СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ВИБРАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ, В КАЧЕСТВЕ НЕСУЩИХ, КРУПНОРАЗМЕРНЫЕ ТОНКОСТЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Остроухов Н. Н., Мо Вей Ян У

Московский Авационный Технологический Институт - РГТУ им. К.Э. Циолковского

На основании расчетно – теоретических оценок и численного анализа процесса усталостного разрушения модельных элементов обоснована целесообразность выделения отдельного класса строительных сооружений, содержащих, в качестве несущих, крупногабаритные тонкостенные бетонные элементы, например, кровли, перекрытия или стеновые панели с соотношением поперечного размера к толщине в диапазоне 100÷1000 и более. Показано, что сооружения этого типа обладают повышенной чувствительностью к влиянию относительно слабых но многократных механических динамических воздействий в процессе эксплуатации и которые, вплоть до настоящего времени не учитываются строительными регламентами. Численные моделирования процесса усталостного разрушения показали, что ветровые, акустические и техногенные вибрационные воздействия, типичные для условий эксплуатации, могли быть основной причиной таких известных строительных аварий, как обрушение «Трансвааль – Парка», и Басманного рынка в Москве и терминала в аэропорту Руасси Шарль де Голль в Париже. Физически процесс разрушения таких бетонных элементов происходит как развитие под влиянием динамических воздействий дефектов структуры бетона. В сооружениях, выполненных из материалов с бóльшей чем у бетона упругостью (в первую очередь, стальных) с несущими элементами указанных выше пропорцией под влиянием внешних воздействий могут возникать резонансные колебания очень большой амплитуды, как например, известные колебания моста через Волгу в Волгограде 10 мая 2010г.

В настоящей работе предложены принципиальные схемы технических способов повышения вибрационной стойкости сооружений указанных типов, а именно:

– способ гидродинамического демпфирования упругих колебаний большепролетных строительных сооружений;

– конструктивно – технологические решения, снижающие добротность сооружений как колебательных контуров.

Первый способ наиболее эффективен для сооружений, возводимых над поверхностью водоемов, например, мостов. Для демпфирования возможных колебании под сооружением в воде на расстоянии от поверхности (глубине), существенно превышающем максимальную амплитуду возможных колебаний, размещают определенное количество демпферов (гидравлических тормозов), жестко связанных с элементом сооружения, в котором возможно возникновение колебаний. Простейший демпфер -жесткая пластина площадью F, определяемой из соотношения F(м2) =2ΔPλ2/nρc2; где ΔP – перепад давлений на противоположенных поверхностях колеблющегося элемента, генерирующий колебания, λ – длина волны собственных колебаний элемента, ρ – плотность среды в которой размещается демпфер (вода), с – скорость звука в материале колеблющегося элемента, n – количество демпферов на полудлине волны λ/2.

В отсутствие водоемов достаточного объема вблизи сооружения гидродемпфер можно выполнить в виде гидроцилиндра с поршнем и дросселирующими каналами, оптимальная конфигурация определяется из условия равенства тормозящего усилия внешней силе, воздействующей на элемент сооружения.

Снижение добротности сооружений как колебательных контуров увеличивает диссипацию колебательной энергии и таким образом уменьшает амплитуду колебаний, в первую очередь в пучностях, т.е. уменьшает деформацию элементов, и, как следствие, может предотвратить развитие дефектов структуры материала.

Один из способов снижения добротности состоит в таком изменении конструкциям, которое делает невозможным существование узлов колебании, т.е. таких точек в которых амплитуда колебаний близка к нулю и от которых волны колебаний «отражаются» без заметной потери энергии. В случае «Трансвааль – Парка» такими узлами были места шарнирного крепления опорных колонн. Эффективным способом увеличения диссипации колебательной энергии в подобных сооружениях является использование эластичной заделки опорных колонн на участке, составляющем ~20% общей их длины. Диссипацию колебательной энергии внутри крупноразмерных перекрытий и оболочек без их разрушения можно увеличить при изготовлении их многослойными из разнородных материалов, например, чередуя металл и пластмассу.