

АКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОЛЕБАНИЯМИ КОНСТРУКЦИЙ

Палагушкин В.И., Марчук Н.И.,
Сибирский федеральный университет
Инженерно-строительный институт

Актуальность проблем управления колебаниями в строительстве непрерывно возрастает в связи с увеличением размеров пролетов конструкций, применением высокопрочных материалов, ужесточением технологических и санитарных требований.

Существующие пассивные и разрабатываемые активные способы борьбы с вибрацией не противопоставляются друг другу: каждый из них имеет свою рациональную область применения, но активные обладают качественно новыми возможностями.

В работе реальная управляемая конструкция моделируется как динамическая система со многими степенями свободы и уравнения её движения с управлением можно представить:

$$(1) \quad \mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{C}\dot{\mathbf{x}} + \mathbf{K}\mathbf{x} = \ddot{\mathbf{A}}\mathbf{u}(t) + \dot{\mathbf{A}}\dot{\mathbf{f}}(t),$$

где \mathbf{M} , \mathbf{C} , \mathbf{K} - матрицы масс, коэффициентов демпфирования и жёсткости соответственно; $\mathbf{x}(t)$ - вектор координат; $\dot{\mathbf{f}}(t)$ - приложенная нагрузка или внешнее возмущение; $\mathbf{u}(t)$ - вектор прикладываемых сил управления. Проектирование и разработка системы активного управления колебаниями строительных конструкций выполнено в соответствии с алгоритмом проектирования.

На рис.1 представлена функциональная схема системы активного управления колебаниями конструкции в автоматизированном режиме, когда управление конструкцией осуществляет оператор, на основе анализа полученной информации о динамических параметрах конструкции.

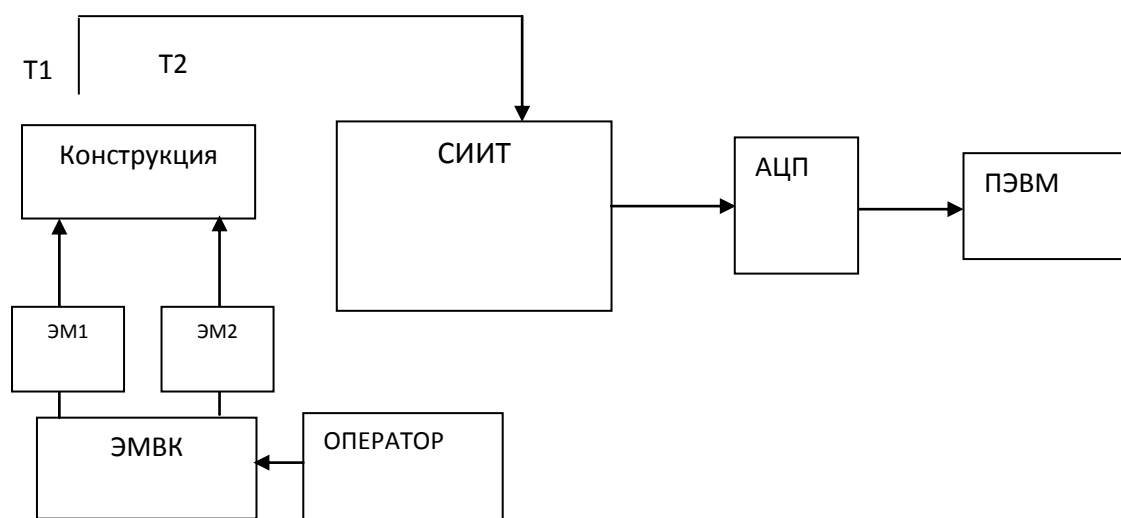


Рис. 1 - Функциональная схема активного управления колебаниями балки с визуализацией результатов эксперимента на ПЭВМ

Кратко опишем четыре составные части САУ НДС: объект управления (механической конструкции); управляющий модуль; устройства прямой связи; устройства обратной связи.

Объект управления. Под конструкцией будем понимать механический объект управления, который может представлять как одномерную, так и двухмерную пространственную систему (балки, фермы, плиты покрытий, антенные устройства различного назначения и др.).

В работе в качестве возможного объекта управления реализованы модели балки и плиты.

Модуль управления. В системе автоматического управления, в качестве управляющего модуля реализована программа, в основу которой положены алгоритмы управления вынужденными колебаниями балки и плиты.

Прямая связь. Важнейшими элементами автоматического управления являются измерительная аппаратура и датчики-преобразователи, позволяющие получить достоверную информацию о параметрах колеблющейся системы и передавать её в управляющий модуль (ПЭВМ).

Важную роль играет выбор типа датчика для измерения частот и форм колебаний изучаемой конструкции. При этом надо учитывать физические свойства материала исследуемого объекта, область измеряемых частот, уровень динамической нагруженности, определяемой параметрами объекта и мощностью вибровозбудителя.

Отмечено, что наибольшее распространение получили системы, в которых механические колебания преобразуются в электрические с последующей их регистрацией. Датчики могут быть механически связаны с вибрирующей поверхностью либо не иметь с ней непосредственного контакта.

В работе при организации прямой связи использованы тензорезисторы, наклеенные на объект в заданных сечениях. Деформирование объекта сопровождается изменением сопротивления тензодатчика, регистрируемого в процессе измерений. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) представляет собой функциональный блок, осуществляющий преобразование аналоговой величины в цифровой код.

Обратная связь служит для передачи управляющих параметров от ПЭВМ на конструкцию.

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), как элемент, обратной связи предназначен для изменения действительного значения выходного параметра и преобразования полученной информации о результатах управления в сигналы, удобные для дальнейшего использования в устройствах исполнительного привода.

К исполнительным устройствам предъявляют целый ряд требований основным из которых является: обеспечение требуемой надежности работы объекта управления и технического ресурса.

Использован электромагнитный исполнительный привод, так как остальные элементы разработанной системы основаны на электрическом принципе действия.

Нагружение выбрано дискретным, т.е. приложенным к конечному числу точек конструкции. Так как устройство (электромагниты) передачи воздействия имеют конечные размеры, то под точкой приложения понимаем совокупность точек конструкции, охватывающих малую часть ее поверхности или длины.

Используется принцип возмущений. Известна частота, фаза и сила воздействия (притяжения) вибратора (ЭМВ-1). Последняя определяется величиной зазора между металлической балкой и электромагнитом ЭМВ-1. Отклонения балки (амплитуда, частота) могут здесь и не измеряться.

Управление актуатором ЭМВ-2 (т.е. управление величиной его противодействия) возможно также путем изменения электрических параметров на входе ЭМВ-2.

Эффективность снижения амплитуды вибрации в разработанной системе определяется качеством изготовления элементов обратной связи, чувствительностью исполнительного элемента, а так же располагаемой мощностью системы управления.

Для экспериментального гашения амплитуд колебаний модели балки с электромагнитного возбудителя колебаний (ЭМК), с помощью регулятора (переменный резистор R1), определяется частота срабатывания вибратора, т.е. основная частота вибрационного воздействия. На монитор ПЭВМ выводится осциллограмма колебаний конструкции. Управляющая программа определяет частоту колебаний конструкции и вырабатывает управляющее решение. Регулятором 2 (переменный резистор R2) задается частота срабатывания актуатора, подавляющая нежелательную амплитуду колебаний конструкции. Возможно управление на основе данных предварительного расчета (настройки управления колебаниями).

Экспериментальными исследованиями получено, что для модели балки в результате гашения амплитуда колебаний в узле расположения вибратора уменьшилась в 4,25 раза, что привело к практически полному гашению амплитуд колебаний всей балки (рис. 2).

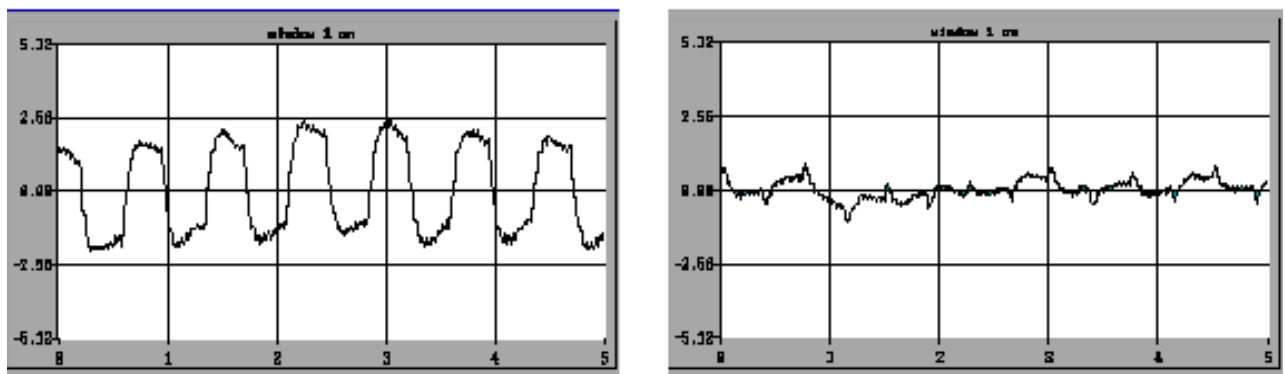


Рис. 2 - Осциллограммы колебаний балки в сечении под вибратором: а) при включенном вибраторе; б) при совместном действии вибратора и актуатора (гашение)

Результаты имеют качественное совпадение с результатами экспериментальных исследований, и подтверждают эффективность предложенной в работе системы эффективного управления вынужденными колебаниями строительных конструкций при действии вибрационной нагрузки

Возможные расхождения между результатами эксперимента и численными расчетами объясняются тем, что выбранная расчетная схема, отличающаяся простотой, имеет существенные отличия от действительной конструкции с электромагнитным возбуждением и управлением. При возбуждении колебаний, имеет место половинный пульс- синус, а не непрерывная синусообразная волна. Кроме того величина притяжения ЭМК зависит от зазора между ним и балкой. В эксперименте эта величина зазора сопоставима с прогибами балки, а потому притяжение меняется и по этой причине, причем у возбудителя и актуатора по-разному, т.к. они стоят в разных местах и к тому же могут иметь различные зазоры.