных элементов превосходят проектные. Таким образом, несущая способность, предусмотренная проектом для данных элементов, обеспечена. Коррозионные потери той части элементов, сечение которых соответствует проектным данным, оказались не столь существенными (не более 10%).

Итак, при определении коррозионного износа на основе сравнения с проектной документацией было выявлено, что его величина не превышает 10% площади сечения некоторых элементов. При отсутствии проектной документации и использовании в качестве изначальных сечений по сортаменту техническое состояние конструкций ошибочно могло быть признано аварийным.

Заключение

В качестве выводов по изложенному материалу можно выделить следующее.

1. Показано, что наиболее удобным и производительным, а иногда и единственным возможным методом для определения остаточной толщины стальных конструкций является ультразвуковой эхо-метод. Использование механических толщиномеров можно рекомендовать только в случае отсутствия или невозможности применения ультразвуковых толщиномеров (например, при низких температурах воздуха).
2. Обосновано, что косвенный метод по определению коррозионных потерь на основе измерения толщины продуктов коррозии неприменим ввиду недостоверности получаемых результатов.
3. Представление коррозионных потерь металла в процентном выражении дает качественную оценку состояния конструкции, а также позволяет оценить скорость коррозии.

4. Состояние конструкций в большинстве случаев необходимо определять поверочным расчетом. Для этого необходимо иметь информацию об остаточных геометрических характеристиках поврежденного сечения.
5. Разработан алгоритм определения коррозионного износа, который рекомендуется применять в практике обследования объектов (рис. 11).
6. Требуется обновление разделов нормативных документов, регламентирующих инструментальную оценку коррозионного износа и классифицирующих техническое состояние металлических конструкций с учетом предлагаемой методики.

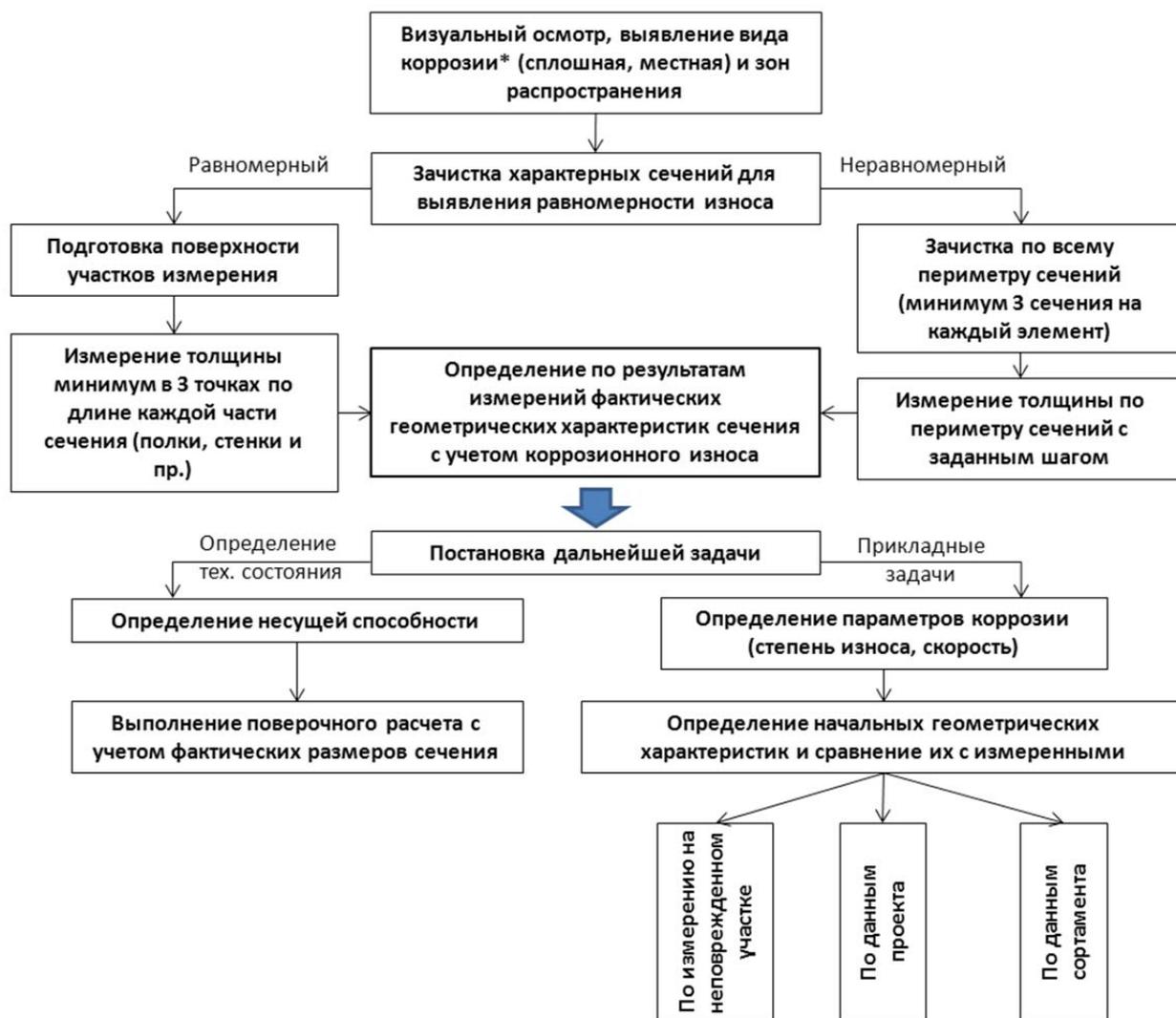


Рисунок 11. Алгоритм оценки коррозионного износа (* при сплошной коррозии металла)

Литература

1. Пузанов А.В., Улыбин А.В. Методы обследования коррозионного состояния арматуры железобетонных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2011. №7(25). С. 18-25.
2. Добромыслов А.Н. Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений. М.: АСВ, 2006. 256 с.
3. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. М.: АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ», 1997. 179 с.

4. Ремнев В.В., Морозов А.С., Тонких Г.П. Обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. М.: Маршрут, 2005. 196 с.
5. Пособие по контролю состояния строительных металлических конструкций зданий и сооружений в агрессивных средах, проведению обследований и проектированию восстановления защиты конструкций от коррозии (к СНиП 2.03.11-85). М.: ГОССТРОЙ СССР, 1987. 23 с.
6. Гуревич А.К. [и др.] Таблица: Методы и задачи толщинометрии // В мире НК. 2008. №2(40). С. 4.
7. Юнникова В. В. Исследование и разработка методов и средств повышения достоверности ультразвукового контроля толщины: дис. ... канд. техн. наук. Хабаровск, 1999. 107 с.
8. Юнникова В.В. О достоверности ультразвукового контроля толщины // Контроль и диагностика. 1999. №9. С. 31-34.
9. Broberg P., Runnemalm A., Sjö Dahl M. Improved corner detection by ultrasonic testing using phase analysis // Ultrasonics. 2013. №53(2). Pp. 630-634.
10. Xiong R., Lu Z., Ren Z., Xu C. Experimental research on small diameter concrete-filled steel tubular by ultrasonic detection // Applied Mechanics and Materials. 2012. Vol. 226-228. Pp. 1760-1765.
11. Tang R., Wang S., Zhang Q. Study in ultrasonic flaw detection for small-diameter steel pipe with thick wall // International Journal of Digital Content Technology and its Applications. 2012. №6(16). Pp. 17-27.
12. Самокрутов А.А., Шевалдыкин В.Г. Ультразвуковая эхо-томография металлоконструкций. Состояние и тенденции // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. №1. С. 50–59.
13. Данилов В.Н., Самокрутов А.А. Моделирование работы пьезопреобразователей с сухим точечным контактом в режиме излучения // Дефектоскопия. 2003. №8. С. 11–23.
14. Introduction to Phased Array Ultrasonic Technology Applications: R/D Tech Guideline. Quebec: R/D Tech inc., 2004. 368 p.
15. Samokrutov A. A., Kozlov V. N., Shevaldykin V. G. New approaches and hardware means of ultrasonic thickness measurement with the usage of one-element single probes // 8th European conference on Non-Destructive Testing, Barcelona, 17 – 21 June, 2002. Pp. 134-139.
16. Самокрутов А.А., Шевалдыкин В. Г., Козлов В. Н, Алёхин С.Г., Мелешко И.А., Пастушков П.С. А1207 – Ультразвуковой толщиномер нового поколения // В мире НК. 2001. №2(12). С. 23-24.
17. Fowler K.A., Elfbaum G. M., Smith K. A., Nelligan T. J. Theory and application of precision ultrasonic thickness gaging [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ndt.net/article/wt1097/panam/panam.htm> (дата обращения: 09.01.2013).
18. Сорокин Ю.Н. Ультразвуковые методы неразрушающего контроля // Сб. ВИНТИ. Итоги науки и техники: Метрология и измерительная техника. 1979. Т.4. С.253-290.
19. Гмырин С. Я. Влияние шероховатости контактной поверхности на показания ультразвуковых толщиномеров // Дефектоскопия. 1993. №10. С. 29-43.
20. Гмырин С.Я. К вопросу о толщине стенок изделия и погрешности ее измерения в ультразвуковой толщинометрии в случае значительной коррозии поверхности ввода // Дефектоскопия. 1996. №11. С. 49-63.
21. Землянский А.А., Вертынский О.С. Опыт выявления дефектов и трещин в крупноразмерных резервуарах для хранения углеводородов // Инженерно-строительный журнал. 2011. №7(25). С. 40-44.
22. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Введ. 01.01.2011. М., 2010. 60 с.
23. Старцев С.А. Проблемы обследования строительных конструкций, имеющих признаки биоповреждения // Инженерно-строительный журнал. 2010. №7(17). С. 41-46.
24. ТСН 50-302-2004. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт–Петербурге. Введ. 05.08.04. СПб., 2004. 57 с.
25. Прищепова Н.А. Долговечность стальных ферм покрытий промзданий предприятий цветной металлургии на крайнем севере: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Норильск.: Норильский индустр. инст-т, 1997. 25 с.

**Алексей Владимирович Улыбин, Санкт-Петербург, Россия*

Тел. раб.: +7(812)535-57-82; эл. почта: ulybin@mail.ru

© Федотов С.Д., Улыбин А.В., Шабров Н.Н., 2013

doi: 10.5862/MCE.36.2

The methodology of determining the corrosion of steel structures

**S.D. Fedotov;
A.V. Ulybin;
N.N. Shabrov,**

*Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia
+7(812)535-57-82; e-mail: ulybin@mail.ru*

Key words

corrosive wear; steel structures; ultrasonic thickness measurement; inspection of building structures

Abstract

The problems of determining the corrosive wear of steel structures are considered.

The results of applying ultrasonic method to determine the remaining profile of the structure are described. The main advantages and disadvantages of ultrasonic thickness meters comparing to mechanical devices are given.

Low reliability of the method based on evaluating the thickness of the corrosion oxides is substantiated. The problems of determining the original section of the elements are outlined.

The algorithm for determining the corrosive wear is developed. An example of its application on a real object is shown.

References

1. Puzanov A.V., Ulybin A.V. *Magazine of Civil Engineering*. 2011. No. 7(25). Pp. 18-25. (rus)
2. Dobromyslov A.N. *Diagnostika povrezhdeniy zdaniy i inzhenernykh sooruzheniy* [Diagnosis of damages of buildings and engineering structures]. Moscow: ASV, 2006. 256 p. (rus)
3. *Posobiye po obsledovaniyu stroitelnykh konstruksiy zdaniy* [Manual for inspection of building constructions]. Moscow: AO "TsNIIPROMZDANIY", 1997. 179 p. (rus)
4. Remnev V.V., Morozov A.S., Tonkikh G.P. *Obsledovaniye tekhnicheskogo sostoyaniya stroitelnykh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy* [Inspection of technical condition of building of buildings constructions and structures]. Moscow: Marshrut, 2005. 196 p. (rus)
5. *Posobiye po kontrolyu sostoyaniya stroitelnykh metalicheskikh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy v agressivnykh sredakh, provedeniyu obsledovaniy i proyektirovaniyu vosstanovleniya zashchity konstruksiy ot korrozii (k SNIIP 2.03.11 — 85)* [Manual for condition monitoring of metal buildings and structures in aggressive environments, survey and engineering recovery corrosion protection]. Moscow: GOSSTROY SSSR, 1987. 23 p. (rus)
6. Gurevich A.K. *NDT World Review*. 2008. No. 2(40). Pp. 4. (rus)
7. Yunnikova V. V. *Issledovaniye i razrabotka metodov i sredstv povysheniya dostovernosti ultrazvukovogo kontrolya tolshchiny* [Research and development of methods and tools to increase the reliability of ultrasonic thickness measurement: PhD dissertation]. Khabarovsk, 1999. 107 p. (rus)
8. Yunnikova V.V. *Kontrol i diagnostika*. 1999. No. 9. Pp. 31-34. (rus)
9. Broberg P., Runnemalm A., Sjö Dahl M. Improved corner detection by ultrasonic testing using phase analysis. *Ultrasonics*. 2013. No. 53(2). Pp. 630-634.
10. Xiong R., Lu Z., Ren Z., Xu C. Experimental research on small diameter concrete-filled steel tubular by ultrasonic detection. *Applied Mechanics and Materials*. 2012. Vol. 226-228. Pp. 1760-1765.
11. Tang R., Wang S., Zhang Q. Study in ultrasonic flaw detection for small-diameter steel pipe with thick wall. *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*. 2012. No. 6(16). Pp. 17-27.
12. Samokrutov A.A., Shevaldykin V.G. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov*. 2007. No. 1. Pp. 50 – 59. (rus)
13. Danilov V.N., Samokrutov A.A. *Defektoskopiya*. 2003. No. 8. Pp. 11 – 23. (rus)

14. *Introduction to Phased Array Ultrasonic Technology Applications: R/D Tech Guideline*. Quebec: R/D Tech Inc., 2004. 368 p.
15. Samokrutov A. A., Kozlov V. N., Shevaldykin V. G. New approaches and hardware means of ultrasonic thickness measurement with the usage of one-element single probes. *8th European conference on Non-Destructive Testing, Barcelona, 17 - 21 June, 2002*. Pp. 134-139.
16. Samokrutov A.A., Shevaldykin V. G., Kozlov V. N., Alekhin S.G., Meleshko I.A., Pastushkov P.S. *NDT World Review*. 2001. No. 2(12). Pp. 23-24.
17. Fowler K.A., Elfbaum G.M., Smith K.A., Nelligan T.J. *Theory and application of precision ultrasonic thickness gaging* [Online]. URL: <http://www.ndt.net/article/wt1097/panam/panam.htm> (Accessed: 09.01.2013)
18. Sorokin Yu.N. *Sb.VINITI. Itogi nauki i tekhniki: Metrologiya i izmeritelnaya tekhnika*. 1979. No. 4. Pp.253-290. (rus)
19. Gmyrin S. Ya. *Defektoskopiya*. 1993. No. 10. Pp.29-43. (rus)
20. Gmyrin S. Ya. *Defektoskopiya*. 1996. No. 11. Pp.49-63.
21. Zemlyanskiy A.A., Vertynskiy O.S. *Magazine of Civil Engineering*. 2011. No. 7(25). Pp. 40-44. (rus)
22. GOST R 53778-2010. *Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya* [GOST R 53778-2010. Buildings and structures. Rules of inspection and monitoring of the technical status]. Moscow, 2010. 60 p. (rus)
23. Startsev S.A. *Magazine of Civil Engineering*. 2010. No. 7(17). Pp. 41-46. (rus)
24. TSN 50-302-2004. *Proyektirovaniye fundamentov zdaniy i sooruzheniy v Sankt – Peterburge* [Foundation design of buildings and structures in Saint - Petersburg]. Saint–Petersburg, 2004. 57 p. (rus)
25. Prishchepova N.A. *Dolgovechnost stalnykh ferm pokrytiy promzdaniy predpriyatiy tsvetnoy metallurgii na kraynem severe* [Longevity of steel trusses coatings in industrial buildings enterprises of nonferrous metals in the far north: abstract of a PhD thesis]. Norilsk, 1997. 25 p. (rus)

Full text of this article in Russian: pp. 12-20