

УДК 624.074.04

Подготовка и проведение обследований металлических конструкций

Шимановский А.В., д.т.н.

ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій ім. В.Н. Шимановського»,
Україна

Анотація. Викладені заходи з підготовки та проведення обстежень металевих конструкцій. Дана характеристика і зміст усіх етапів робіт із обстеження конструкцій, а саме: підготовчих робіт, аналізу технічної документації, складу натурного огляду конструкцій і техніки виявлення відхилень.

Аннотация. Изложены мероприятия по подготовке и проведению обследований металлических конструкций. Дана характеристика и содержание всех этапов работ по обследованию конструкций, а именно: подготовительных работ, анализа технической документации, состава натурного освидетельствования конструкций и техники выявления отклонений.

Abstract. Events are expounded on preparation and realization of inspections of metallic constructions. Description and maintenance of all work stages are given on the inspection of constructions, namely: preparatory works, analysis of technical documentation, composition of on-site examination of constructions and technique of rejections exposure.

Ключевые слова: конструкция, документация, обследование, отклонения, дефекты, повреждения, подготовительные работы, натурное освидетельствование, техника выявления отклонений.

Общие положения. Эксплуатацию металлических конструкций сооружений принято рассматривать как целый комплекс различных мероприятий, направленных, во-первых, на создание необходимых условий для поддержания сооружений в работоспособном состоянии и, во-вторых, на обеспечение их безотказной работы в течение нормативного срока эксплуатации по предусмотренному проектом технологическому назначению. И среди всех этих мероприятий, в первую очередь, следует выделить обследование конструкций, позволяющее своевременно не только выявить и оценить, но и принять проектные решения по устранению обнаруженных отклонений фактического состояния конструкций от предусмотренных проектом, стандартами и нормативными документами. Стоит отметить, что необходимость в проведении обследования возникает при длительных сроках эксплуатации сооружений, а также если: в процессе эксплуатации в конструкциях обнаружены существенные отклонения, оценку которых не может дать служба эксплуатации; при реконструкции предполагается изменение объемно-планировочного решения или повышение нагрузок и интенсивности эксплуатационных воздействий; имели место аварии аналогичных сооружений.

При обследовании выявляются отклонения (подразделяющиеся на дефекты и повреждения), уточняются конструктивная схема сооружения, сечения элементов и узлов, определяются нагрузки и воздействия и оценивается качество материалов. В общем случае обследование включает в себя следующие этапы: подготовительные работы; натурное освидетельствование; уточнение фактических и прогнозирование новых нагрузок и воздействий; оценка качества материалов.

Далее обратим внимание на то, что обследование может быть выборочным или полным. К примеру, если конструкции находятся в удовлетворительном состоянии и не имеют существенных отклонений, а при реконструкции не предполагается увеличение нагрузок, то, как свидетельствует строительная практика, вполне достаточно обследовать детально 20 % однотипных конструкций, находящихся в наиболее неблагоприятных условиях работы, а именно: в зонах повышенной вибрации, агрессивности среды и т. д. Если же при выборочном обследовании обнаружены существенные отклонения, снижающие несущую способность конструкций, или выявлены значительные отступления от проекта (замена сечений, марок стали, диаметров заклепок и болтов и т. д.), то тогда проводится полное обследование всех элементов.

Подготовительные работы. Подготовительные работы выполняются непосредственно на объекте после поступления заказа на обследование сооружения. При этом главная цель этих работ заключается в возможно более точном определении объемов предстоящего обследования конструкций, а также условий его проведения. В итоге подготовительных работ оформляются соответствующие документы, являющиеся юридическим основанием на выполнение работ, регламентирующим их объем, сроки проведения и взаимоотношения между заказчиком и исполнителем. А перед началом работ по обследованию необходимо оформить следующие документы:

- техническое задание на выполнение работы, выданное заказчиком в установленном порядке и содержащее необходимый перечень данных, достаточных для определения объема работ и их трудоемкости;
- договор на выполнение работы, заключенный между исполнителем и заказчиком, являющимся юридическим владельцем или пользователем объекта;
- акт-допуск на проведение работ с перечнем всех технических и организационных мероприятий, обеспечивающих доступ к обследуемым конструкциям с учетом требований техники безопасности;
- график выполнения работ.

Техническое задание на проведение обследования конструкций является основанием для заключения договора и последующего проведения работы, а также основанием для оценки ее полноты и качества, и должно включать: перечень, содержащий наименование и указывающий объем в листах всех документов, входящих в задание, пояснительную записку и чертежи.

В свою очередь, пояснительная записка к техническому заданию должна содержать следующие данные:

- название заказчика и местонахождение объекта;
- наименование работы (например, обследование сооружения или его части с указанием осей, отметок и иных данных, ограничивающих объект);
- время строительства объекта с указанием проекта (рабочих чертежей марок АР, КЖ, КМ и КМД), по которому выполнялось строительство, а также время ввода объекта в эксплуатацию;
- сведения о замене конструкций в процессе эксплуатации, их ремонте или усилении с указанием чертежей, по которым названные работы выполнялись, а также с указанием времени выполнения работ;
- эксплуатационный режим сооружения с указанием температурно-влажностных характеристик и степени агрессивности среды в зоне расположения конструкций, в том числе, данные о максимальных значениях температуры, категории пожарной опасности и взрывоопасности;
- сведения о предполагаемых изменениях эксплуатационного режима сооружения (например, в связи с его техническим перевооружением);
- данные о нагрузках на обследуемые конструкции от веса опирающихся на них конструкций, снега, ветра, сейсмических воздействиях и др.;
- схемы технологических нагрузок на обследуемые конструкции;
- сведения о предполагаемых изменениях величины или характера расположения на обследуемых конструкциях технологических нагрузок;
- характеристики металла, использованного при изготовлении обследуемых конструкций (на основании сертификатов заводоизготовителей).

Что же касается комплекта чертежей, кроме указанных в пояснительной записке к техническому заданию, то в него должны быть включены:

- архитектурно-строительные чертежи комплектов АР и КЖ, в том числе, заглавные листы с перечнем чертежей проекта и основными данными по проекту, планы, разрезы, чертежи всех конструктивных элементов, нагрузка от которых передается на обследуемые конструкции и на которые обследуемые конструкции опираются;
- чертежи металлических конструкций марки КМ – полный комплект;
- чертежи металлических конструкций марки КМД – полный комплект;
- чертежи на замену конструкций в процессе эксплуатации, их ремонт или усиление (если ремонт, усиление или замена конструкций в процессе эксплуатации производились);
- чертежи со схемами существующих технологических нагрузок;
- чертежи со схемами технологических нагрузок, приложение которых к существующим конструкциям предполагается (в соответствии с данными, приведенными в составе пояснительной записки).

Важно помнить также о том, что техническое задание на выполнение обследования конструкции подписывается соответствующими должностными лицами заказчика и направляется исполнителю в установленном порядке. Кроме того нужно подчеркнуть, что все данные, подлежащие включению в состав технического задания на обследование эксплуатируемых зданий или сооружений, должны быть получены из документов, наличие которых у заказчика предусмотрено действующим законодательством.

Анализ технической документации. Вполне понятно, что анализ материалов, представленных в составе технического задания на проведение обследования, преследует цель обеспечить, в первую очередь, полноту и достоверность информации об объекте (чертежей, схем, паспортов, справок, актов, протоколов и т. д.) для определения состава и объема работ по обследованию.

На основании анализа технической документации определяются состав, объем работы по обследованию конструкций, ее трудоемкость и стоимость. С учетом трудоемкости работы составляется договор на ее выполнение, а также разрабатываются необходимые мероприятия по обеспечению доступа к обследуемым конструкциям и обеспечению безопасных условий проведения работ. Причем чертежи оснастки, необходимой для обеспечения доступа к конструкциям, выполняются специализированной организацией, проводящей обследование, а ее изготовление, как правило, – заказчиком работ. Следует здесь же отметить, что все мероприятия по обеспечению доступа к обследуемым конструкциям и безопасным условиям ведения работ включаются в состав акта-допуска на проведение работ в условиях действующего предприятия.

Далее укажем то, что на этом этапе работы целесообразно оценить степень соответствия проектной документации, относящейся к объекту обследования, требованиям норм строительного проектирования, действующим на момент выполнения обследования. Разумеется, что такая оценка должна производиться как для проектной документации, по которой объект строился, так и для проектной документации, разрабатывавшейся для реконструкции объекта, ремонта, усиления или замены его конструкций. Также представляется вполне понятным, что оценки степени соответствия проектной документации требованиям действующих норм, полученные на подготовительном этапе работы, на последующих ее этапах должны сопоставляться с оценками, полученным в процессе обмера, освидетельствования конструкций, испытания отобранных образцов металла и проверочного расчета. А сами отклонения от требований действующих норм, выявленные в проектной документации и обнаруженные затем при обследовании в конструкциях, фиксируются в выводах заключительной части работы.

Полезно здесь же заметить, что на основании рассмотрения и анализа технической документации, представленной в составе задания на проведение обследования, целесообразно дать оценку степени соответствия требованиям действующих норм системы надзора за состоянием конструкций в процессе эксплуатации. А уже окончательная оценка технического уровня системы надзора за состоянием конструкций и его соответствия требованиям действующих норм выполняется на основании данных обследования сооружения.

Кстати говоря, при проведении обследования, к сожалению, достаточно часто встречаются ситуации, когда по тем или иным причинам задание на обследование предоставляется в неполном объеме (например, вследствие отсутствия у заказчика необходимой технической документации). И в таких случаях весь объем данных и все оценки, получение которых обычно предусматривается на стадии подготовки работы, должны быть получены при непосредственном освидетельствовании и обмере конструкций. При этом следует однако учитывать, что трудоемкость работ по обследованию конструкций существенно возрастает, а сами эти работы значительно усложняются. Причем в тех случаях, когда здание или сооружение в течение времени эксплуатации подвергалось многократным ремонтам, усилениям, неоднократно реконструировалось и перестраивалось, отсутствие полного объема технической документации по такому объекту даже может обусловить невозможность обследования его конструкций на основе обычно применяемых статистических (выборочных) методов и потребовать сплошного обследования.

Состав натурального освидетельствования конструкций. Натурное освидетельствование включает в себя общий осмотр конструкций, геодезическую съемку положения конструкций, детальный осмотр с инструментальной проверкой состояния элементов и узлов, их обмер и фотографирование.

При общем осмотре уточняется конструктивная схема элементов и узлов и устанавливается ее соответствие проекту, определяется общее качественное состояние конструкций, характер повреждений и зоны наибольшей повреждаемости конструкций, а также выявляются отличные от принятых в проекте нагрузки и воздействия. Кроме того, по результатам общего осмотра намечаются места для детальной проверки состояния конструкций и уточняется рабочая программа обследования.

При натурном освидетельствовании конструкций определяются их следующие характеристики:

- отклонения размеров между осями основных конструктивных элементов, отметок характерных узлов конструкций, расстояний между узлами и т. д.;
- отклонения фактических осей элементов от проектных;
- отклонения габаритных размеров и длин конструктивных элементов;
- отклонения размеров поперечных сечений элементов и соответствие примененных профилей принятым в проекте;
- наличие и местоположение стыков, мест изменения сечений, ребер жесткости, соединительных элементов, связей, опорных частей;
- отклонения в длине, высоте и качестве сварных швов, размещении, количестве и диаметре заклепок и болтов;
- наличие специальной обработки и пригонки кромок и торцов;
- отклонения фактического состояния элементов и узлов и т. п.

А особое внимание при освидетельствовании должно быть обращено на элементы и узлы, разрушение которых может привести к обрушению конструкции (например, пояса и опорные раскосы ферм, пояса балок, укрупнительные стыки и др.), и на участки, где после реконструкции предполагается возрастание величины или интенсивности технологических нагрузок и воздействий.

Следует сказать, что для доступа к конструкциям при освидетельствовании следует по возможности использовать уже имеющиеся средства: переходные площадки, технологическое оборудование и др. Причем устройство специальных подмостей, лесов, площадок, настилов, люлек и т. д. требуется только тогда, когда нет возможности использовать вышеназванные средства. В отдельных же случаях можно пользоваться легкими приставными или навесными лестницами, стремянками, если это не противоречит правилам техники безопасности.

Техника выявления отклонений. Выявление отклонений и измерение их величин производится путем осмотра и обмера конструкций с использованием различного измерительного инструмента, обеспечивающего требуемую точность измерений и отвечающего требованиям техники безопасности. А для определения расстояний между характерными точками конструкций выполняется геодезическая съемка, которая осуществляется преимущественно геодезической службой предприятия или специализированной организацией.

Рассмотрим теперь, останавливаясь только на характерных моментах, наиболее часто применяемые технические приемы выявления различного рода отклонений. Так, отклонения элементов от вертикали измеряются при помощи отвеса из стальной проволоки с грузом 1–10 кг, демпфированного путем погружения его в сосуд с водой или маслом, а измерения угловых отклонений элементов от горизонтали и вертикали производятся при помощи геодезических инструментов, точных уровней и оптических квадратов.

Что же касается измерения искривлений элементов конструкции, то в этом случае определяется их длина, форма и наибольшая стрела искривления. Причем для местных погнутостей и вмятин, кроме того, измеряется длина искривленной части и осуществляется ее привязка по длине элемента. А для измерений искривлений элементов большой длины (пояса ферм, балок, прогонов и др.) применяется теодолит в комплекте с освещенной рейкой.

В свою очередь, определение степени коррозионного повреждения стальных конструкций производится в соответствии с требованиями норм [1].

Контроль состояния заклепок и болтов нормальной и повышенной точности выполняется путем простукивания молотком массой 0,2–0,5 кг. При этом только необходимо иметь в виду, что при ударе ослабленные заклепки и незатянутые болты издадут глухой дребезжащий звук и приложенный к ним палец ощущает дрожание, а наиболее ослабленные заклепки и болты проворачиваются от руки и смещаются от удара молотком. Также нужно помнить, что неплотности прилегания головок к пакету и зазоры между листами в пакете проверяются с помощью набора щупов толщиной от 0,1 до 0,5 мм. А усилие натяжения высокопрочных болтов проверяется при помощи динамометрического ключа.

Теперь скажем несколько слов об отклонениях в качестве сварных швов. К ним чаще всего относятся: хрупкие трещины, несплавления кромок, непровары, газовые поры, незаваренные кратеры, неподваренный корень шва, подрезы и, к сожалению, многое другое, более подробный перечень которых содержится в справочнике [2] и монографии [3]. В этих книгах

также показано, что наиболее часто отклонения в качестве сварных швов встречаются в конструкциях из кипящей стали в швах, выполненных электродами с ионизирующей (меловой) обмазкой. А сами эти швы отличаются тем, что имеют неровную, бугристую и сильно окисленную поверхность.

И только поэтому сварные швы вначале подвергаются тщательной очистке, а уже затем осматривается вся их поверхность и выявляются внешние отклонения сварки (подрезы, кратеры, переменное по длине сечение, наружные трещины, поры и т. д.). А измерение катета шва проводится с использованием универсальных шаблонов конструкции Красовского или Ушерова-Маршака, а также набора шаблонов не менее чем в трех местах по длине шва.

Далее также следует упомянуть о том, что для конструкций, работающих в условиях повышенных динамических нагрузок, низкой температуры эксплуатации, а также в конструкциях из кипящей стали и в случае обнаружения трещин и других отклонений в швах аналогичных конструкций следует определять степень провара угловых швов. Причем для этого применяется следующий прием: по оси шва засверливается отверстие диаметром на 6 мм больше ширины наружной поверхности шва, после чего его стенки протравливаются 20 % спиртовым раствором азотной кислоты и осматриваются через лупу. А уже после проведения исследования отверстие заваривается с применением электродов, соответствующих металлу конструкции и условиям эксплуатации, и зачищается наждачным кругом заподлицо с поверхностью шва.

Если же трещины не выходят на поверхность или имеются другие скрытые отклонения стыковых сварных швов, то их обнаружение производится при помощи физических методов контроля, а именно: ультразвукового, магнитного, порошкового, электромагнитного, гамма- и рентгенографии.

Касательно особенностей техники выявления хрупких трещин, то обычно сначала обследуются сварные швы и прилегающие к ним зоны. Причем сплошному контролю подвергаются сварные швы в тех случаях, когда:

- сталь, примененная в конструкциях, не обладает удовлетворительной свариваемостью, что устанавливается либо на основании данных сертификата, либо по результатам ее химического анализа;
- отсутствуют сертификаты на сварочные материалы и номера паспортов сварщиков, а при обследовании обнаруживаются отклонения и трещины в швах и околошовной зоне;

- примененные типы электродов не соответствуют маркам стали или группам конструкций для соответствующих климатических районов;
- при сварке применены электроды типа Э-38 с тонкой ионизирующей обмазкой (типа меловой);
- сварка применена в весьма ответственных конструкциях, разрушение которых может повлечь за собой человеческие жертвы, большой экономический, экологический и другие виды ущерба;
- проектом или действующими нормами предусмотрен контроль качества сварных швов при изготовлении и монтаже физическими методами, но документы о проведении такого контроля отсутствуют.

Перейдем теперь к рассмотрению выборочного контроля сварных швов. И прежде всего заметим, что этот контроль производится в тех случаях, когда высокое качество конструкций подтверждается соответствующей технической документацией. При этом проверке подвергаются сварные швы, в которых трещины визуально не обнаружены, но на возможность их наличия указывают перечисленные выше внешние признаки. Относительно непосредственной техники проведения контроля, то после выявления мест возможного расположения трещин в сварных швах, прилегающих к ним зонах и других участках конструкций эти места отмечаются, маркируются и очищаются от грязи и пыли. При этом необходимо иметь в виду, что крупные трещины (с раскрытием более 0,5 мм) легко обнаруживаются визуально, а более мелкие выявляются по потекам ржавчины на поверхности металла, растрескиванию и шелушению краски. Далее обратим внимание на то, что для определения ширины раскрытия и протяженности трещины участок металла или сварного шва зачищается напильником, шабером или наждачным кругом и протравливается 20 % спиртовым раствором азотной кислоты, после чего легко обнаруживаются трещины с раскрытием от 0,05 до 0,2 мм. Если же дополнительно необходимо обнаружить геометрию трещины, то, начиная с ее вершины, острым зубилом снимается стружка вдоль всей ее длины, причем разделение стружки будет свидетельствовать, во-первых, о наличии самой трещины и, во-вторых, позволит легко установить ее вершину и окончание.

Выявление трещин малого раскрытия также можно провести при помощи индикаторного пенетранта. Для этого на тщательно очищенную поверхность металла в месте предполагаемой трещины кистью наносятся три тонких слоя индикаторного пенетранта с интервалом в три минуты каждый, просушиваются на воздухе до потери влажности, а затем наносится еще один слой. После этого остатки пенетранта с поверхности удаляются очистителем, представляющим собой смесь керосина (30 %) и

трансформаторного масла (70 %). Затем на поверхность краскораспылителем наносится проявитель тонким равномерным без подтеков слоем, на котором после его высыхания и проявляется искомая трещина. Через один час поверхность осматривается через четырехкратную лупу, в результате чего легко устанавливается очертание трещины.

Полезно здесь же будет отметить, что менее чувствительный, но более доступный так называемый метод «керосиновой пробы» состоит в том, что зачищенную до металлического блеска и протравленную 20 % спиртовым раствором азотной кислоты поверхность металла промывают водой, просушивают и смазывают керосином. Через 30–40 секунд ветошью удаляют излишки керосина и протирают поверхность досуха. Затем поверхность равномерно зачерчивают мелом и наносят рядом с местом предполагаемой трещины 3–4 удара молотком массой 1 кг. При этом на меловой поверхности возникают отпечатки трещин темного или красно-бурого цвета, что и позволяет получить о них всю необходимую информацию.

Что же касается не выходящих на поверхность трещин и других скрытых отклонений стыковых швов, то они, как об этом уже было сказано ранее, обнаруживаются при помощи физических методов контроля: ультразвукового, магнитного, порошкового, электромагнитного, а также при помощи гамма- и рентгенографии. Также наряду с физическими методами контроля для обнаружения трещин, несплавлений и других отклонений сварных швов можно использовать описанный выше метод засверливания.

Далее обратим особое внимание на то, что если при выборочном контроле сварных швов обнаруживаются трещины или любые другие отклонения, то необходимо переходить к их сплошному контролю.

А в случае возникновения необходимости наблюдения за «дыханием» и динамикой развития обнаруженной трещины, поверх нее наносят марки на основе канифольных тензочувствительных (хрупких) лаков. Причем упрощенным методом наблюдения за скоростью развития усталостных трещин является нанесение рисок рядом с видимой вершиной трещины через определенный интервал времени.

Література

- [1] Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування : ДСТУ Б В.2.6-193:2013. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 70 с. – (Національний стандарт України).
- [2] Металлические конструкции : справочник проектировщика : [в 3 т.] / [под общ. ред. В. В. Кузнецова]. – М. : АСВ, 199*-1999. – (Справочник проектировщика).
Т. 3 : Стальные сооружения, конструкции из алюминиевых сплавов. Реконструкция, обследование, усиление и испытание конструкций зданий и сооружений. – 1999. – 528 с. : ил.
- [3] Шимановский А. В. Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений / [А. В. Шимановский, В. Н. Гордеев, В. П. Королев и др.] – Киев : Сталь, 2008. – 463 с.

Надійшла до редколегії 24.03.2016 р.