

О ветровых воздействиях, вызывающих необходимость гашения колебаний высотных сооружений

Анастасия Ивановна КАРАКОЗОВА, аспирантка, e-mail: a.karakozova@stako.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», 129337 Москва, Ярославское ш., 26

Аннотация. Рассмотрена проблема гашения колебаний высотных сооружений, возникающих под действием ветра, с помощью установки динамических гасителей колебаний. Приведены примеры высотных сооружений аэродинамически неустойчивой формы, на которых установлены гасители колебаний, обеспечивающие их безопасную эксплуатацию в качестве сооружений связи, памятников, дымо- и газоотводов.

Ключевые слова: высотные сооружения, ветровое воздействие, колебания, частота колебаний, гаситель колебаний, демпфер, аэродинамическая неустойчивость.

ON WIND ACTIONS CAUSING THE NEED FOR SUPPRESSION OF HIGH-RISE STRUCTURES FLUCTUATIONS

Anastasiya I. KARAKOZOVA

Abstract. An issue of suppression of fluctuations of high-rise structures arising under the action of the wind with the help of installation of dynamic fluctuations dampers is considered. Examples of high-rise structures with installed fluctuation dampers which ensure their safety operation as monuments, communication structures, smoke and gas outlets are presented.

Key words: high-rise structures, wind influence, fluctuations, frequency of fluctuations, fluctuation damper, damper, aerodynamic instability.

К высотным сооружениям относятся опоры антенных сооружений связи, воздушных линий электропередачи, вытяжные башни, вентиляционные и дымовые трубы, осветительные и метеорологические вышки и т. п.

Согласно п. 11 СП 20.1330.2011 [1] для зданий и сплошностенчатых сооружений, у которых $h/d > 10$ (где h – высота; d – характерный поперечный размер) необходима проверка на склонность к раскачиванию – возникновению аэродинамической неустойчивости, которая для высотных сооружений проявляется в разных видах [2].

При обтекании сплошностенчатых сооружений цилиндрической формы плоскопараллельным потоком ветра в области за сооружением образуется вихревая дорожка с шахматным расположением вихрей. Когда при определенных скоростях ветра частота срыва вихрей совпадает с собственной частотой сооружения, возникают резонансные колебания. Плохообтекаемые гибкие конструкции с аэродинамически неустойчивыми поперечными сечениями (квадратным, прямоугольным, ромбовидным), а также покрытые льдом провода антенно-мачтовых систем подвержены галопированию.

Согласно п. 11.3.3 [1] резонанс-

ное вихревое возбуждение не возникает при условии

$$V_{cr,i} > V_{max}(z_{ek}), \quad (1)$$

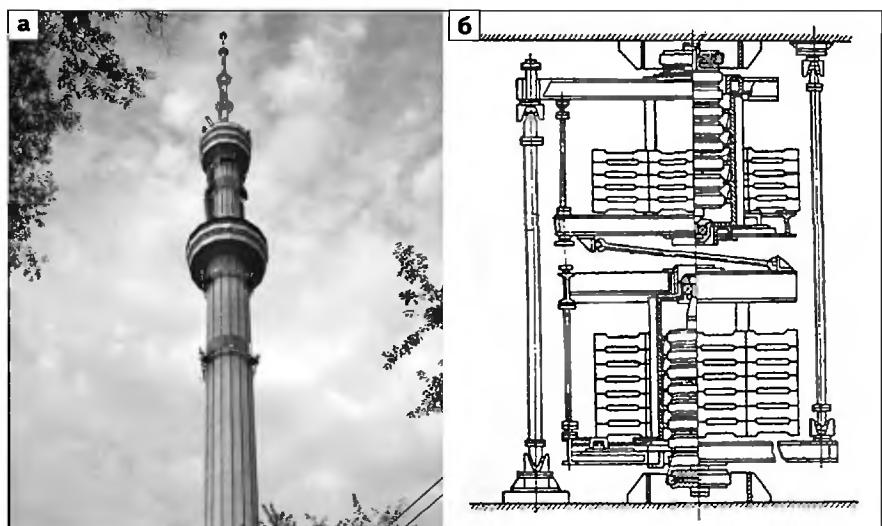
где $V_{cr,i}$ – критическая скорость ветра для сооружения, при которой происходит резонансное вихревое возбуждение, определяется его характеристиками, такими как: i -я собственная частота колебаний конструкции, поперечный размер и форма сечения (п. 11.3.2 [1]); V_{max} – максимальная скорость ветра на уровне для высотных металлических сооружений (п. 11.3.3 [1]).

В большинстве случаев характеристики высотных сплошностенчатых сооружений не удовлетворяют

данному неравенству. При выявлении возможности возникновения колебаний сооружений в режиме аэродинамической неустойчивости необходимы изменения формы сооружения, установка оттяжек или интерцептеров (спойлеров, кожухов – п. В.2 [3]). В случаях, когда эти меры невозможны или малоэффективны, используются динамические гасители колебаний (п. 2.3.3.2 (5) [3]).

Динамический гаситель колебаний – устройство, которое состоит из инерционной массы, присоединенное к сооружению.

Рис. 1. Радиотелевизионная башня в г. Алма-Ате (а) и установленный на ней гаситель колебаний (б)



ненной с помощью упругого и демпфирующего элементов к защищаемой конструкции. Параметры гасителя — инерционная масса, квазиупругий коэффициент и коэффициент демпфирования — определяются расчетом или назначаются по конструктивным соображениям. Если парциальная частота гасителя близка к частоте вынужденных колебаний сооружения, то масса гасителя совершаает колебания, амплитуды которых, как правило, значительно превышают амплитуду колебаний сооружения. Возникающие при этом упругие и диссипативные силы в элементах гасителя, воздействуя на защищаемое сооружение, уменьшают амплитуду его колебаний.

Динамические гасители колебаний подразделяются в зависимости:

- от конструктивной схемы: на гасители с гибким элементом (пружинные), маятниковые, комбинированные;
- от парциальной частоты: на высокочастотные (от 0,6 до 2 Гц), среднечастотные (от 0,3 до 0,6 Гц), низкочастотные (менее 0,3 Гц).

Гасители колебаний для средних частот — это обычные маятниковые гасители. При частоте выше 0,6 Гц следует устанавливать дополнительные упругие элементы. При частотах менее 0,3 Гц необходимы конструктивные решения, позволяющие уменьшить габаритные размеры гасителя колебаний [4].

Рассмотрим примеры использования гасителей на реальных сооружениях.

Радиотелевизионная опора высотой 372 м (рис. 1а) в г. Алма-Ате (Казахстан) расположена на горе Кок-Тюбе высотой 1400 м над уровнем моря в сложных геологических условиях, в местности с расчетной сейсмичностью 10 баллов и ветровым напором, соответствующим III ветровому району. Теоретические расчеты выявили возможность возникновения автоколебаний вследствие аэродинамической неустойчиво-

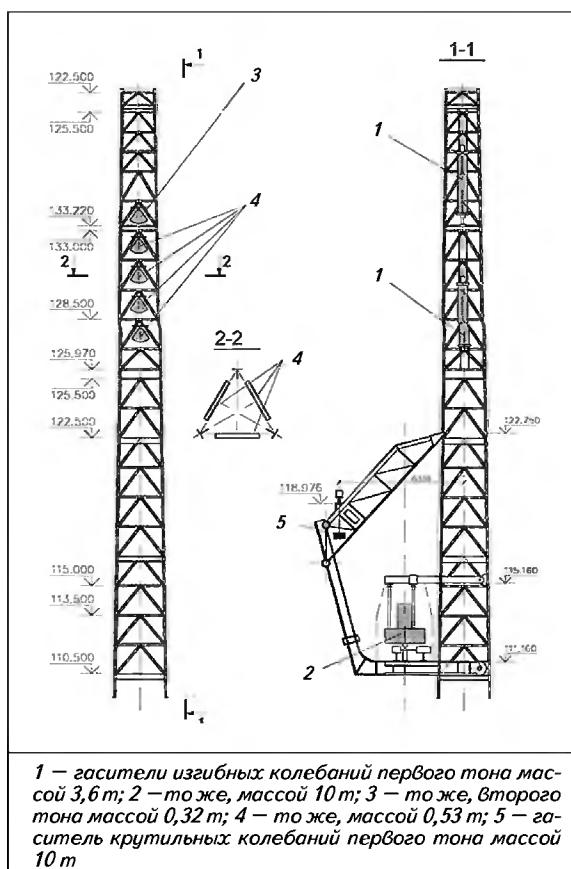


Рис. 2. Схема установки гасителей колебаний на главном монументе мемориального комплекса Победы на Поклонной горе

сти сооружения. Кроме того, были проведены испытания в аэrodinamicheskoy трубе динамически подобной модели сооружения и определены режимы возникновения аэrodinamicheskoy неустойчивости. Четыре динамических гасителя колебаний (рис. 1б) общей массой около 40 т были установлены на втором этаже верхнего технического здания (+253 м).

Рис. 3. Гаситель колебаний на решетчатой опоре радиорелейной линии



Это позволило снизить интенсивность колебаний в режиме ветрового резонанса в 3,6 раза, при воздействии пульсаций скорости ветра — в 2,7 раза, а также увеличить долговечность сооружения минимум в 6 раз.

Форма главного монумента мемориального комплекса Победы на Поклонной горе в Москве близка к усеченной шестигранной пирамиде. На монументе между отметками 110,55 и 123,00 м с эксцентризитетом 7,2 м по отношению к геометрической оси сооружения размещена скульптурная композиция «Богиня Ника с амурами». Помимо особой ответственности и заданной 100-летней долговечности сооружение оказалось аэродинамически неустойчивым. Испытания модели монумента и его отсеков проводились в аэродинамической трубе. В результате выявили неустойчивость по двум первым изгибным и первой крутильной собственным частотам сооружения, и соответственно в разных отметках установили 19 маятниковых гасителей колебаний.

Дымовые трубы, несущей конструкцией которых служат цилиндрические оболочки, — наиболее распространенные сплошностенчатые сооружения в промышленности. Они могут быть отдельно стоящими или на оттяжках, заключенными в решетчатую этажерку, спаренными; при невыполнении условия (1) требуют размещения гасителей колебаний. Так, гасители установлены на дымовой трубе в г. Раменском, на дымовой трубе высотой 120 м в пос. Первомайский Тульской обл., на переходной площадке дымовых труб высотой 120 м в Москве в районе Курьяново.

Но нельзя ограничить сферу действия гасителей исключительно сплошностенчатыми сооружениями. Решетчатые башни не могут быть аэ-



родинамически неустойчивыми в силу своей решетчатости, однако в некоторых случаях требуют установки гасителей колебаний. Например, для радиорелейной линии Москва – Санкт-Петербург пришлось искать возможности установки оборудования больших размеров, чем было указано в техническом задании, на уже изготовленные сооружения. Условие по прочности с новым оборудованием соблюдалось, а условие по деформативности было нарушено. Поэтому на решетчатые опоры

высотой 70 м были установлены гасители колебаний (*рис. 3*), которые позволили уменьшить амплитуды колебаний конструкций и, не нарушив существующие нормы, выполнить техническое задание.

Таким образом, гасители колебаний нашли широкое применение в высотном строительстве и имеют большие перспективы для развития.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. СП 20.1330.2011 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия».

2. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. М. : Стройиздат, 1978. 217с.
3. British Standard. Eurocode 3 – Design of steel structures. Part 3-2 : Towers, masts and chimneys. 2006.
4. Остроумов Б. В., Каракозова В. И., Каракозова А. И. Воплощение идей Б. Г. Коренева в области оснащения высотных сооружений динамическими гасителями колебаний // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 11. С. 43–45. ■