

УДК 624.97 – 034.14

Оценка влияния дефектов и повреждений и их накоплений на работу высотных сооружений

Шимановский А.В., д.т.н., Кондра С.М.

ООО «Укринсталькон им. В.Н. Шимановского», Украина

Анотація. Виконана оцінка впливу дефектів і пошкоджень та їх накопичення на роботу висотних споруд. Спираючись на результати аналізу узагальнюючих досліджень чинників дефектів, пошкоджень й аварійності висотних споруд, побудована залежність відмов і руйнувань висотних споруд від цих чинників. Наведено показові приклади дефектних висотних споруд, розглянуто причини виникнення такого стану та надано рекомендації для відновлення працездатності об'єктів.

Аннотация. Выполнена оценка влияния дефектов и повреждений и их накопления на работу высотных сооружений. Опираясь на результаты анализа обобщающих исследований факторов дефектов, повреждений и аварийности высотных сооружений, построена зависимость отказов и разрушений высотных сооружений от этих факторов. Приведены показательные примеры дефектных высотных сооружений, рассмотрены причины возникновения такого состояния и даны рекомендации для восстановления работоспособности объектов.

Abstract. Estimation is executed concerning influence of defects and damages and their accumulation on work of high-rise structures. Based on the results of summarizing research analysis of factors causing defects, damages and accident rate of high-rise structures dependence of refuses and destructions of high-rise structures on these factors is built. Model examples of imperfect high-rise structures are given; reasons of origin of such state are considered and recommendations for renewal of objects capacity are made.

Ключевые слова: высотное сооружение, эксплуатация, дефект, повреждение, накопление, аварийность, восстановление работоспособности.

Оценка влияния дефектов и повреждений. Является хорошо известным, что среди всего эксплуатируемого в Украине фонда высотных сооружений связи насчитывается около 41 % таких, которые были введены в эксплуатацию в период между 1980 и 2010 годами, 41 % – на протяжении 1970–1980 годов и 18 % – более чем 45 лет тому назад [1]. И потому в связи со сказанным крайне важно отметить несколько характерных моментов. Первый из них состоит в том, что высотные сооружения последней упомянутой группы относятся к таким, нормативный ресурс времени эксплуатации которых полностью исчерпан. Второй же момент заключается в том, что оставшаяся – и притом весьма значительная – часть этого фонда имеет большой физический износ и множественные повреждения, а в некоторых сооружениях даже нарушено геометрическое

положение конструктивных элементов. Более того, на сегодняшний день истекли все нормативные сроки покраски, в результате чего коррозионные повреждения металлических конструкций и оттяжек доходят иногда даже до 50 %. Что же касается конкретики, то по данным выборочных обследований в неудовлетворительном техническом состоянии находится достаточно большое количество известных высотных сооружений связи. А именно: радиотелевизионные башни в городах Запорожье и Винница (обе высотой 350 м), Луганске (высотой 180 м), радиомачты в городах Днепропетровске (высотой 167 м), Ровно (высотой 239 м), Тячеве (высотой 102 м) и др.

Далее обратим внимание на то, что ухудшение технического состояния, уменьшение показателей долговечности и даже выход из строя высотных сооружений связи происходят из-за ряда факторов, в том числе: физического износа и накопления усталости от переменных нагрузок; коррозионного износа; морального старения, приводящего в итоге к ухудшению функционального назначения сооружения, а также неправильной эксплуатации, включающей несвоевременный ремонт, реконструкцию и восстановление.

Среди причин, особо влияющих на снижение физической долговечности металлических конструкций, выделим две основные, но разноплановые их составляющие. При этом первая составляющая заключается в старении металла, связанном с образованием свободного цементита и видманштеттовой структуры, т. е. такой структуры стали, в которой ее компоненты (феррит, перлит) располагаются по правильным геометрическим плоскостям, соответствующим граням кристаллической решетки, образуя квадраты, ромбы и треугольники на микрошлифе. Заметим, к слову, что в углеродистых сплавах прямолинейную ориентировку принимает феррит. И характерным здесь является то, что при такой структуре сталь становится очень хрупкой, плохо выдерживает динамические нагрузки и непригодна для конструкций более или менее ответственного назначения вследствие предрасположенности к хрупкому разрушению и коррозионным повреждениям.

А вторая составляющая состоит в том, что в связи с очень активным развитием связи, интернета и коммерческого телевидения их операторы направляют имеющиеся финансовые ресурсы не на улучшение технического состояния существующих высотных сооружений и не на их новое строительство, а приоритетно на развитие высокотехнологической аппаратной базы. При этом новое оборудование, к сожалению, нередко размещается на частично непригодных или даже полностью непригодных конструкциях – буровых вышках, опорах сетей электропередач и дымовых трубах и т. п. И указанное, в свою очередь, со временем приводит к авариям и катастрофам, материальный убыток от которых в десятки раз превышает стоимость восстановления несущих конструкций.

Таким образом, исходя из этих соображений, а также принимая во внимание результаты анализа обобщающих исследований факторов дефектов, повреждений и аварийности высотных сооружений связи, можно утверждать, что все они прямо или косвенно связаны с несвоевременным обследованием технического состояния сооружений и неустранением выявленных нарушений, обусловленных, в свою очередь, ошибками на этапах проектирования, изготовления, транспортирования, монтажа и эксплуатации. Иллюстрацией сказанному служит рис. 1, на котором изображены графики зависимостей отказов и разрушений высотных сооружений связи от различных факторов, построенные с использованием большого количества результатов обследований. Также укажем здесь на то, что с целью придания данному рисунку большей наглядности и информативности на нем по оси абсцисс помещены номера, каждый из которых соответствует тому или иному фактору отказов и разрушений высотных сооружений связи, а именно: I – ураганный ветер; II – колебания; III – гололед; IV – просадки фундаментов; V – дефекты материалов; VI – дефекты изготовления; VII – монтаж; VIII – эксплуатация; IX – конструктивные решения; X – расчет и проектирование; XI – непредвиденные причины.

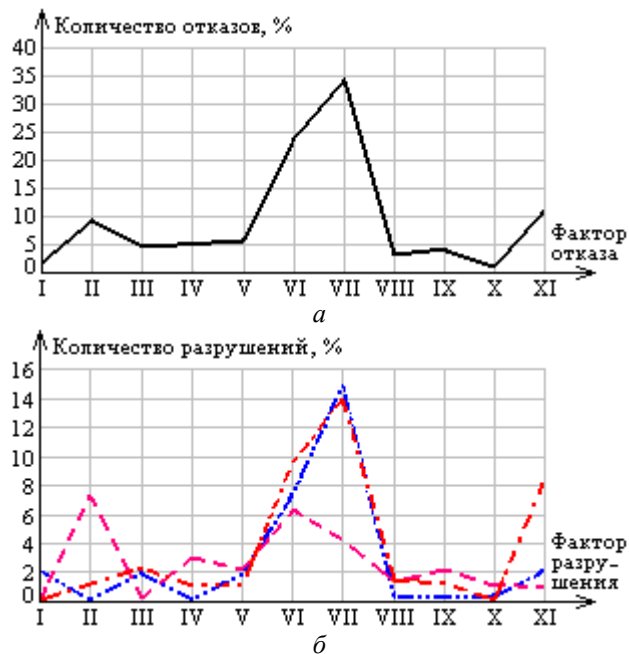


Рис. 1. График зависимости отказов (а) и разрушений (б) высотных сооружений связи от различных факторов:

— — — — полное разрушение; — — — — частичное разрушение; — — — — повреждения

Оценка влияния накопления дефектов и повреждений. Прежде всего заметим, что приведенные в предшествующем разделе результаты исследований в целом достаточно реально отображают зависимость повреждений от разнообразных факторов. Однако в последнее время эти данные несколько изменились из-за появления новых факторов, таких как демонтаж конструкций посторонними лицами (вандализм) и снижение качества эксплуатации, которые приобрели довольно значительный вес. Например, для опор линий электропередачи указанные факторы составляют соответственно 16,9 % и 16,0 %. Впрочем, для высотных сооружений связи эти значения все же несколько ниже, но уже сам факт их наличия требует особого внимания. Кроме того заметим, что нередко применяемые (хотя и запрещенные действующими нормами) методы защиты сооружений от вандализма путем забивания резьбы на болтах узловых соединений или заваривания гаек, хотя и предупреждают до некоторой степени случаи вандализма, но одновременно приводят к появлению новых дефектов.

Остановимся теперь подробнее на наиболее характерных примерах дефектов высотных сооружений связи. И с этой целью рассмотрим первый пример – мачту высотой 239 м в г. Волочийск Хмельницкой области. Нужно сказать, что при проведении обследовательских работ на этой мачте было выявлено два существенных дефекта на неподвижной траверсе стяжных муфт, первый из которых связан с серьезными отклонениями от проектных решений при проведении ее монтажа, а второй – с полным отсутствием ее антикоррозионной защиты (рис. 2). Последнее, кстати, также привело к 30 % коррозионным повреждениям винтовых тяг, что не только уменьшило несущую способность оттяжек, но и, что само собой разумеется, исключило возможность их натяжения до проектных значений. И потому данная мачта была отнесена к категории аварийно опасных сооружений, а для восстановления ее работоспособности был разработан проект реконструкции, в котором усиление траверсы предусмотрено выполнить с применением тросовых бандажей.

Вторым примером дефектных высотных сооружений связи может служить мачта высотой 100 м в с. Вовковинцы Дerezнянского района Хмельницкой области, на которой при проведении обследовательских работ вообще был установлен целый «букет» дефектов (в том числе весьма грубых) проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации конструктивных элементов мачты, выражающихся в:

- отсутствию гасителей вибрации на оттяжках;
- очень существенных отклонениях от проектных решений при монтаже подвижной траверсы и опорного узла ствола мачты, заключающихся, например, в том, что в опорном узле ствола опорная плита не закреплена от поворота (рис. 3, а);

- отсутствию антикоррозионной защиты подвижной траверсы, винтовых тяг, канатов и ствола мачты;
- организации водоотвода с отступлениями от проектных решений.

С учетом всего изложенного мачта была отнесена к категории аварийно опасных сооружений, а для восстановления ее работоспособности был разработан проект реконструкции с полной заменой оттяжек и фундаментов.



Рис. 2. Дефектные неподвижные траверсы стяжных муфт



Рис. 3. Дефекты опорных узлов: *а* – мачты; *б* – башни

Третий пример дефектных высотных сооружений связи представляет собой башню высотой 53 м в с. Яблучница Ивано-Франковской области. Здесь стоит обратить особое внимание на то, что эта башня, как выяснилось при проведении работ по обследованию, может служить не

только показательным примером дефектного сооружения, но и, по существу дела, ярким примером того, как «не надо делать» вообще в строительстве. Суть же рассматриваемого вопроса состоит в том, что эта башня была смонтирована неспециализированной организацией с использованием существующих конструкций буровой вышки. А поэтому в ней были выявлены многочисленные дефекты монтажа и эксплуатации многих конструктивных элементов, а именно: отсутствие диафрагмы жесткости; выполнение опорных плит вопреки требованиям нормативных документов из нескольких сваренных между собой листов (рис. 3, б); некачественное исполнение сварных швов, содержащих бугристости, непровары, трещины, шлаковые включения, раковины и др., а также демонтаж некоторых конструктивных элементов решетки (рис. 4). И в результате башня была отнесена к категории аварийно опасных сооружений. А для восстановления ее работоспособности, вследствие большого количества обнаруженных дефектов и повреждений, был разработан объяснимо объемный проект реконструкции.



Рис. 4. Дефекты конструктивных элементов решетки башни

Очередным, четвертым по счету, примером дефектных высотных сооружений связи является башня высотой 70 м вблизи с. Теревовля Тернопольской области. Сразу же подчеркнем, что на этот раз, в отличие от предшествующего примера, уже сам проект башни был разработан неспециализированной организацией с использованием существующих

конструкцій бурової вишки ВМ-41. В зв'язі з цим при проведенні обстеження на цій башні знову ж були установлені численні дефекти проектування, монтажу та експлуатації багатьох конструктивних елементів. Причому з усіх цих дефектів, з метою економії часу та місця, згадаємо тільки три основні: відсутність діафрагми жорсткості, виконання вузлів башні та її опорних підкосів з відхиленнями від вимог нормативних документів, а також тріщини та розриви довжиною до 2000 мм в поясах трубчатого сечення, утворення яких сприяло безперешкодне потрапляння атмосферних опадів всередину поясів в результаті неякісного виконання монтажних робіт. Тому зрозуміло, що і ця башня була віднесена до категорії аварійно небезпечних споруд, а для відновлення її працездатності був розроблений відповідний проект реконструкції.

Далі розглянемо п'ятий приклад дефектних висотних споруд зв'язі, що представляє собою башню висотою 180 м в районі г. Николаєва. Тут при проведенні обстеження був установлен факт перенапруженості башні в цілому, що стало наслідком її неправильної експлуатації, що виявилася, в свою чергу, в несанкціонованому розміщенні додаткового передаючого обладнання. Якщо ж тепер безпосередньо охарактеризувати дефекти та пошкодження конструктивних елементів башні, набутий ними в результаті цього перенапруження, то деякі розкоси та распорки її решітки знаходилися в деформованому стані. Крім того, беручи до уваги незначительність виявлених дефектів, а також результати аналізу даних обстеження башні, вона не була віднесена до категорії аварійно небезпечних споруд. Тим не менш, згідно з вимогами нормативних документів, для неї був розроблений проект реконструкції, що передбачає встановлення додаткових та збільшення площі поперечних сечень існуючих конструктивних елементів.

Зупинимося тепер на шостому прикладі дефектних висотних споруд зв'язі, що включає в себе одразу два дуже схожих об'єкти – мачту висотою 61 м в н.п. Лісна Слободка та мачту висотою 71 м поблизу н.п. Ценжів Івано-Франківської області. Треба сказати, що в даному випадку, на відміну від всіх раніше розглянутих прикладів, при проведенні робіт з обстеження були виявлені дефекти проектування та монтажу не металевих конструктивних елементів, а анкерних фундаментів мачт. В цьому плані відзначимо, що зазначені фундаменти, виконані в вигляді плоских плит, через допущені помилки були розміщені не тільки під гострим кутом до тягачів, але й на незначительній глибині залягання. Відповідно до цього в подальшому при натягуванні тягачів у обох мачт стався зсув фундаментів по

подошве. И именно с учетом этой причины рассматриваемые мачты были отнесены к категории аварийно опасных сооружений, а для восстановления их работоспособности были разработаны проекты реконструкции, предусматривающие наряду с увеличением несущей способности фундаментов также их догрузку дополнительными железобетонными блоками.

Следующим, уже седьмым, примером дефектных высотных сооружений связи может служить мачта высотой 240 м, расположенная в г. Резина Республики Молдова. При проведении обследовательских работ на этой мачте было установлено, что она эксплуатировалась с очень существенными отклонениями от требований соответствующих технических регламентов. Если же говорить более конкретно, то оказалось, что вследствие отсутствия постоянного надзора при гололеде на мачте на отметке 200 м образовалась так называемая «ледяная бомба», эффект от падения которой сильно напомнил последствия от взрыва обыкновенной бомбы. Итак, были разрушены не только площадка обслуживания на отметке 100 м (рис. 5, *а*), но также волновод и железобетонное покрытие технического здания (рис. 5, *б*). И потому, что вполне ясно, мачта была признана аварийно опасным сооружением, а для восстановления ее работоспособности был разработан проект реконструкции, содержащий предложения по восстановлению поврежденных и разрушенных конструктивных элементов.



а



б

Рис. 5. Разрушения конструктивных элементов мачты после падения «ледяной бомбы»: *а* – площадка обслуживания; *б* – волновод и железобетонное покрытие технического здания

Завершим же изложение рассмотрением достаточно характерного восьмого примера дефектных высотных сооружений связи – мачты высотой 61,3 м в г. Кременец Тернопольской области. И сразу укажем на то, что здесь при проведении обследования были определены дефекты проектирования и монтажа ствола и оттяжек мачты: искривления ствола превышали установленные нормативными документами значения, а кроме того отсутствовали гасители вибрации. Также было установлено, что указанные дефекты являлись иницирующим фактором для возникновения при гололеде в оттяжках галолирующих колебаний и, как следствие, их перенапряжения. Поэтому с целью исправления сложившейся ситуации и предупреждения развития подобных эффектов при дальнейшей эксплуатации мачты и обеспечения ее работоспособности был разработан проект ее реконструкции, предполагающий уменьшение расчетной длины существующих оттяжек в результате использования страхующих антивибрационных оттяжек. Однако в последующем, вследствие размещения операторами связи на мачте дополнительного антенного оборудования, первоначальный проект был заменен кардинально другим проектом, в котором вместо одного существующего была предусмотрена установка двух ярусов оттяжек. Таким образом, предложенный подход позволил не только устранить развитие галолирующих колебаний и перенапряжения оттяжек, но и одновременно решить проблему искривления ствола мачты.

Литература

- [1] Стан та залишковий ресурс фонду будівельних металевих конструкцій в Україні / [Перельмутер А. В., Гордеев В. М., Горохов С. В., Єгоров Є. А., Корольов В. П., Лантух-Лященко А. І., Оглобля О. І.]; під ред. Перельмутера А. В. – Київ : Сталь, 2002. – 166 с.

Надійшла до редколегії 25.09.2014 р.