

УДК 539.3

С.А. Сидоров (6 курс, каф. МПУ, ФМФ), Ким Ен Чер (асп. каф. ПТСМ.)
К.П. Манжула, д.т.н., проф., А.И. Боровков, к.т.н., проф.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Безопасность топливно-транспортного процесса, выполняемого грузоподъемными кранами, перегрузочными машинами, манипуляторами, кантователями и транспортными платформами атомных электростанций (АС), должна обеспечиваться как при нормальных, так и максимальных аварийно-опасных эксплуатационных условиях, к которым относятся землетрясения и приравняемые к ним эффекты от ударов и взрывов.

В работе исследуется поведение мостового перегрузочного крана АС (характеристики приведены в таблице) во время прогнозируемого землетрясения.

Таблица

Грузоподъемность, т	Главный подъем	Вспомогательный подъем
	125	20
Скорость, м/мин	Тележка	Кран
	2,34...9,36	2,25...9
Колея крана, м	4,6	22
База, м.	3,55	5,7

Целью работы является проверка сейсмостойкости крана, а также анализ его динамического поведения в процессе землетрясения. По степени ответственности (в соответствии с нормами [2]) кран относится к первой категории сейсмостойкости. Расчетный анализ по рекомендациям [2] должен проводиться методом конечных элементов (МКЭ) с использованием стержневых моделей, что ограничивает возможность оценки локального напряженно-деформированного состояния (НДС) и проведения анализа сейсмостойкости с использованием возможных контактных взаимодействий между колесами тележки и рельсами.

Для детального анализа НДС конструкции крана разработана пространственная конечно-элементная (КЭ) модель, в которой были учтены все геометрические особенности исследуемого объекта. Первоначально разрабатывалась пространственная геометрическая модель крана в САД-системе SolidWorks, которая затем экспортировалась в систему КЭ анализа ANSYS 6.0, в которой строилась КЭ модель, приведенная на рис.1. КЭ модель содержит $NN=30775$ узлов, $NE_{3D}=8456$ пространственных элементов, $NE_{SH}=19576$ оболочечных элементов, $NE_{CBL}=1$ стержневых элементов типа "трос", имеющих нулевую жесткость на сжатие и заданную жесткость на растяжение.

Расчет проводился в два этапа. На первом этапе в системе ANSYS выполнен расчет НДС конструкции, нагруженной собственным весом. При расчете учтено контактное взаимодействие колес тележки с рельсами, а также наличие у колес реборд, ограничивающих взаимное перемещение колес и рельсов в направлении оси Z (рис. 1). Результаты этого расчета в качестве начальных условий переданы в систему КЭ анализа LS-DYNA, с помощью которой проведен динамический расчет сейсмостойкости конструкции.

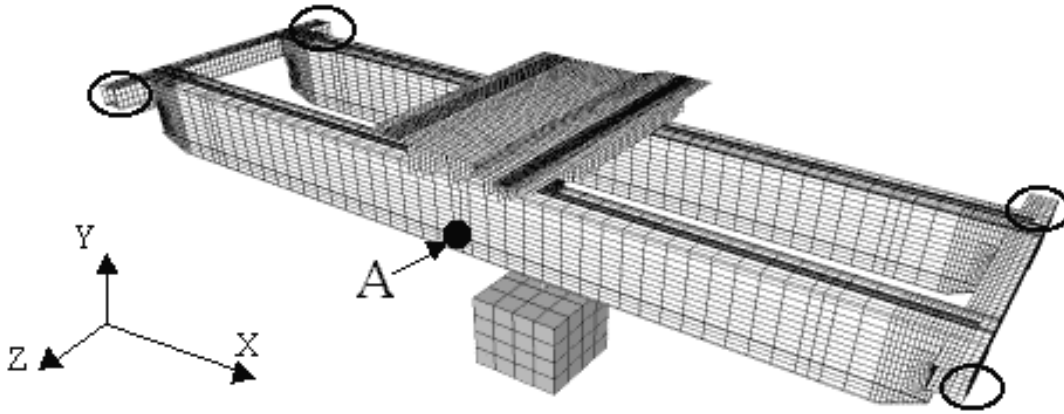


Рис.1. Расчетная схема крана

Сейсмическое нагружение передавалось через надбуксовые части, обведенные окружностями на рис.1, являющиеся также опорными узлами. Расчетные акселерограммы задавались на отметке установки крана блока ВВЭР-440 [1] и могут быть охарактеризованы как максимальное расчетное землетрясение (МРЗ). Задавались вертикальная и две горизонтальных компоненты вектора ускорения, представленные на рис. 2.

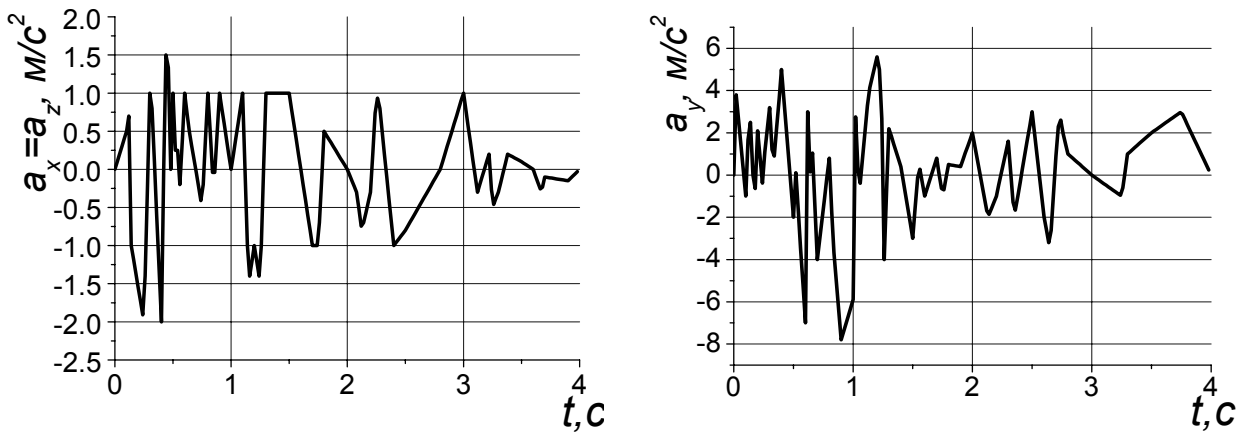


Рис.2. Вертикальная и горизонтальные компоненты вектора ускорения

Результаты расчетов показали, что колебания по вертикали происходят без отрыва колеса от рельса. Наибольшее взаимное смещение $\Delta X=0.08$ м колеса тележки по отношению к головке рельса по оси X наблюдается в момент времени 0.9 с. Относительные движения колеса и рельса вдоль оси Z ограничены ребордами (рис.3). Наибольшие номинальные напряжения в конструкции возникают в середине главной балки в месте стыка нижнего пояса со стенкой (точка “А” – см. рис.1). Из рис. 4, на котором представлены напряжения σ_x в точке “А”, видно, что они не превышают предела текучести ($\sigma_T=360$ МПа).

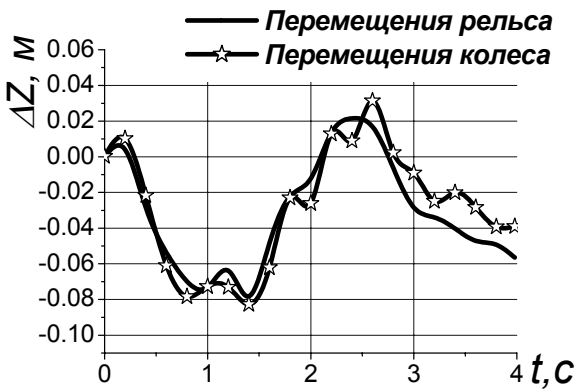


Рис.3. Относительные движения колеса и рельса вдоль оси Z

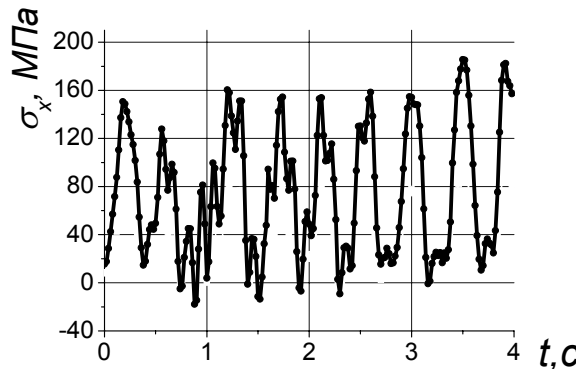


Рис.4. Напряжения σ_x

Проведенные исследования показывают, что при действии вертикального ускорения $a_y=0.6g$ грузовая тележка сохраняет свое положение по отношению к опорным рельсам, а, следовательно, нет необходимости в установке специальных противоопрокидывающих устройств, что согласуется с Нормами [2].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кириллов А.Н., Амбришвили Ю.К. Сейсмостойкость атомных электростанций. М.: Атомэнергоиздат.- 1985. – 184 с.
2. Нормы расчета пространственных металлоконструкций грузоподъемных кранов атомных станций на эксплуатационные и сейсмические воздействия РД 24.090.83-87: Методические указания. М.: Минтяжмаш.- 1987.- 267 с.