

## ПРЯМОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОУДАРЕНИЯ ВАГОНОВ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ DSMFEM

А. А. ОЛЬШЕВСКИЙ, С. В. ИНШАКОВА

Брянский государственный технический университет, Российская Федерация

На конференциях предыдущих годов мы уже докладывали о наших попытках решить задачу определения напряженно-деформированного состояния вагонов при маневровых соударениях прямым интегрированием уравнений движения конечно-элементных моделей вагонов и груза. Мы продолжаем эту работу и попытались учесть при моделировании нелинейные эффекты, возникающие в самом грузе и его связях с кузовом. Подобная проблема возникает при расчете креплений груза и моделировании аварийных ситуаций, вызванных смещением недостаточно закрепленного груза.

Для этого мы попытались моделировать соударение вагонов со штучным грузом (колесная и гусеничная техника, массивные тела, ящики и пр.). Правилами перевозки (ТУ) требуется закреплять груз на вагоне с помощью упоров, растяжек и пр., чтобы исключить возможность его смещения, крепления груза при этом рассчитывают, исходя из квазистатического подхода.

Нами рассмотрены несколько схем соударений. Среди них платформы с гусеничной техникой (бульдозер большой массы, имеющий собственное рессорное подвешивание) и массивный груз. Груз удерживается силами трения, растяжками (которые могут провисать и обрываться) и может скользить до удара в торцевую стену. Все эти схемы характеризуются изменением структуры модели в процессе удара.

Учет скольжения груза и удара в торцевую стену представляет достаточно сложную задачу. При малых ускорениях груз жестко связан с вагоном – перемещения узлов вагона и груза равны. При больших ускорениях он скользит по полу – известны силы трения, действующие на вагон и груз. Удар в стену приводит к появлению задачи контакта груза и вагона. При использовании для расчета метода конечных элементов (МКЭ) это приводит к необходимости иметь несколько разных конечноэлементных моделей, которые отличаются числом степеней свободы и последовательностью нумерации узлов. В процессе интегрирования необходимо контролировать множество параметров для определения условий наступления очередного предусмотренного события: начало скольжения груза, обрыв растяжки, удар в стену и пр. При выполнении этих условий приходится переходить к интегрированию новой модели и пересчитывать результирующие вектора перемещений и скоростей от одной последовательности к другой. Таких переходов может быть несколько, и их трудоемкость достаточно велика. Особенно это затрудняет решение при использовании метода Парка, где необходимо хранить несколько наборов векторов.

Расчеты вагона с бульдозером показали, что учет упругих элементов подвешивания бульдозера приводит к его заметному раскачиванию, что приводит к значительному изменению усилий в растяжках, вплоть до их полного провисания. Максимальные силы на растяжках значительно превышают рассчитанные по ТУ (рисунок 1).

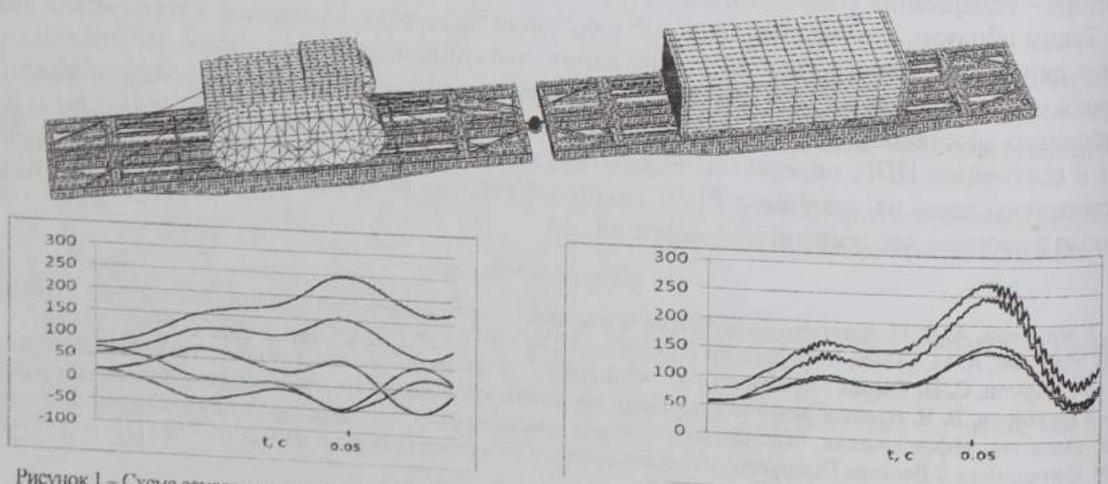


Рисунок 1 – Схема соударения платформы с бульдозером (вверху), зависимость изменения сил (кН) в растяжках (слева) и напряжений (МПа) в платформе (справа)

Расчеты соударения со скользящим грузом показали, что при соударении на силовой характеристике (рисунок 2) видны две области колебаний силы: первая означает конец скольжения груза и остановка его растяжками, вторая – в конце удара при максимальных силах и нулевых скоростях. Проскальзывание груза существенно изменяет параметры удара (ход аппарата, силу, длительность) и приводит к значительному увеличению количества ударных нагружений несущих элементов. Значения напряжений при прямом динамическом расчете оказались выше, чем при нормативном квазистатическом.

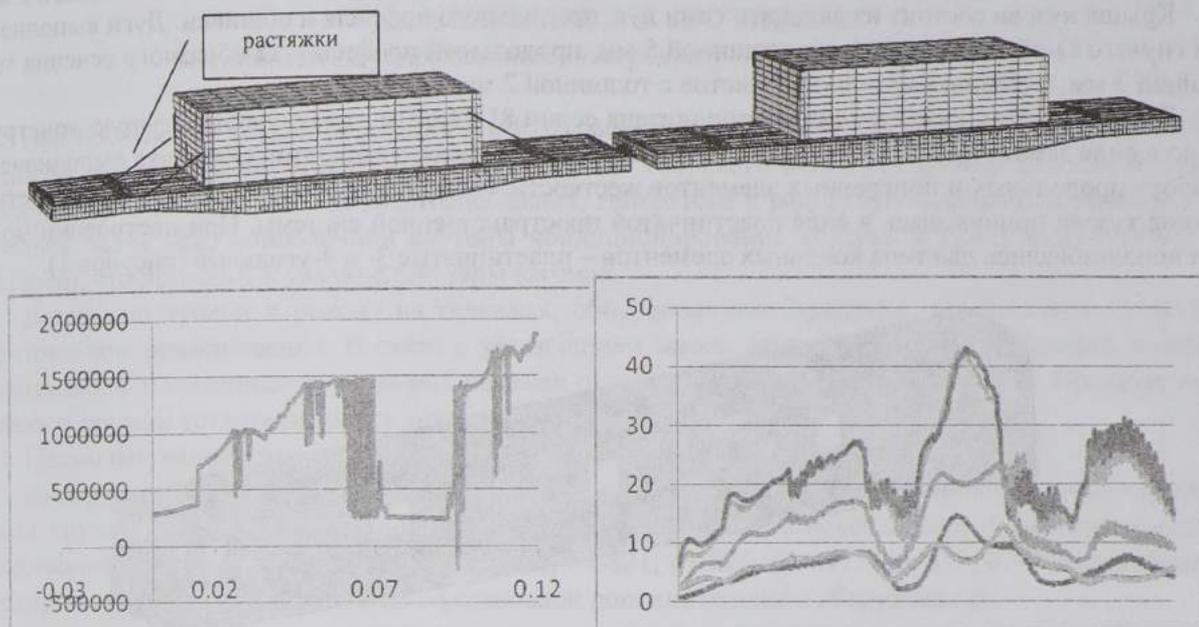


Рисунок 2 – Модель соударения со скользящим грузом (вверху) и результаты расчета: сила (Н) на аппарате (слева), напряжения (МПа) в точках хребтовой балки (справа)

УДК 629.463.2

## ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОЙ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ КУЗОВОВ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА СЕРИИ 81-717/714

А. В. ПИГУНОВ, П. М. АФАНАСЬКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Вагон метрополитена имеет цельнометаллическую конструкцию с восьмью раздвижными двухстворчатыми дверями. Рама кузова состоит из двух хребтовых балок (расположенных в консольных частях вагона), двух боковых, двух концевых, двух шкворневых, тринадцати поперечных и восьми продольных балок. Хребтовая балка сварена из двух швеллеров № 18. Боковые балки выполнены из швеллеров № 18. Концевые балки – сварные, гнутые П-образного сечения и сварены из швеллера и листов толщиной 5 мм. Шкворневые балки также сварные коробчатого сечения. Каждая состоит из двух вертикальных листов толщиной 8 мм, в которых предусмотрены отверстия, верхнего и нижнего горизонтальных листов толщиной 8 мм. Поперечные балки изготовлены из гнутого П-образного профиля толщиной 6 мм, в них предусмотрены отверстия.

Боковая стена имеет каркас и обшивку. Каркас стены включает в себя верхнюю обвязку, восемнадцать стоек, четыре подоконные полустойки и над- и подоконные горизонтальные элементы. Верхняя обвязка выполнена из гнутого профиля, стойки оконные – Z-образного сечения толщиной 3 мм, стойки дверные – Ω-образного сечения толщиной 3 мм, подоконные полустойки и над- и подоконные горизонтальные элементы – Z-образного сечения толщиной 3 мм. Обшивка стен изготовлена из листов толщиной 2 мм.

Торцевая стена состоит из каркаса и металлической обшивки, каркас торцевой стены промежуточного вагона – из четырех вертикальных стоек и двух горизонтальных усиливающих поясов. Бо-