

УДК 624.042.41

Солоненко В.С. ст. гр. 192м-16-1

Волкова В.Е., д.т.н., профессор кафедры строительства, геотехники и геомеханики
Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепр, Украина

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ВЕТРОВЫМ ПОТОКОМ

Ветровые воздействия являются доминирующим типом воздействия для протяженных сооружений, таких как промышленные здания большой протяженности и высотных сооружений – небоскребы, мачты и башни. Значительная жесткость массивных бетонных конструкций способствует быстрому рассеиванию, поглощению, энергии колебаний зданий в ветровом потоке. В отличие от них мачты и башни имеют значительную гибкость и обладают низким конструкционным демпфированием. Вследствие этого ветровые воздействия вызывают значительные колебания данных конструкций. Помимо башен и мачт такие явления являются характерными и для антенных опор и дымовых труб. Колебания конструкций в ветровом потоке могут стать причиной нарушения технологических процессов, вызывать болевые ощущения и дискомфорт у людей, а в ряде случаев привести к обрушению, что обуславливает актуальность темы исследования.

Целью данного исследования является изучение механизмов взаимодействия металлических конструкций с ветровым потоком.

Вопросы взаимодействия механической системы с ветровым потоком отражены в исследовании Барштейна М.Ф., Бородачева Н.М., Шухова В.Г., Фомина Г.М., Блюминой Л.Х., Соколова А.Г., Попова Н.А., Пичугина С.Ф., Махинько А.В.

Современный уровень развития аэродинамических исследований и математического моделирования дают возможность определить скорость невозмущенного потока и мгновенное значение ветрового давления в различных точках поверхности плохообтекаемых тел. Механизм взаимодействия ветра с различными видами сооружений и теоретические зависимости скорости и возмущающих нагрузок изучены в настоящее время не в полном объеме, что оставляет некоторый простор для научно-исследовательской деятельности в данном направлении.

Особенность аэродинамического нагружения в том, что его величина существенно зависит от формы конструкции, обтекаемой ветровым потоком. Происходит эффект положительной обратной связи – увеличение поперечных размеров сечения увеличивает ветровую нагрузку, что в свою очередь может вызвать увеличение размеров сечения. Известны случаи, когда не удавалось запроектировать конструкцию применяя такой подход. Обратная связь также наблюдается и при учете нагрузки от собственного веса, а также в случаях нагружения гибких конструкций весом слоя жидкости. В последнем случае прогибы конструкции увеличивают толщину слоя жидкости что приводит вновь к увеличению прогибов. Во всех указанных случаях возможно явление своеобразной неустойчивости равновесия, несмотря на то, что в системе отсутствуют сжимающие нагрузки [1].

По своим конструктивным особенностям высотные строительные конструкции в вопросах аэродинамики относятся к классу плохообтекаемых тел. Кроме того, такие сооружения отличаются малыми характеристическими размерами по сравнению с длиной волны или поперечными размерами вихрей.

От действия равномерно распределённого ветрового потока возникают равнодействующие сила F , составляющими которой являются сила лобового сопротивления, направленная вдоль потока F_D и подъемная сила, действующая поперек потока F_L (рис. 1).

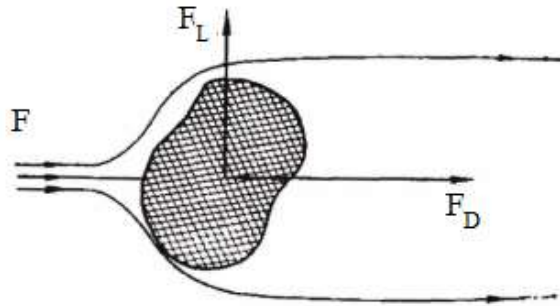


Рисунок 1 - Подъемная сила и сила лобового сопротивления, действующие на произвольное плохообтекаемое тело

Выражения для распределенной по сооружению нагрузки, действующей в поперечном по отношению к ветровому потоку направлении [2]:

$$F_L(z, t) = C_{F_L}(z) \cdot \left[-\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U(z) \cdot B(z) \right] \cdot y'$$

$$C_{F_L}(z) = \left(\frac{dC_L(z, \alpha)}{d\alpha} + C_L(z, \alpha) \right),$$

где $C_L(\alpha)$ и $C_D(\alpha)$ – коэффициенты бокового и лобового сопротивления как функции угла атаки воздушного потока; ρ – плотность воздуха; $U(z)$ – средняя скорость ветрового потока на высоте z ; $B(z)$ – поперечный по отношению к потоку размер сооружения на высоте z ; $y'(z, t)$ – скорость потока в направлении, перпендикулярном потоку; z – продольная координата сооружения.

Выражения для сила лобового сопротивления, направленная вдоль потока:

$$F_D = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A,$$

где C_D – коэффициент аэродинамического сопротивления; $\frac{1}{2} \rho V^2$ – динамическое давление; A – площадь, на которую припадает ветровой поток.

На сегодняшний день общепринятым является подход, когда нагрузка от ветровых пульсаций представляется как стационарный и стационарно связанный случайный процесс. При действии таких процессов на систему с несколькими степенями свободы используется их описание в виде спектральных и взаимных спектральных плотностей [3].

Построение аналитических моделей поведения объекта в ветровом потоке, а также последующий их анализ встречаются ряд математических и вычислительных сложностей. В виду этого, широкое распространение получило математическое моделирование в программных комплексах, реализующих метод конечных элементов. В настоящее время для создания моделей мачт и башен, а также других высотных сооружений используют такие ПК как SCAD, LIRA, Selena, RobotMilenium.

Перечень ссылок

1. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем. Современные концепции, парадоксы и ошибки [Текст]: 4-е изд. – М.: Наука, 1987. – 352 с.
2. Мелешко В.А. Аэроупругая неустойчивость зданий и сооружений в ветровом потоке: Диссертация/ Мелешко В.А. 2011 – 129 с.
3. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер.: 4-е изд., перераб. -М.: Издательство СКАД СОФТ, 2011.– 736 с.