

риятных колёс); «холодной» разборки, где для распрессовки упомянутых выше колёс используется только механический пресс.

Анализ перечисленных способов разборки соединений с натягом колёс подшипников с шейками осей показывает, что в первом случае энергоёмкость процесса снижается на 30–40 % по сравнению с используемым процессом с использованием индукторов, работающих на промышленной частоте электротока. Кроме того повышается производительность процесса разборки, облегчаются условия труда за счёт снижения веса. Но всё же энергоёмкость процесса остаётся достаточно высокой. Во втором случае детали соединений после расформирования сопряжения с натягом зачастую приходят в полную негодность или требуют дополнительной механической обработки. Более целесообразной для разборки соединений с натягом колёс подшипников и цельнокатаных колёс с осями колёсных пар вагонов является гидропрессовая технология с торцовой подачей масла высокого давления в зону контакта сопряжённых деталей. Данная технология обеспечивает: возможность монтажа-демонтажа соединений без механических повреждений контактирующих поверхностей в виде задиrow, рисок; снижение необходимого аксиального усилия относительного сдвига сопряжённых деталей; возможность исключения прессового оборудования большой мощности и реализации новой безрамной технологии механосборочных процессов. Всё перечисленное выше позволяет относить гидропрессовые соединения к категории легкоразъёмных, использовать вместо крупногабаритных прессов большой мощности гидрофицированные устройства (модули), базирующиеся на объектах сборки-демонтажа соединений с гарантированным натягом.

В ОНИЛ «ТТОРЕПС» БелГУТа разработаны гидрофицированные устройства для демонтажа колёс буксовых подшипников роликовых колёсных пар, новизна и полезность которых подтверждается патентами на изобретения и полезные модели (BY 7609 C1 и др.)

Для гидропрессовой разборки механических напрессовок цельнокатаных колёс на оси колёсных пар вагонов, позволяющей реализовать расклинивающий эффект масляной прослойки между контактирующими поверхностями сопряжённых деталей при их относительном сдвиге на существующем прессовом оборудовании колёсных цехов и участков производственных предприятий железнодорожного транспорта и вагоностроения, разработаны навесные малогабаритные устройства технологической оснастки механосборочного производства, защищённые патентами и авторскими свидетельствами на изобретения.

Разработанное новое автономное гидрофицированное устройство для разборки прессовых соединений колёсных пар. Необходимость такого устройств обусловлена массовым выходом из строя колёсных пар грузовых вагонов на Белорусской железной дороге по состоянию обода цельнокатаного колеса (толщина обода), оговоренному инструкцией ЦВ/3429, и недостатком имеющихся производственных мощностей для расформирования неисправных колёсных пар для сохранения старогонных осей. Отмеченное выше обуславливает трудности складирования неисправных колёсных пар, а также не даёт возможности использования имеющихся исправных осей для ремонта колёсных пар со сменой цельнокатаных колёс.

УДК 631.3.06:531.39

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С НАВЕСНОЙ ЁМКОСТЬЮ ДЛЯ ЖИДКОСТИ

А. О. ШИМАНОВСКИЙ, М. А. БОЙКАЧЁВ, М. Г. КУЗНЕЦОВА
Белорусский государственный университет транспорта

При выполнении некоторых технологических операций возникает необходимость транспортировки жидкостей в навесных емкостях. Например, предполагается создание комбинированного сельскохозяйственного агрегата, позволяющего одновременно вносить жидкие минеральные удобрения, обрабатывать почву и осуществлять посев. При эксплуатации любого транспортного средства должна быть обеспечена не только его прочность, но и продольная, и поперечная устойчивость при прямолинейном движении и в повороте. Однако динамические свойства машины с навесной емкостью для жидкости неизвестны, что связано с относительным перемещением транспортируемого груза внутри емкости. В представленной работе поставлена задача по созданию моделей для анализа динамики прямолинейного движения транспортного средства с емкостью для жидкого груза.

Рассмотрен случай равномерного прямолинейного движения центра масс агрегата относительно неподвижной плоскости. При этом предполагается, что движение плоскости xOy , связанной с центром масс транспортного средства, соответствует невозмущенному поступательному движению агрегата; поворот же плоскости рамы относительно плоскости xOy представляет собою возмущение основного движения. При разработке математической модели принимались во внимание движущие силы ведущих колёс, силы сопротивления перекачиванию ведомых колёс, поперечные силы и стабилизирующие моменты, возникающие при уводе колёс, силы сопротивления движению.

Учет относительного перемещения жидкости в резервуаре выполнен с помощью модели, в которой жидкость заменяется эквивалентным твердым телом и сила взаимодействия жидкости с емкостью прямо пропорциональна относительному перемещению тела. Из анализа зависимости массы эквивалентного груза от уровня заполнения резервуара установлено, что для рассматриваемой емкости масса эквивалентного твердого груза, соответствующего второй частоте колебаний жидкости, на порядок меньше, чем первой. Следовательно ее учет не будет оказывать существенного влияния на движение системы. Поэтому учитывалась подвижность только той части массы жидкости, которая соответствует движению с первой частотой собственных колебаний.

Таким образом, в математическую модель наряду с дифференциальными уравнениями движения транспортного средства вошло уравнение колебаний центра масс жидкости, причем в качестве переносного движения принято перемещение этой точки вместе с агрегатом, в качестве относительного — колебания жидкости относительно емкости.

Для того чтобы невозмущенное движение агрегата было асимптотически устойчивым, необходимо и достаточно, чтобы все корни характеристического уравнения имели отрицательные вещественные части. Если среди корней этого уравнения имеется хотя бы один с положительной вещественной частью, то невозмущенное движение неустойчиво. С учетом этого получены выражения, позволяющие установить диапазон изменения параметров конструкции, при котором обеспечивается устойчивость прямолинейного движения машины с навесной емкостью для жидкости.

Кроме того разработана компьютерная модель рассматриваемого транспортного средства в среде инженерного пакета ADAMS. С ее помощью выполнено исследование переезда автомобиля с навесной емкостью через одиночную неровность. Для моделирования жидкости использована дискретно-массовая модель. В качестве исходных данных для этого исследования принято: масса транспортного средства — 8 т, масса емкости для жидкости — 100 кг, масса транспортируемой жидкости — 650 кг. Предполагалось, что к ведущим колесам с радиусом 70 см приложены вращающие моменты 10 кН·м.

Выполнено исследование зависимости амплитуд относительных скорости и ускорения центра масс жидкости в зависимости от высоты переезжаемой неровности, имеющей форму волны синусоиды. Результаты расчетов, выполненных как с учетом рессорного подвешивания на ведомых колесах, так и без него, показали, что при высотах неровностей, не превышающих 3 см, амплитуды скоростей и ускорений рассматриваемой точки малы. При увеличении высоты неровностей до 5 см наблюдается существенный рост скоростей и ускорений. Расчеты показали, что при высотах неровностей от 5 до 11 см исследуемые параметры изменяются незначительно, причем постановка рессор позволяет существенно снизить амплитуду колебаний на 30 % и более. И, наконец, при дальнейшем повышении высоты неровностей наблюдается значительный рост ускорения, обусловленный ударом о неровность. Максимальная высота переезжаемой неровности оказалась равной 15 см.

Таким образом, в результате выполнения работы разработаны аналитическая и компьютерная модели движения транспортного средства с навесной емкостью для жидкости. Особенностью разработанных моделей является учет относительного перемещения жидкого груза с помощью дискретно-массовых аналогов. Получены выражения, позволяющие установить диапазон изменения параметров конструкции, при котором обеспечивается устойчивость прямолинейного движения сельскохозяйственной машины. Кроме того выполненное компьютерное моделирование переезда транспортного средства через неровность продемонстрировало возможность оптимизации параметров рессорного подвешивания транспортного средства, исходя из особенностей транспортировки жидких грузов.

Полученные результаты могут быть использованы при доработке конструкции навесного оборудования и разработке технических условий эксплуатации универсального энергетического средства с агрегатом, содержащим жидкость.

Работа выполнена в рамках Государственной программы комплексных научных исследований "Механика", задание "Механика 2.46".

УДК 531.43/46+539.388.1+539.43+625.03

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ТРЕНИЯ В СИЛОВЫХ СИСТЕМАХ

С. С. ЩЕРБАКОВ

Белорусский государственный университет

В. В. КОМИССАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Разработан деформационный подход к теоретическому анализу трения в силовой системе, который привлекает во внимание объединенное действие нормальных p и касательных q контактных усилий на площадке контакта S , обусловленное и контактной, и изгибной нагрузками. Далее находим суммарные в области кон-