

## ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ АДАПТИВНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Г. М. КУЗЁМКИНА, А. О. ШИМАНОВСКИЙ

*Белорусский государственный университет транспорта*

Трехшарнирные железобетонные рамы получили распространение в качестве каркасов производственных зданий, в цехах которых часто устанавливается виброактивное оборудование широко-го назначения, характерное различными частотами возбуждения. Поэтому для безопасной и долго-вечной работы рамных каркасов уже на стадии проектирования следует учитывать возможность резонансов, связанных с совпадением частот собственных колебаний конструкции и вынуждающих сил и моментов.

Выполненные нами ранее на плоских моделях исследования показали, что путем установки до-полнительных адаптирующих затяжек можно регулировать частоты собственных колебаний конст-рукций с целью расширения диапазона их нерезонансной работы. Однако рассмотрение плоских моделей не позволяет выявить все особенности динамического поведения строительных конструк-ций. Целью представленной работы является сопоставление результатов расчетов частот собствен-ных колебаний одноэтажного производственного здания, выполненных с помощью широко исполь-зуемых плоских и новой пространственной моделей.

Объектом исследования является одноэтажное производственное здание, несущими конструк-циями которого являются трехшарнирные железобетонные составные рамы с повышенными до 6,2 м стойками пролетом 18 м и с шагом 6 м в продольном направлении. Каждая рама состоит из двух полурам, включающих Г-образные стойки и линейные элементы ригеля, соединенные перед монтажом жестким стыком. Стык располагается в зоне нулевых моментов от постоянной нагрузки. Для повышения жесткости и обеспечения несущей способности рамы вводятся горизонтальные за-тяжки из арматурной стали, и снижается нагрузка за счет укладки плит покрытия шириной 1,5 м через одну и устройства асбестоцементной кровли по прогонам или применением других типов об-легченных кровель. Полурамы шарнирно соединены в коньковом узле и с фундаментом. Для пре-дохранения конструкции от возможных резонансов вводятся дополнительные адаптирующие на-клонные затяжки с наружной стороны здания.

Расчеты частот собственных колебаний исследуемой пространственной конструкции были вы-полнены с использованием многоцелевой программы проектирования и анализа ANSYS. Ранее вы-полненный анализ вариантов компьютерного моделирования показал, что результаты расчетов час-тот собственных колебаний здания в целом практически не зависят от способов моделирования ар-матуры в бетонной матрице. Это можно объяснить тем, что размеры поперечного сечения арматуры существенно меньше, чем размеры каркаса здания. Поэтому для исследований частот собственных колебаний выбрана конечноэлементная модель, в которой арматура моделировалась путем распре-деления ее свойств по объему бетонной матрицы. Преимущества этой модели армирования – в зна-чительно меньших затратах времени на расчет. Для установления особенностей динамического по-ведения производственного здания рассмотрена модель, состоящая из четырех трехшарнирных рам, которые связаны между собой при помощи плит покрытий и перекрытий. Каждая плита контакти-рует с рамами в четырех точках, расположенных возле угловых точек плиты. Такое расположение мест контакта позволяет моделировать взаимодействие частей конструкции, соединенных сваркой. Модальный анализ пространственной конструкции позволил получить значения собственных час-тот и выявить фундаментальные формы колебаний производственного здания.

Анализ результатов вычислений продемонстрировал, что только первые две формы собственных колебаний здания соответствуют формам колебаний, происходящим в плоскости рамы. Последую-щие формы колебаний обусловлены различиями в колебательных движениях каждой из четырех рам, а также прикрепленным к ним плит.

Выполненные расчеты показали, что плоские модели для анализа колебаний строительных кон-струкций целесообразно применять только при расчетах первых двух частот собственных колеба-ний. При колебаниях с более высокими частотами динамическая жесткость плит покрытий и пере-крытий оказывается сопоставимой с жесткостью рамного каркаса и оказывает весьма существенное

влияние на параметры колебаний здания в целом. Таким образом, для динамического анализа конструкций по третьей и более высоким формам собственных колебаний необходимо применение пространственных моделей, так как в этих случаях плоская расчетная схема не соответствует действительной работе сооружения.

Использование трехмерного моделирования строительных конструкций дает возможность оценить их реальную работу при действии динамических нагрузок, а также обеспечить отстройку конструкций от резонансов с помощью адаптирующих затяжек и, таким образом, решить задачу по созданию конструкций с повышенной долговечностью и надежностью.

УДК 624.021

## **ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТАБЕЛЬНОГО ИМУЩЕСТВА НЖМ-56 ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОЛЬШИХ И СРЕДНИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ**

*К. В. МАХАЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта*

На техническом прикрытии Белорусской железной дороги и войск транспортного обеспечения Республики Беларусь находится большое количество больших и внеклассных мостов, в том числе и через глубоководные реки Днепр, Сож, Западная Двина, Березина. Имеется целая система проектов сооружений обходов. Однако в своем подавляющем большинстве эти проекты устарели.

Анализируя последние военные конфликты, отечественные военные аналитики приходят к выводу, что вооруженное противостояние в случае возникновения военного конфликта на территории Республики не будет превышать нескольких месяцев. Исходя из этого сроки восстановления транспортных коммуникаций сократятся до 3–4 суток. Выполнение этих сроков при проведении работ по восстановлению больших и средних мостов будет возможным только при применении инвентарных мостовых конструкций, позволяющих проводить восстановление с темпом до 100 м в сутки.

В настоящее время на вооружении мостовых подразделений транспортных войск и восстановительных спецформирований Белорусской железной дороги находятся инвентарные конструкции РЭМ-500 (разборная эстакада металлическая) и НЖМ-56 (наплавной железнодорожный мост). Данные конструкции отвечают современным требованиям к срокам восстановления. Однако это имущество не отвечает требованиям по нагрузке, оказываемой современными локомотивами на конструкции мостов. Ввиду этого в настоящий момент возможно применение имущества НЖМ-56, только в виде железнодорожных паромных переправ либо с организацией перегрузочного района, на больших мостовых переходах, при использовании маневровых локомотивов легких типов. Это первая проблема, которая препятствует широкому внедрению использования НЖМ-56 при проектировании вариантов восстановления больших и средних мостов.

Вторая проблема заключается в сезонности использования НЖМ-56. Как показал опыт наводки данного моста в г. Верхнедвинск через реку Западная Двина, при понижении температуры до минус 5 °С поперечное закрепление моста не выдерживает нагрузки от течения реки уже через восемь часов.

Третья проблема заключается в уровне развития современных средств поражения. Все боеприпасы, используемые странами блока НАТО в последних конфликтах, доставлялись к объектам поражения при помощи современных средств. При применении высокоточного оружия по железнодорожным мостам их разрушение гарантировано с вероятностью от 0,6 до 0,89, даже с учетом противодействия противовоздушной обороны страны. А при повторном нанесении удара – от 0,57 до 0,8.

Пути решения этих проблем, на мой взгляд, заключается в следующем:

- 1 Провести изыскания в районах расположения всех больших и внеклассных мостов.
- 2 Рассмотреть возможность использования для их восстановления инвентарных конструкций.
- 3 Модернизировать имущество НЖМ-56. Провести мероприятия по увеличению степени непотопляемости понтонов и увеличению несущей способности конструкций моста.
- 4 Разработать более экономичные, чем существующие, мероприятия по эксплуатации НЖМ-56 в зимний период и межсезонье.