

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЙ ВЫСОТНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

За последнее десятилетие на многие высотные сооружения в пределах территории Республики Беларусь были установлены дополнительные антенны радиосвязи и соответствующие блоки приантенного оборудования. Массы и размеры вновь устанавливаемого радиооборудования во многих случаях были соизмеримы с эксплуатируемыми антеннами. Кроме того, следует отметить, что устанавливаемые антенны имели, как правило, большую парусность и располагались асимметрично относительно оси сооружения. Все высотные сооружения, на которые устанавливалось дополнительное оборудование, подвергались тщательному обследованию и проверочным расчетам. В процессе обследования выполнялись следующие работы:

- замерялись отклонения осей высотного сооружения от вертикали;
- осматривались элементы поясов и решетки и замерялись их отклонения от прямолинейности;
- обследовались узловые соединения, и проверялось качество болтовых и сварных соединений;
- контролировались соединения технологического оборудования к конструктивным элементам башен и мачт;
- обследовались узлы присоединения оттяжек к стволу мачты и к опорным фундаментам;
- проверялось состояние антикоррозионного покрытия.

Сотрудниками БНТУ были обследованы высотные сооружения в Барановичах, Минске, Слониме, Брагине, в Полоцком, Клецком и Молодечненском районах. В процессе обследования были выявлены следующие дефекты: искривление стержней решетки, отсутствие части болтов в узловых многоболтовых соединениях, ослабления натяжения болтов, пропуски сварных швов, сверхнормативные отклонения от вертикали, коррозионные разрушения, зазоры в болтовых соединениях.

Искривления стержневых элементов явились следствием случайных воздействий в процессе монтажа или транспортировки. Отсутствие болтов и слабое натяжение болтов также можно отнести к монтажным дефектам. Дефекты сварных соединений являются уже заводским браком. К тем дефектам сварных соединений, которые перечислены выше, можно добавить чрезмерную выпуклость сварных швов, а также отклонения в размерах катетов сварных швов. Выпуклость сварных швов вызывает увеличенную концентрацию напряжений, что при наличии пульсационной ветровой нагрузки способствует усталостному разрушению. Уменьшение катетов сварных швов, кроме снижения несущей способности, также увеличивает концентрацию напряжений.

Наиболее опасным дефектом, как известно, являются трещины. В обследованных сооружениях трещины были обнаружены лишь однажды - при осмотре мачты высотой 205м. Трещины располагались в сварных швах в узлах сопряжений трубчатого раскоса с поясами, изготовленными также из круглой трубы. Сварной шов в сопряжениях трубчатых элементов имел переменную конструктивную форму, изменяясь от стыкового шва (по бортам) до углового в "носке" и "пятке". Наибольшие напряжения в таких узловых соединениях возникают в "носке" и "пятке". Это вызвано изгибом узла сопряжения. Обнаруженные трещины имели начало в "носке" и "пятке" и далее распространялись по основному металлу.

Босаков Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительной механики Белорусского национального технического университета.

Давыдов Евгений Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры металлических и деревянных конструкций Белорусского национального технического университета.

Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 65.

Строительство и архитектура

Форма швов с трещиной имела чрезмерную выпуклость, что также могло предопределить появление трещины в этом узле. Напряжения в дефектном раскосе, вычисленные от расчетных нагрузок с учетом пульсационной составляющей ветровой нагрузки, не превысили $0,1R_{ye}$. Существенное влияние на появление трещин могут оказывать сварочные напряжения, возникающие в процессе изготовления металлоконструкций. Для уменьшения сварочных напряжений рекомендуется высокой отпуск, который в условиях заводов по изготовлению металлических конструкций, как правило, не делается.

Другим фактором, способным привести к появлению трещин, являются изменения физических и механических характеристик металла, подвергающегося длительным знакопеременным нагрузкам [1]. Длительные циклические нагрузки повышают среднее значение модуля упругости на 9...14%. Изменения предела текучести определяются длительностью нагрузок и уровнем напряжений. При отрицательной характеристике цикла ($\rho = -1$) и при $\sigma_{max} = 0,9\sigma_1$ (σ_1 - напряжение, соответствующее относительным деформациям 0,1%) упругая зона работы стали увеличивается на 10%, а при $\sigma_{max} = 0,5\sigma_1$, наоборот, уменьшается на $\approx 5\%$.

Последнее значение напряжения цикла является наиболее распространенной для высотных сооружений. Исходя из приведенных факторов, вероятность появления трещин в сварных швах и основном металле с увеличением срока эксплуатации сооружений также должна увеличиваться.

Наибольшие очаги коррозионного разрушения были выявлены в болтовых соединениях, выполненных с помощью накладок. Здесь, как правило, не удается обеспечить требуемую плотность, что создает предпосылки для щелевой коррозии. В таких соединениях удаление продуктов коррозии, а также создание антикоррозионной защиты является практически невозможным. Зазоры между соединяемыми элементами были обнаружены также и во фланцевых соединениях, но значительно реже, и коррозионное разрушение в них было меньше. Существенные очаги коррозии были обнаружены также на площадках, где в качестве настила использовались гладкие стальные листы. Листы настила имели вогнутые участки, на которых скапливалась вода, что способствовало коррозионному разрушению.

После обследования высотных сооружений производились теоретические расчеты по реальным размерам, нагрузкам и жесткостям с целью определения возможности установки на сооружении дополнительного оборудования. При этом изучались и решались вопросы влияния на напряженно-деформированное состояние элементов сооружения следующих факторов:

- отклонение ствола сооружения от вертикали;
- действие пульсационной составляющей ветровой нагрузки и количество учитываемых форм собственных колебаний;
- податливость основания.

Решение указанных вопросов иллюстрируется результатами расчета башни управления "Белтрансгаз" в г.Слониме. Конструктивные элементы башни изготовлены из металлических уголков (рис.1). Все соединения выполнены на болтах. Башня опирается в восьми точках на 4 ростверка по 12 металлических свай из труб. На отметках +88м и +95м на башне

установлены 4 антенны диаметром 5м и массой 215кг. При монтаже двух дополнительных антенн массой по 57кг и диаметром 1м на отметках +40м и +50м необходимо было выполнить поверочные расчеты о возможности их установки.



Рис.1. Схема башни управления "Белтрансгаз".

Все расчеты выполнялись на программном комплексе "Лира-Windows" последней версии. Конечно-элементная модель включала 840 конечных элементов типа 10 и 264 узла,

содержала 16 типов жесткостей. Каждая из восьми опорных точек закреплялась от линейных перемещений по трем направлениям глобальной системы координат. Применялись следующие загрузки:

Загрузка 1 - собственный вес элементов башни с антеннами;

Загрузка 2 - статическое действие знакопеременной ветровой нагрузки;

Загрузка 3 - действие ветровой нагрузки с учетом пульсации.

Геодезические испытания, проведенные заказчиком, показали отклонение оси башни от вертикали в двух взаимно перпендикулярных горизонтальных направлениях на 1,4 и 1,5 см. Распределение погонной ветровой нагрузки по высоте башни, вычисленное с учетом коэффициентов изменения ветрового давления по высоте для первого ветрового региона ($W_0 = 23 \text{ кг/м}^2$), типа местности А и аэродинамического коэффициента $s=1,4$ дано, на рис. 2. Там же показано действие сосредоточенных горизонтальных сил от давления ветра на антенны. Распределение весов масс от собственного веса элементов конструкции башни приведено на рис. 3. При расчетах каждая масса распределялась на 8 или 4 узла в горизонтальной плоскости и каждой точечной массе задавались три линейных степени свободы. К ним добавлялись массы от веса антенн с теми же степенями свободы.

Выполненные предварительно вычисления без учета отклонения башни от вертикали и податливости грунтового основания позволили учесть при расчете на пульсацию только первые четыре формы колебаний ($f_1 = 2,9 \text{ гц}$ [2]).

По методике УП "Стройтехнорм" была определена горизонтальная жесткость свайных ростверков в двух горизонтальных направлениях. Получено: $r_x = 3000 \text{ Т/м}$; $r_y = 3100 \text{ Т/м}$. Найденные частоты собственных колебаний башни, полученные в предположении жесткого опирания и податливого, приведены в табл. 1.

Первые четыре формы колебаний, соответствующие первым четырем собственным частотам остались изгибными (рис. 4), хотя несколько уменьшились их величины. Это также говорит о необходимости учета только первых четырех форм собственных колебаний при расчете на пульсационное действие ветровой нагрузки.

В табл. 2 приведены значения частот собственных колебаний башни с учетом податливости грунтового основания и весов масс дополнительных антенн. Как видно, изменилась величина основной частоты, если учитывать влияние искривленности оси башни.

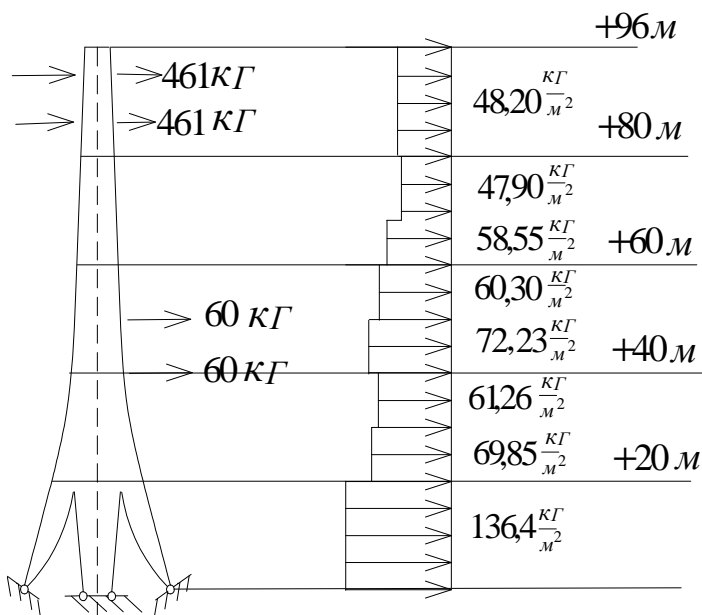


Рис. 2. Распределение расчетной ветровой нагрузки по высоте башни.

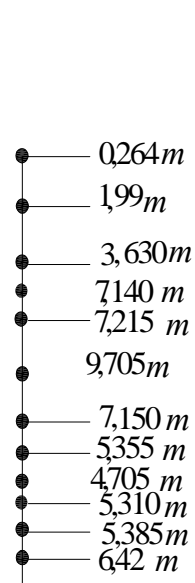


Рис. 3. Распределение весов масс от собственного веса по высоте башни.

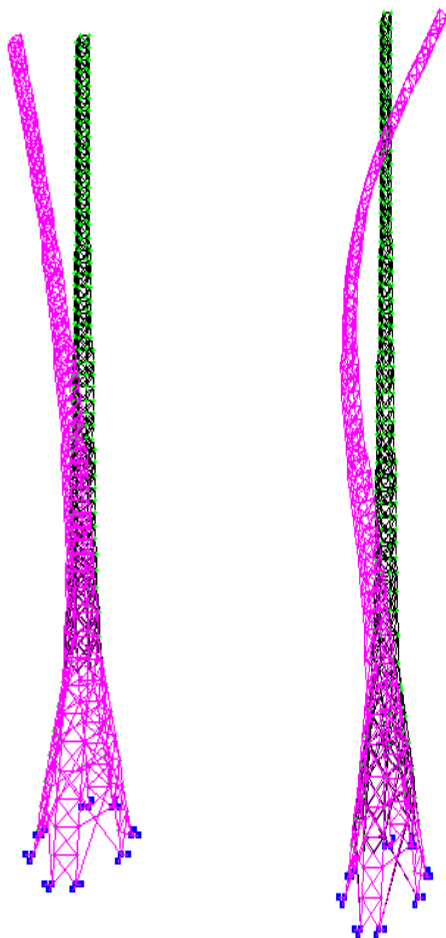


Рис. 4. Формы колебаний, соответствующие первой и третьей собственным частотам башни.

Таблица 1. Частоты собственных колебаний башни в Гц с учетом и без учета податливости грунтового основания

| Величина и номер соб. част. | W_1 (Гц) | W_2 | W_3 | W_4 | W_5 |
|-----------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|
| Жесткое опирание | 0,3760 | 0,4391 | 1,4213 | 1,6252 | 3,1481 |
| Податливое опирание | 0,3751 | 0,4374 | 1,4122 | 1,6135 | 3,1083 |

УДК 624.012.4: 539.432

Шалобыта Т.П., Шалобыта Н.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Результаты обследований зданий и сооружений, показывают, что в целом ряде случаев элементы зданий и сооружений, выполненные из железобетона, имеют значительные повреждения и не удовлетворяют требованиям норм [1]. В качестве одного из основных конструктивных мероприятий по усилению таких конструкций может являться использование монолитного железобетона. В то же время для успешной дальнейшей эксплуатации полученных сборно-монолитных конструкций, требуется точное прогнозирование совместной работы сборного и монолитного бетона с учетом статических

и динамических воздействий.

Многokrатно повторяющиеся нагрузки являются одними из основных нагрузок на железобетонные конструкции промышленных зданий и транспортных сооружений.

В соответствии с требованиями норм [1], железобетонную конструкцию следует считать сборно-монолитной, если среди прочих выполнены следующие основные требования:

- обеспечена прочность контактного соединения монолитного бетона и сборного элемента на всех этапах работы конструкции, то есть вплоть до наступления предельного

Шалобыта Татьяна Петровна, кандидат технических наук, доцент каф. технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Шалобыта Николай Николаевич, кандидат технических наук, доцент каф. строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура

Таблица 2. Частоты собственных колебаний в Гц до и после установки дополнительных антенн

| До установки антенн | прямой ствол | W_1 | W_2 | W_3 | W_4 | W_5 |
|------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | искрив. ствол | 0,3752 | 0,4376 | 1,4142 | 1,6160 | 3,1114 |
| После установки антенн | прямой ствол | 0,4373 | 0,4375 | 1,6134 | 1,6140 | 3,2990 |
| | искрив. ствол | 0,3751 | 0,4374 | 1,4122 | 1,6135 | 3,1083 |

Выполненные авторами обследования и расчеты различных башен позволили сформулировать следующие выводы и рекомендации:

1. При выполнении сварных соединений элементов высотных сооружений необходимо предусматривать технологические мероприятия по снижению сварочных напряжений.
2. Соединения отдельных секций высотных сооружений следует предусматривать с помощью фланцевых соединений на высокопрочных болтах, как менее подверженных воздействию щелевой коррозии. Также для уменьшения коррозионного разрушения следует площадки высотных сооружений изготавливать из просечно-вытяжной стали.
3. Теоретические исследования показали необходимость учета отклонений оси сооружения от вертикали и податливости грунтового основания при динамических расчетах на действие ветровой нагрузки.
4. При расчетах на пульсационную составляющую ветровой нагрузки рекомендуемая нормами замена высотного сооружения консольным стержнем с несколькими массами может привести к потере изгибно-крутильных форм собственных колебаний сооружения и, следовательно, существенно исказить достоверность выполненных теоретических расчетов, если эти формы соответствуют низшим частотам колебаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ханухов Х.М. Влияние различных факторов на изменение упругих характеристик сталей, применяемых в антенных сооружениях. - Тр., ЦНИИПСК, М, 1981, с.118...127.
2. СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия. М.: Госстройиздат, 1986. – С. 35.