

УДК 621.875.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ НА ЭВМ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ И ИСПЫТАНИЯХ БОЛЬШЕПРОЛЕТНОГО МОСТОВОГО ГРЕЙФЕРНОГО ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯ

Макаров А.В.

*ООО «Проектный институт «Днепрпроектстальконструкция»,
г. Днепропетровск*

В настоящее время мостовые грейферные перегружатели (рис. 1) эксплуатируют в металлургической, химической, энергетической и других отраслях промышленности. В металлургической отрасли их используют в агломерационных цехах на рудных дворах для погрузки и выгрузки, а также для усреднения (обогащения) железной руды и других сыпучих материалов. В химической отрасли - на открытых складах коксующегося угля. В энергетической - на открытых складах угля для тепловых электростанций и т.п. На территории Украины насчитывалось до сотни таких мощных (с массой более 500 т) передвижных сооружений различных конструкций.



Рис. 1. Общий вид мостовых кранов-перегружателей на рудном дворе металлургического комбината

Большинство из кранов-перегружателей работает в весьма неблагоприятных условиях. Длительная остановка на ремонт такого крана может сорвать производственные планы большого комбината. Постоянная работа сооружения на открытых площадках в облаках пыли, при атмосферных осадках и других агрессивных средах создает на стальных конструкциях слои коррозии с пылевыми отложениями, а

многократность нагрузжений и сопутствующих им колебаний способствует развитию усталостных процессов с образованием трещин в сварных швах или в основном металле до полного разрушения элемента.

Существенное нагружение металлических конструкции кранов обусловлено динамическими нагрузками, определению которых в мостовых кранах с гибким подвесом груза посвящены работы Балашова В.П., Лобова Н.А., Казака С.А. и др., но все же остаётся много нерешенных вопросов.

Вопрос определения остаточного ресурса грузоподъемных кранов определяется сроком службы его несущих металлических конструкций. В ГОСТ 27584-88 «Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия» указывается, что для кранов установленных на открытом воздухе, для режимов 6К и 7К даётся срок службы 20 лет, но он может быть уменьшен на 25%, и составлять 15 лет. В украинском ДБН 1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия» срок службы мостового перегружателя увеличен до 25 лет.

По нормам [1] техническое обследование производится не реже раз в три года, а при истекшем сроком службы раз в год при отсутствии усталостных повреждений в несущих металлоконструкциях крана [2].

С целью предотвращения предаварийных и аварийных состояний несущих металлоконструкций крана (рис. 2),



Рис. 2. Обрушение моста перегружателя решетчатого типа

необходимо квалифицированно проводить технические обследования и выполнять обмерочные работы, разработку проектов усиления и ремонтов несущих металлоконструкций.

Конструкция одного из обследуемых кранов представляет собой двухконсольный мост пролетом 76,2 м с консолями длиной от 12,9 до 36,5 м и производительностью 600 т/час. Высота крана более 30 м. Общий вес крана более 800 т. Грейферная четырехкатковая тележка (с массой порядка 100 т) перемещается по мосту крана со скоростью 13,5 км/ч [3].

Необходимо проводить статические расчеты, и динамические, в результатах которых можно получить формы, частоты и амплитуды собственных и вынужденных колебаний (рис. 3). В дальнейшем динамические характеристики крана можно использовать, с уточнением натурными динамическими испытаниями, для создания динамических паспортов и мониторинга технического состояния основных несущих металлоконструкций мостовых перегружателей.

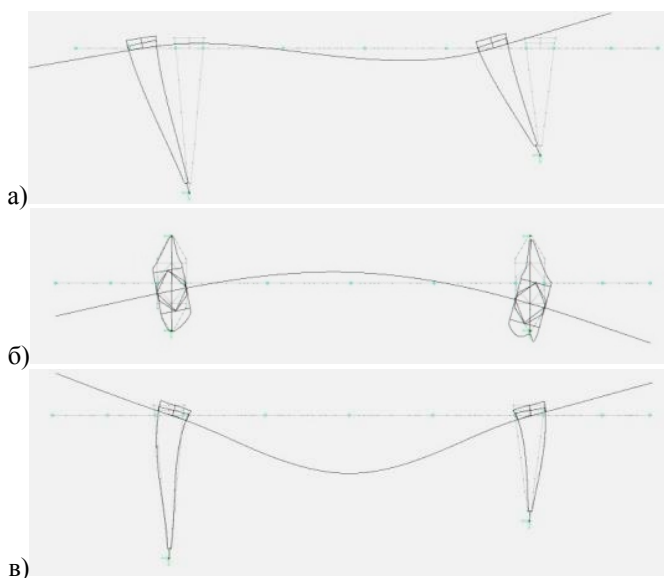


Рис. 3. Основные формы и частоты колебаний мостового перегружателя трубчатого типа (а – горизонтально-продольная форма - 0,6 Гц, б – горизонтально-поперечная форма (вид сверху) – 1,3 Гц, в – вертикальная изгибная 1,6 Гц)

В литературе изложены некоторые способы исследования линейных и нелинейных колебаний систем с большим (для линейных) и малым (для нелинейных) числом степеней свободы, в том числе, к сожалению, мало работ по сложным расчетам на подвижную нагрузку. Однако, на практике необходимо быстро численными методами делать расчеты систем с десятками динамических степеней свободы. Основные отечественные программные комплексы не позволяют исследовать нелинейное поведение сооружений во временной области с перемещениями масс системы, что особенно важно при расчетах на реальные подвижные нагрузки. В этих случаях целесообразно применять иные пути: составлять индивидуальную статико-динамическую модель (для нелинейных систем нельзя применять принцип суперпозиции и складывать полученные отдельно результаты статики и динамики), записывать дифференциальные уравнения движения и решать их во временной области при помощи, например, одной из систем компьютерной алгебры [4]. Такая методика реализована для крана в работе [5] с тестированием блоков по МКЭ.

Сложность в проведении динамических натурных испытаний с целью получения действительных динамических характеристик крана (форму, частоту, амплитуды вынужденных колебаний, а также вычисление логарифмического декремента для каждой формы колебаний) заключается в том, что в нормативных документах даются предельные значения параметров вынужденных колебаний конструкции, связанные с вредностью для организма человека и электрооборудования. Отсутствие указаний о способах проведения таких испытаний (в каких местах крана устанавливать датчики, как обеспечить режимы работы и т.п.). Перед испытаниями целесообразно провести динамические расчеты пространственных моделей крана.

Результаты динамических испытаний, проведенных по одной из схем (рис. 4), позволяют уточнить динамическую модель и диссипативные свойства всей системы. Эти данные необходимы как для параметров исходных данных динамических расчетов на ЭВМ, так и для контроля состояния конструкций путем периодической паспортизации и мониторинга.

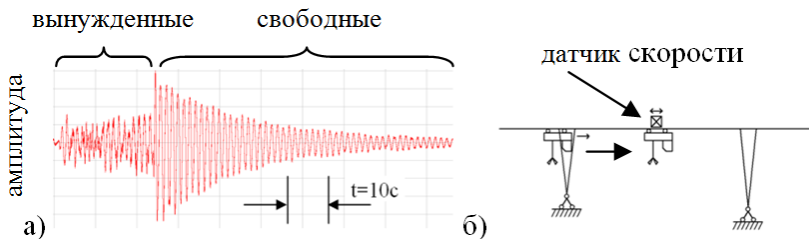


Рис. 4. Горизонтальные колебания моста крана по горизонтально-продольной форме (рис. 3.а), вызванные перемещением грейферной тележки от опоры с остановкой в середине пролета (а – запись виброграмм скоростей колебаний, б – схема движения грейферной тележки и место установки датчика)

Для уменьшения амплитуд колебаний крана, например, по низшей форме колебаний при движениях тележки, на 10-м Международном симпозиуме «Механика и физика разрушения строительных материалов и конструкций» в Ивано-Франковске 8-10 июля 2014 г. было предложено техническое решение установки динамического гасителя колебаний на верхнем поясе крана.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. НПАОП 0.00-1.01-07 Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів [Текст] Х.:Вид-во "Форт",2007. - 256 с. надано чинності 18.06.2007.
2. РД 10-112-5-97 Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы. Часть 5. Краны мостовые и козловые [Текст] М. :ВНИИПТМАШ, 1997. – 54 с. действителен с 31.12.1999.
3. Мостовые перегружатели [Текст] / [Беглов Б.В., Кох П.И., Онищенко В.И. и др.]. - М. : Машиностроение, 1974. - 224 с.
4. Дьяконов В. П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании [Текст] / Дьяконов В. П. – М. : СОЛОН-Пресс, 2006. – 720 с.
5. Макаров А.В. Сопоставление компьютерных технологий решения дифференциальных уравнений линейных колебаний статико-динамических моделей сооружений // «Вісник ПДАБА» № 10, 2008 р. - С. 37-42.