

## ВЛИЯНИЕ ТРЕЩИН НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ В ЭЛЕМЕНТАХ РЕШЕТЧАТЫХ БАШЕН

Хоменская А.В., Копнина Ю.В., Гилодо А.Ю. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

**Робота здійснена з метою визначення впливу тріщин на напружений стан елементів ґратчастих башт. Визначені причини виникнення тріщин в найбільш напружених елементах та методи відновлювальних робіт, що дозволяють забезпечити працездатність ґратчастих башт.**

Башенные сооружения отличаются от зданий и промышленных сооружений обычного типа: высотой конструкций, намного превышающей размеры поперечного сечения и основания в плане; незначительной массой технологического оборудования по сравнению с собственной массой конструкций; второстепенным значением собственной массы и массы оборудования как расчетной нагрузки, по сравнению с нагрузками от ветра.

Башни часто являются единственно приемлемыми конструкциями для решения конкретных технологических задач. Они имеют ряд преимуществ. Основные из них: меньшая площадь застройки, отсутствие вант, расположенных над коммуникациями, большая надежность при эксплуатации и др.

В настоящее время в Украине с развитием мобильной связи появилась необходимость в проектировании антенных опор систем радиотелефонной мобильной связи и исследование, в связи с этим, работы башенных конструкций актуально и своевременно.

В данной работе приведены результаты исследования напряженно-деформированного состояния решетчатых трех- и четырехгранной башен, высотой  $H=100\text{м}$ , каждая. Рассмотрены два типа сечений поясов и элементов решетки башен: из труб и прокатных уголков, Башни представляют собой усеченные треугольные пирамиды решетчатого сечения.

**Работа выполнена с целью определения влияния локальных трещин на напряженное состояние элементов решетчатых башен.**

Пространственно-стержневая конструкция башни обеспечивает жесткость при эксплуатации, а также уменьшает неблагоприятные температурные воздействия.

Основные узлы, от качества которых во многом зависит надежность и удобство возведения конструкций башни,— это опорный, узел примыкания раскосов и распорок к поясам и узел пересечения раскосов.

Высотные сооружения работают преимущественно на восприятие горизонтальных ветровых нагрузок, приложенных к сооружению и установленному на нем оборудованию. Сила ветрового воздействия зависит не только от скоростного напора, но и от формы и размеров самого сооружения и отдельных его элементов. Горизонтальные воздействия создаются также силами тяжения подвесных антенн и проводов. Башни в основном подвержены действию нагрузок метеорологического характера - ветровой, температурной, оледенению.

Усилия в поясах и решетке башни определяли как в пространственной ферме, консольно закрепленной в фундаменте и загруженной поперечно приложенной ветровой нагрузкой и осевой нагрузкой от собственного веса и технологического оборудования.

Расчет производили с помощью программно-вычислительного комплекса SCAD. Конструкцию башни, при помощи метода конечных элементов рассматривали, как некую совокупность конструктивных элементов, соединенных в конечном числе узловых точек. Задаваясь соотношениями между силами и перемещениями для каждого отдельного элемента, и используя известные приемы строительной механики, определяли свойства и исследовали поведение конструкции в целом.

Согласно МКЭ, модель башни подразделяется на более сложные формы, в пределах которых ищется приближенное решение. В результате такого моделирования было получено поле напряжений и смещений, в целом, по конструкции.

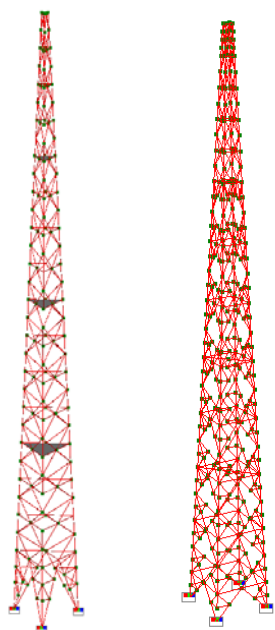


Рис. 1. Расчетные схемы рассматриваемых башен

Подготовку опытных образцов проводили в соответствии с ГОСТ 25.503-97 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов». Настоящий стандарт устанавливает методы статических испытаний на сжатие при температуре  $20^{+1}_{-1}$  °С для определения характеристик механических свойств черных и цветных металлов и сплавов. Стандарт устанавливает методику испытания образцов на сжатие для построения кривой упрочнения, определения математической зависимости между напряжением течения  $\sigma_s$  и степенью деформации  $\epsilon_1$ .

Были испытаны две партии образцов на сжатие, по три образца в каждой: первая - трубы диаметром 50мм, вторая - равнобокие уголки №50. Задача исследования – определить влияние трещины на напряженно-деформированное состояние сжатого стержня пространственной решетчатой конструкции башни. Для решения поставленной задачи в двух из трех образцов в каждой партии были устроены искусственные трещины, третий образец – контрольный. Для измерения деформаций при испытаниях использовали проволоочные тензодатчики с базой 20мм.

Загружение производили ступенями - долями нагрузки, каждая из которых не превышала 0,2 от контрольной нагрузки. Во время испытания образец тщательно осматривали, фиксируя развитие трещины, а по характеру изменения деформаций - анализировали её влияние на работу конструкции.

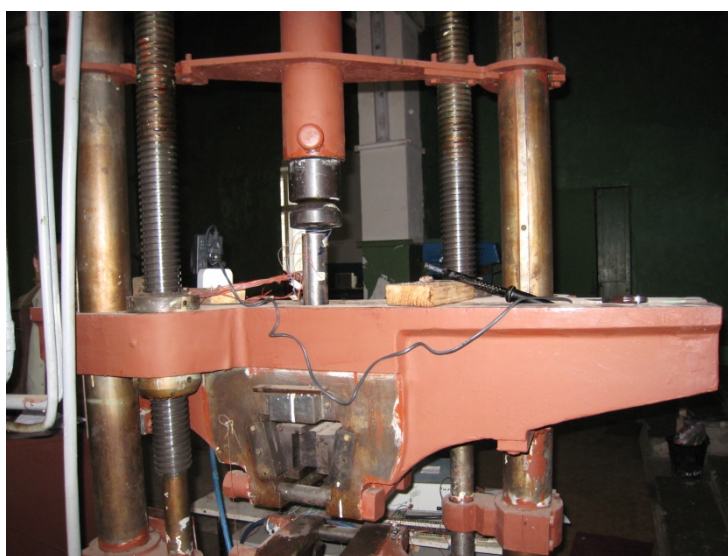


Рис. 2 Испытание образца

Результаты испытаний (см. Рис.4) свидетельствуют о резко негативном влиянии трещины на напряженно-деформированное состояние соответствующего участка конструкции. По сравнению с контрольным образцом, не имеющим повреждений, в зоне с трещиной уже на первых ступенях загрузки

зафиксировано резкое увеличение напряжений, которые приобретают лавинообразный характер на стадиях испытаний, соответствующих расчетному сопротивлению стали. Также под влиянием трещины на локальных участках конструкции возможно изменение напряженно-деформированного состояния – «сжатие» на «растяжение» и наоборот.

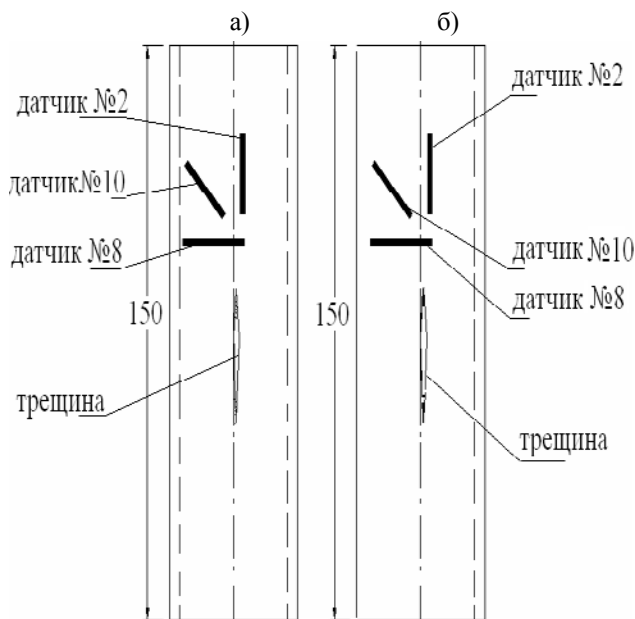
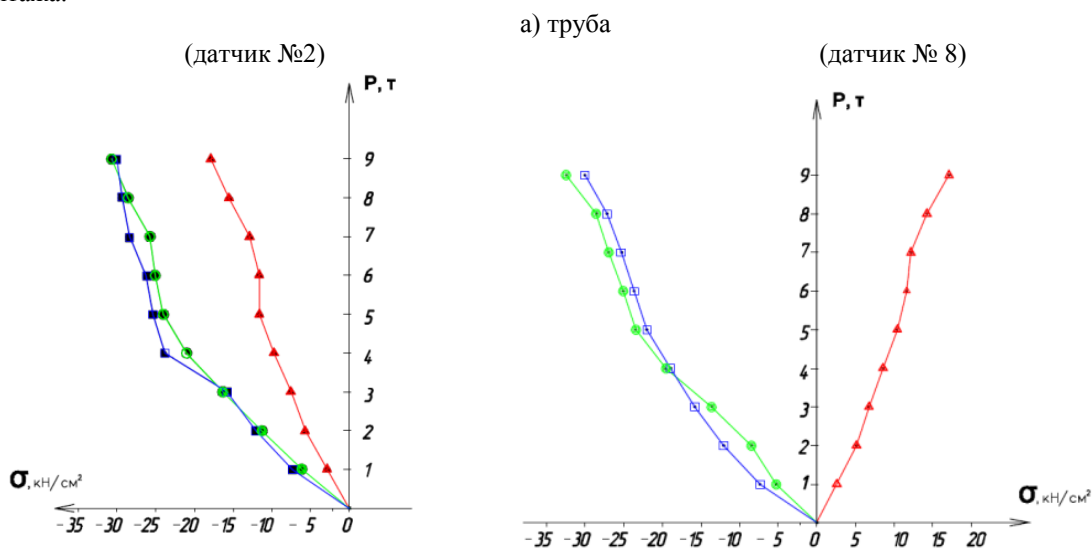


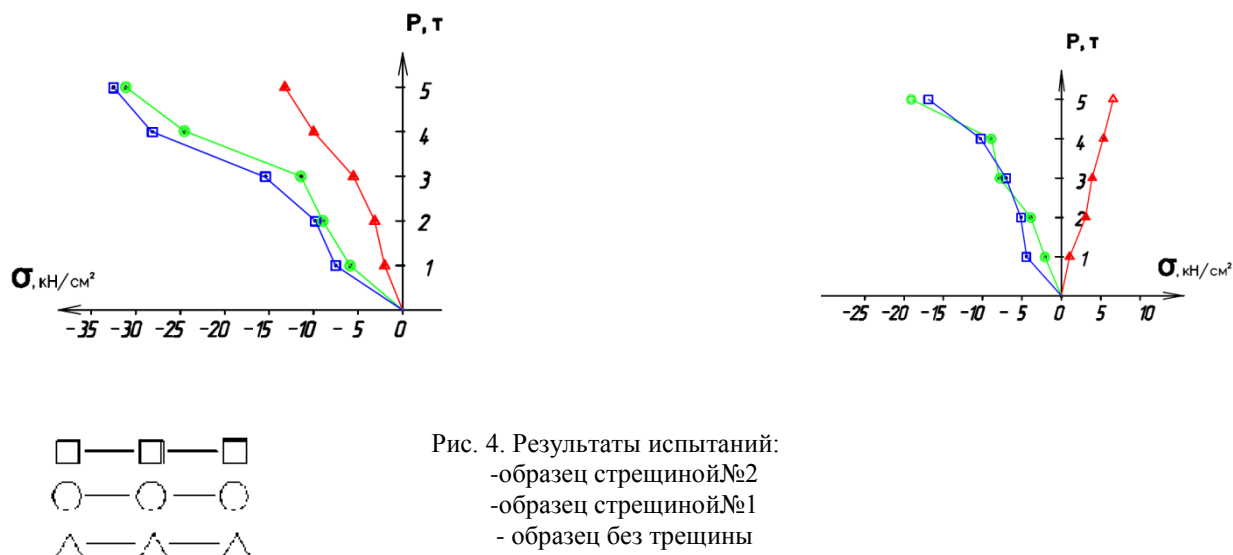
Рис. 3.Схема расположения датчиков на образцах: а) труба; б) уголок

Конструкции высоких сквозных башен находятся в сложных условиях работы. Опыт эксплуатации и натурные обследования показывают, что уже после пяти-шести лет работы в таких башнях появляются первые повреждения: расстраиваются узлы крепления решетки между собой и к поясам, появляются усталостные трещины, ослабевают фланцевые соединения. Со временем, если не принять соответствующих мер, эти повреждения развиваются и становятся угрозой нормальной эксплуатации башни и оборудования, закрепленного на ней.

Основными факторами, способствующими появлению повреждений конструкций башен, являются: действие ветровой нагрузки, носящей динамический характер, и как следствие, переменный и знакопеременный многократно повторяющийся цикл напряжений, вызывающий усталость металла, сложный характер напряженного состояния, жесткость узлов крепления стержней решетки и поясов и несоответствие их фактической работы принимаемой расчетной схеме; наличие дополнительных факторов, усложняющих работу конструкции, таких как эксцентриситет приложения полезной нагрузки, неравномерность обледенения стержней в зимний период, сварочные напряжения и т. д. Интенсивному развитию повреждений способствуют также дефекты сварных швов и другие несовершенства изготовления и монтажа.



б) уголок



Наиболее опасными повреждениями являются трещины в поясных швах и наиболее напряженных зонах поясов. Как правило, трещины носят ярко выраженный усталостный характер и появляются после многократных циклов загрузки. В большинстве случаев трещины развиваются по сварному шву, реже с переходом на стержень. Основная причина появления таких трещин – низкое качество сварки. Трещины в сварных швах или в околошовной зоне необходимо ликвидировать в кратчайший срок. Для выявления технического состояния сварные швы очищают по длине, в первую очередь в местах наиболее вероятного появления трещин, от шлака и тщательно осматривают. Высоты катетов сварных швов можно проконтролировать при помощи шаблонов. Обнаруженные трещины рекомендуется заваривать в следующей последовательности:

- засверлить сквозные отверстия диаметром 17-21мм на расстоянии 40-50мм от видимых концов трещины в направлении её развития, в случае распространения трещины за границу отверстия производится дополнительное засверливание;
- зубилом или резакон выполняется разделка кромок трещины до конечных отверстий;
- металл у концов трещины нагревается до температуры 150-200°C, после чего трещины завариваются электродами;
- поверхность сварных швов зачищается заподлицо с поверхностью элемента.

Другим способом усиления стержней с трещинами служит прикрепление к ним дополнительного элемента (листа, уголка) на сварке. Усиление отдельных стержней не вызывает во время производства работ значительного изменения напряженно-деформированного состояния остальных стержней, но технология сварки и последовательность наложения швов существенно сказываются на последующей работе. В сжатых элементах целесообразно начинать сварку со швов крепления усиливающего элемента к фасонке, что обеспечивает включение усиливающего элемента в работу уже в процессе усиления. Швы, прикрепляющие элемент усиления к существующему, рекомендуется выполнять прерывистыми. В растянутых стержнях естественна обратная последовательность наложения сварных швов: от середины к концам. Усиление стержней под нагрузкой приваркой элементов возможно при напряжениях, не превышающих 60% расчетного сопротивления.

**Выводы.** В данной работе установлены причины появления трещин в наиболее напряженных элементах и предложены методы восстановительных работ, что позволит обеспечить долговечность сквозных башен.

1. Металлические конструкции. В 3 т. Т.3. Специальные конструкции и сооружения: Учеб. Для строит. вузов; Под ред. В.В. Горева. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2002. – 544 с.: ил.
2. Беленя Е.И. и др. Металлические конструкции. 6-е издание. – М., Стройиздат, 1986. – 560 с.
3. Броверман Г. Б. Строительство мачтовых и башенных сооружений. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с., ил.
4. Стальные башни (проектирование и монтаж). Павловский В.Ф., Кондра М. П. К., Будівельник, 1979, 200с.
5. Металлические конструкции/ Под ред. Н. П. Мельникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., Стройиздат, 1980. – 776 с. (Справочник проектировщика).

ГОСТ 25.503-97 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов».