УДК 624.014

ОБСЛЕДОВАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КРЫТОЙ АВТОСТОЯНКИ

INSPECTION AND ENFORCEMENT STABILITY OF STEEL STRUCTURES COVERED PARKING

к.т.н., доцент ***Попова М.В.*** *(Владимирский государственный университет)*
к.т.н., доцент ***Репин В.А.*** *(Владимирский государственный университет)*
Бибик А.А. *(Владимирский государственный университет)*
Popova M.V. *(Vladimir State University)*
Repin V.A. *(Vladimir State University)*
Bibik A.A. *(Vladimir State University)*

Проведенное обследование стального каркаса автонавеса выявило характерные недостатки. Несущие конструкции крытой автостоянки представлены колоннами, выполненными из стальных прямошовных электросварных труб ∅ 325х5 мм, высотой, в среднем, 8,8 м; ригелями из спаренных двутавров, опирающихся на оголовок колонн и прогонов из тех же двутавров. Пролеты и шаг колонн 6 и 9 м. Кровля выполнена из оцинкованного профнастила по прогонам. Устойчивость каркаса призваны обеспечить вертикальные крестовые связи по колоннам. Однако, указанные связи установлены не по всем рядам колонн, хотя их постановка является обязательной. Недостаточная устойчивость тонкостенных элементов привела к аварии ряда навесов, выполненных в виде симметричных ″птичек″ - V-образных связей.

Классическое определение устойчивости, как известно, приводит к однозначному определению состояния равновесия (статического и динамического). Устойчивость строительных систем должна исследоваться с учетом всех ее параметров и воздействий. Анализ показывает, что для упомянутых, достаточно простых конструкций, это не было сделано. Если обнаруживается хотя бы одна возможность потери устойчивости, равновесие считается не достигнутым, а конструкция неспособной воспринимать возможные при этом нагрузки.

С другой стороны, с вероятностной точки зрения возможен случай, когда, несмотря на возможность появления некоторых форм потери устойчивости, вероятность ее очень мала, что важно при проектировании и, очевидны в этом случае преимущества вероятностного подхода к задаче устойчивости. Установлено, что система имеет нулевую, или практически нулевую вероятность попасть в неустойчивое состояние, что накладывает меньше ограничений, чем требование не попадать в это состояние. Устойчивость может быть рассмотрена по Ляпунову. Одним из наиболее эффективных методов исследования устойчивости движения является прямой метод Ляпунова.

Рассмотрим некоторую вещественную функцию $W = W(x_1,x_2,\ldots,x_n)$, определённую в области [1],

$$\sum_{i=1}^{n} x_i^2 \le \mu, \quad (1)$$

где μ - постоянное положительное число.

Предполагается, что в области (1) эта функция однозначна, непрерывна и обращается в нуль, когда все x_1, x_2,..., x_n равны нулю, то есть

$W(0) = 0.$

Функцию называют знакопостоянной, если в окрестности начала координат функция W кроме нуля может принимать значения только одного знака. Если же знакопостоянная функция обращается в нуль только в том случае, когда все $x_1,\ldots,x_n$ равны нулю, то функция W называется знакоопределённой (соответственно определённо-положительной или определённо-отрицательной). Такая функция W, используемая для исследования устойчивости движения, называется функцией Ляпунова.

Знакоопределённая функция имеет при $x_1 = 0$ ($i = 1,2,., n$) экстремум (минимум для определённо-положительной функции и максимум для определённо-отрицательной функции).

Рассмотрим знакопеременную функцию W*(x),* непрерывную вместе с производными первого порядка. Тогда при $x_1 = 0$ (i = 1,2,., n) она будет иметь изолированный экстремум, и, следовательно, все частные производные первого порядка, вычисленные в этой точке, будут равны нулю

$$\left(\frac{\partial W}{\partial x_i}\right)_0 = 0 \quad (i = 1,2,...,n).$$

Пусть параметры системы $y=(y_1,\ y_2,...,\ y_m)$ описывают причины, вызывающие отклонение системы от равновесного состояния u=0. Тогда, невозмущенное состояние равновесия называется устойчивым на интервале времени T, и соответствует параметрам реакции системы $u=(u_1,\ u_2,\ ...,\ u_n)$, если для любого малого положительного числа ε существует такое положительное число a, что на всем интервале (0, T)

$$\{\|y\| \le a\} \Rightarrow \{|u|<\varepsilon\}, \qquad (1)$$

где | | и || || обозначают нормы векторов.

Физически это означает, что невозмущенное равновесие будет устойчивым, если параметры реакции системы, элемента можно сделать меньше любого наперед заданного значения за счет изменения параметров системы, которые определяют отклонение от равновесного состояния.

Если предположить, что данное условие не удовлетворяется – существует по крайней мере один вектор возмущения y (параметр системы), который вызывает реакцию u, ограниченную снизу при любом значении a. При классическом (детерменированном расчете) один вывод – равновесие неустойчиво и требуется изменить систему для обеспечения ее надежности.

При вероятностном подходе можно продолжить исследования, определив какие векторы y параметров системы вызывают потерю устойчивости конструкции и насколько велика вероятность появления таких векторов (вектор-функции), имеющих каждый три компоненты. Эта вероятность может быть малой или весьма малой, которой можно пренебречь. Следовательно, необходим критерий устойчивости, поскольку возмущение в реальных конструкциях (превышение нормируемых нагрузок, дефекты, повреждения) случайны и вектор реакции системы u рассматривается как стохастическое поле (Аугусти Г.). Сформулируем следующие вероятностные случаи расчета устойчивости:

1. Решение $u(t)=0$ устойчиво по вероятности, если для любого $\varepsilon>0$ и $\varphi>0$ существует $a\ (\varepsilon,\varphi) > 0$ такое, что неравенство (1) означает, что вероятность отказа ($0<t<\infty$) более ($1-\varphi$).

2. Решение $u(t)=0$ асимптотически устойчиво по вероятности, если для любого $\varepsilon_1>0$ вероятность отказа равна 1, ($t\to\infty$).

3. Решение $u(t)=0$ устойчиво по вероятности на конечном интервале времени ($0,T$), если для любых $\varepsilon>0$ и $\varphi>0$ существует $a\ (\varepsilon, \varphi)>0$ такое, что $\| y \| < a$ дает вероятность отказа равную $1-\varphi$.

4. Решение $u(t)=0$ устойчивого относительно средней нормы

$E\ [|\ \widetilde{u}\ |\ ]$, если для любого $\varepsilon>0$ существует $a\ (\varepsilon)>0$ такое, что (1) < a, то это приводит к тому, что верхняя граница отказа как события менее ε.

Опыт показывает, что поскольку главной целью проектирования является обеспечение надежности, необходим анализ влияния погрешностей вычисления на индекс надежности или вероятности отказа.

В заключение отметим, что после обследования одноэтажного каркаса было рекомендовано установить дополнительные вертикальные связи между колоннами.

Список литературы:

1. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения. М.: Наука, 1986.
2. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний. М.: Наука, 1971.