

рая примыкает к облицовочному слою. Для этого в процессе проектирования и возведения кладки необходимо предусматривать воздушный вентилируемый зазор между слоями кладки (20 – 40 мм). Кроме того, для крепления облицовочного слоя к кладке из газобетонных блоков необходимо использовать гибкие металлические связи со сроком эксплуатации не менее 50 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО 501-52-01-2007. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации.
2. ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций// М.: Изд-во стандартов, 1984.
3. МВИ 23-5117-2005 «Ограждающие стеновые конструкции. Метод определения сопротивления климатическим воздействиям и оценка долговечности при ускоренных испытаниях». СПб.: СПбЗНИИПИ, 2006. – 29 с.

В.И. ДРАГАН, канд. техн. наук доцент,
А.В. МИГЕЛЬ, инженер
(Брестский государственный технический
университет)

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ «БрГТУ» И РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЯ ЛЕТНЕГО АМФИТЕАТРА В г. ВИТЕБСКЕ

1. Методика определения собственной частоты колебания стержней конструкции.

Для определения собственной частоты колебаний использовалась компьютерная измерительная система анализа характеристик вибрации ВИКМА-1.

Принцип действия устройства следующий: при возбуждении поперечных колебаний в образце модуль измерения вибраций МИВ

передает сигнал на модуль управления, синхронизации и интерфейса МУСИ в течение заданного промежутка времени ЭВМ считывает данные и по окончании измерения строит график колебательного движения, где по оси абсцисс откладывается время измерения, а по оси ординат виброускорение. Далее программными средствами производится анализ полученных данных (графика колебательного движения), например построение спектра частот.

Исходя из вышесказанного, предложена методика по определению осевого усилия в элементе:

1. Вибрационный датчик ВД с магнитом крепится к стержню конструкции в средней части по длине.

2. На ЭВМ запускается процесс считывания результатов (порядка 20 – 25 с), одновременно производится возбуждение поперечных колебаний, путем удара по элементу конструкции в направлении параллельном расположению датчика на расстоянии 20 – 30 см от него.

3. По истечению времени считывания результатов, программным средством, поставляемым с устройством, строится график колебательного процесса.

4. На основе полученного графика колебательного движения строится спектр частот, по которому определяется собственная частота колебаний элемента конструкции.

5. Исходя из ранее полученных зависимостей (тарировочных графиков или теоретических формул) определяется осевое усилие в элементе конструкции.

2. Исследование работы стержней структурной конструкции БрГТУ методом динамического анализа их собственной частоты колебания.

Для исследования работы стержней использовались два фрагмента структурной конструкции системы БрГТУ

– размеры ячейки 2.2×2.2 м, высота 1.56 м (см. рис. 1, а);

– размеры ячейки 1.5×1.5 м, высота 1.5 м (см. рис. 1, б).

В фрагменте с размерами 2.2×2.2 м анализировались два сечения стержней: для сжатых элементов труба Ø60×4 с расстоянием между узлами 2.2 м (гибкость $\lambda = 110$), для растянутых элементов труба Ø55×1.5 с расстоянием между узлами 2.2 м (гибкость $\lambda = 118$). Для фрагмента 1.5×1.5 м анализ проводился для одного сжатого сечения стержня – труба Ø60×4 с расстоянием между узлами 1.5 м (гибкость $\lambda = 75$). В итоге анализировались три типоразмера стержней отли-

чающихся гибкостью и напряженным состоянием (сжатие-растяжение).

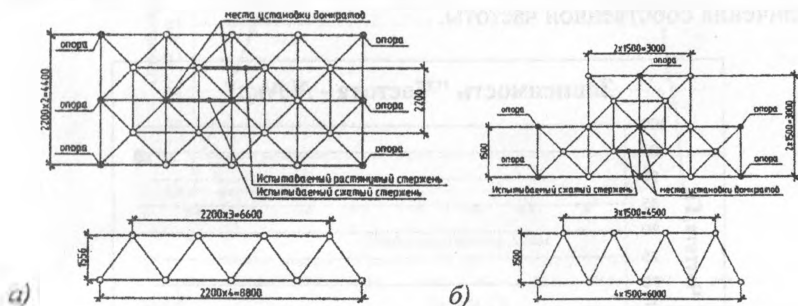


Рис. 1. Схемы фрагментов испытываемых фрагментов структурной конструкции:

а) – с ячейкой 2.2×2.2 м; б) – с ячейкой 1.5×1.5 м

Испытания фрагментов проводились в лабораторных условиях, нагружение проводилось поэтапно, и контролировалось динамометром. Собственная частота колебания стержней определялась согласно разработанной методики (см. п.1). Усилие в стержнях определено посредством тензометрии, с использованием станции ТИССА-1.

По результатам испытаний получены графики «Частота – $N/N_{кр}$ », для сжатых стержней и «Частота – N/N_m », для растянутых (рис. 2 – 3). Отношение $N/N_{кр}$ (N/N_m) характеризует предел достижения стержнем предельного состояния, где N – осевое усилие в стержне, определенное по средством тензометрии. В качестве предельного усилия принято: для сжатых стержней $N_{кр}$ – осевое усилие, при котором происходит потеря устойчивости стержня (согласно лабораторным испытаниям); для растянутых стержней N_m – усилие, при котором напряжения в стержне достигают величины равной пределу текучести стали трубы при ее растяжении (согласно лабораторным испытаниям).

На рис. 2, из зависимости «Частота – N/N_m », для растянутого стержня видно, что происходит линейное увеличение собственной частоты колебания стержня при увеличении растягивающего усилия. По достижении стержнем усилия соответствующего значению $N/N_m = 0.99$ и как следствие пределу текучести стали трубы происходит резкое увеличение значения собственной частоты, связанное

с изменением продольной жесткости стержня, вследствие накопления пластических деформаций. Дальнейшее нагружение фрагмента привело к развитию пластических деформаций стержня по длине без увеличения собственной частоты.

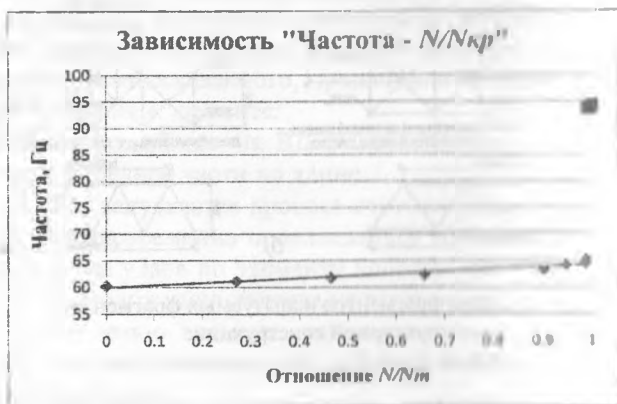


Рис. 2. Зависимость «Частота – $N/N_{кр}$ » для растянутого стержня с гибкостью $\lambda = 118$

Из зависимости «Частота – $N/N_{кр}$ » на рис. 3 видно, что в пределах значений отношения $N/N_{кр}$ от 0 до 0.8 происходит уменьшение собственной частоты колебания, связанное с увеличением сжимающего усилия в стержне. Это вполне согласуется с проведенными ранее испытаниями стержней, поэтому зависимость «Частота – $N/N_{кр}$ » может быть аппроксимирована линейной функцией. При достижении стержнем усилия, в пределах отношения $N/N_{кр}$ от 0.8 до 0.85, происходит резкое падение значения собственной частоты, связанное с развитием прогибов и как следствие изменением геометрии стержня. Этот этап характеризуется началом развития пластических деформаций, которые в последствие приводят к потере устойчивости стержня. В диапазоне значений $N/N_{кр}$ от 0.85 до 1 зависимость «Частота – $N/N_{кр}$ » носит также линейный характер, а уменьшение собственной частоты колебания на данном этапе связано, как с увеличением сжимающего усилия, так и с накоплением пластических деформаций и прогибов. Из совмещенного графика (рис. 3) наглядно видно, что резкое изменение собственной частоты колебания примерно совпадает с переходом стержня в упругопластическую стадию работы.

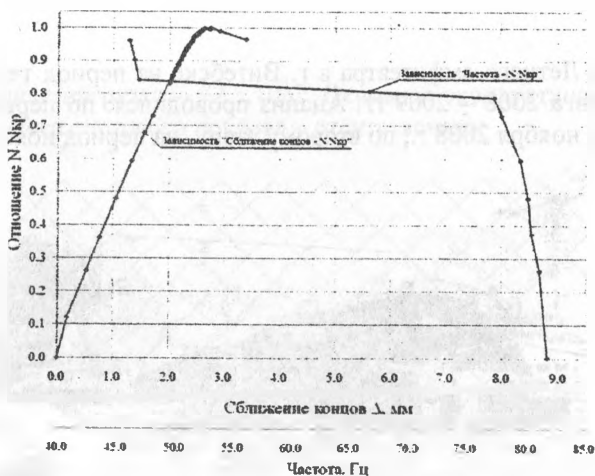


Рис. 3. Совмещенный график зависимостей «Частота – $N/N_{кр}$ » и «Сближение концов – $N/N_{кр}$ » для сжатого стержня с гибкостью $\lambda = 75$

В ходе проведенных лабораторных испытаний фрагментов структурной конструкции было установлено, что при достижении определенного этапа загрузки происходит упругопластическое деформирование стержня и наблюдается скачок собственной частоты колебания (для растянутого стержня в сторону повышения, для сжатого в сторону уменьшения). Данный эффект имеет практический интерес и позволяет оценивать эксплуатационную пригодность элемента конструкции в реальных условиях.

3. Оценка усилий в элементах структурной оболочки Летнего амфитеатра в г. Витебске методом динамического анализа их собственной частоты колебания.

В процессе возведения покрытия Летнего амфитеатра, как начальным этап мониторинга, было проведено испытание сооружения (рис. 4). Результаты испытания показали упругость работы сооружения, соответствие принятой расчетной схеме и достаточной надежности сооружения.

Согласно разработанной методики и с использованием полученных торировочных зависимостей «усилие-частота» произведен анализ напряженно-деформированного состояния структурной оболочки

покрытия Летнего амфитеатра в г. Витебске на период технического мониторинга 2008 – 2009 гг. Анализ проводился: по первому этапу, на период ноября 2008 г.; по второму этапу, на период ноября 2009 г.

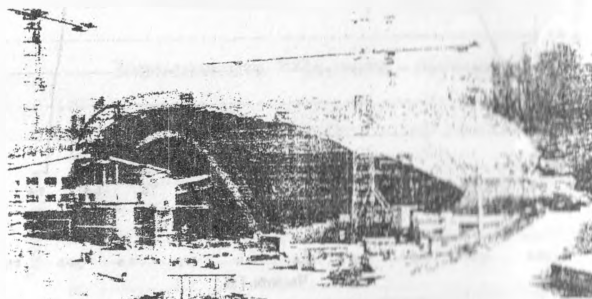


Рис. 4. Испытание покрытия Летнего амфитеатра в г. Витебске

Оценка усилий в элементах структурной оболочки производилась для стержней нижней поясной сетки С3 ($l = 2610$ мм), С4 ($l = 2679$ мм) и раскосов С5 ($l = 2958$ мм) [2]. На рис. 5 представлены эпюры продольных сил по этапу 1 и 2 для стержней раскосов структурной оболочки. Красным цветом обозначены усилия по 1 этапу, синим цветом – по 2 этапу.

В ходе анализа эпюр продольных сил установлена достаточная сходимость, в пределах погрешности измерения, результатов по двум этапам измерения, что соответствовало примерно одинаковой температуре воздуха в период мониторинга. Имеющиеся расхождения значений усилий в стержнях связаны с различиям температурным режимом и неравномерным нагревом структурной оболочки от солнечной энергии.

Оценка несущей способности элементов структурной оболочки выполнена по коэффициентам использования сечения; для растянутых элементов – по прочности, для сжатых элементов – по устойчивости. По результатам двух этапов измерения коэффициенты использования сечения для растянутых элементов находятся в интервале 0.009 – 0.258, для сжатых 0.008 – 0.338.

Усилие в элементах получены при действии следующих нагрузок: собственный вес конструкций покрытия, вес технологического оборудования, ветровая нагрузка от скоростного напора 1...3 м/с,

температурная нагрузка – $+2 \dots 10^{\circ}\text{C}$. Основная эксплуатационная нагрузка – от веса снегового покрова – отсутствовала.

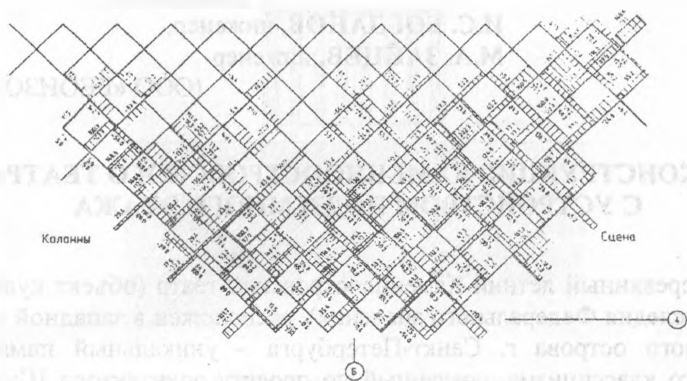


Рис. 5. Эпюры продольных сил элементов раскосной решетки (С5), кН

4. Заключение

1. Выявлен физический эффект, связанный с резким изменением собственной частоты колебания стержня, при достижении определенного осевого усилия, характеризующийся изменением геометрии стержня и накоплением пластических деформаций.
2. Предложено использовать данный эффект для оценки эксплуатационной пригодности и надежности элемента конструкции.
3. Произведена оценка несущей способности элементов структурной оболочки, посредством определения фактических значений осевого усилия.
4. Выявлена сходимость значений продольных усилий в стержнях структурной оболочки при двух этапах измерения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле/Пер. с англ. Л.Г. Корнейчука; Под ред. Э.И. Григolyка. – Москва: Машиностроение, -1985. – 472 с.
2. Мигель А.В., Драган В.И. Строительный мониторинг большепролетного сооружения летнего амфитеатра в г. Витебске/А.В. Мигель, В.И. Драган// Строительная наука и техника. – 2009. – №1(22).