

УДК 347.763 (656.135)

КАЛИНИН А.В., ст. преподаватель  
Донецкая академия автомобильного транспорта

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВНУТРИ КУЗОВНОЙ ЧАСТИ АВТОМОБИЛЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУЗА ВО ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

*С целью изучения вопроса повышения качества транспортных услуг проведен анализ факторов, влияющих на физико-химические свойства грузов во время транспортировки автомобильным транспортом.*

**Ключевые слова:** вибрация, колебания, транспортировка, груз, автомобиль, нагрузка, жесткость, свойства физико-химические, подвеска, дорога.

### Постановка проблемы

В настоящее время объективные условия экономического развития предъявляют повышенные требования к эффективности управления процессом перевозки товаров по логистической цепи и одновременно к минимизации транспортных затрат [1]. Необходимо отметить, что качество транспортного обслуживания характеризуется не только экономичностью доставки, но и сохранностью товара как в технологическом процессе транспортировки, так и в момент передачи груза от перевозчика к конечному потребителю. Эффективность функционирования потребителей транспортных услуг зависит как от величины тарифа на доставку, так и от таких аспектов качества доставки, как своевременность, сохранность и др. На практике при выборе варианта доставки грузоотправители и грузополучатели часто учитывают лишь основную часть расходов, связанных с доставкой, – транспортные издержки. Остальные расходы, обусловленные недостаточным уровнем качества доставки, учитываются обычно как издержки основного производства.

В современных условиях особое значение приобретает критерий надежности доставки. Как известно, любая логистическая система характеризуется той или иной степенью надежности. При обеспечении требуемого уровня надежности функционирования системы доставки грузополучатели смогут планировать поставки в оптимальных объемах, определять точные размеры страховых запасов. Отсюда вытекает актуальность решения задачи точного определения надежности функционирования системы доставки.

### Анализ последних исследований и публикаций

Наиболее важными с точки зрения вклада в изучение явлений, связанных с динамическими процессами, протекающими в транспортной системе за счет работы подвески, являются труды А.А. Хачатурова, А.А. Силаева, В.П. Тарасика, В.Б. Проскурякова, М.С. Высоцкого, Р.В. Ротенберга, Н.Н. Яценко, В.В. Новикова, Rakheja S., Balike K.P., Lohman B., Chen W., Kim W., Kang J. и многих других.

В результате многочисленных проведенных исследований вышеперечисленными авторами были выявлены динамические процессы, протекающие в транспортной системе за счет работы подвески, но исследования влияния колебательного процесса во время транспортировки на физико-химическое состояние груза не проводились.

## Цель исследования

Выявить основные факторы влияния на сохранность груза и выделить составляющие колебательного процесса во время транспортировки.

## Основной раздел

Уровень сохранности по количеству и качеству может быть выражен через процент грузов, потерянных при доставке, от общего количества доставленных грузов. Аналогичным образом используется показатель процента грузов, испорченных при доставке, от общего количества доставленных грузов для определения уровня сохранности по качеству. В зависимости от ценности грузов устанавливаются нормативы их потери (чем дороже грузы, тем ниже допустимый процент их потери). Обычно процент потери не должен превышать 1% [2, 4].

Во время перевозки в кузове грузового автомобиля грузы подвергаются воздействию следующих сил:

- а) собственного веса перевозимого товара (штучные грузы в несколько рядов или укрупненные в грузовую единицу);
- б) трения, возникающие между грузом и полом кузова или подстилочным материалом, а также между грузами (укладка в ряд и елочным способом);
- в) инерции, возникающие при движении автомобиля по неровным (некачественным) участкам дороги;
- г) резкие торможения и ускорения;
- д) перепады движения из резкого подъема в спуск и наоборот.

Автомобиль передвигается по различным типам дорог, которые, как известно, являются основным источником возмущений и вибраций, отрицательно сказывающихся как на автомобиле в целом, так и на перевозимых грузах в частности. Достаточно точно оценить столь большое количество воздействий практически невозможно, так как состояние дорожной поверхности зависит не только от местности, но и от интенсивности движения автомобилей и частоты и качества дорожно-ремонтных работ. Но, тем не менее, для оценки и анализа эксплуатационных свойств автотранспортного средства используют упрощенную классификацию типов дорожной поверхности [4-6].

Основными факторами, влияющими на вибрационную нагруженность грузового автотранспортного средства, являются условия эксплуатации: транспортные, дорожные и климатические. Основными причинами возникновения колебаний автомобиля являются дорожные неровности. На дорогах с асфальтобетонным покрытием неровности имеют различные размеры и очертания. Они бывают двух видов: неровности высотой 3...5 мм и длиной 8...10 мм, называемые микронеровностями, а также высотой 10...12 мм и длиной 5...8 м, называемые волнами [5].

Колебания автомобиля, вызванные дорожными неровностями, оказывают существенное влияние на плавность хода и, следовательно, на состояние водителя, сохранность груза и самого автомобиля. Так, например, при длительном воздействии колебаний некоторые виды грузов деформируются или портятся. При этом значительное влияние на них оказывают скорость и ускорение колебаний.

С увеличением скорости колебаний плавность хода автомобиля ухудшается.

Ниже приведена характеристика колебаний в зависимости от их скорости [4-8], м/с:

Неощутимые колебания	0,035
Едва ощутимые колебания	0,035...0,1
Вполне ощутимые колебания	0,1...0,2
Сильно ощутимые колебания	0,2...0,3
Неприятные и очень неприятные колебания	0,3...0,4

Воздействие ускорений на сам товар и водителя в значительной степени зависит от частоты колебаний.

Во время движения в различных скоростных режимах кузов автомобиля испытывает сложные колебательные движения. Эти колебания возбуждаются динамическими усилиями и обуславливаются неровностями пути, наличием выбоин, а также наличием неровностей на этой поверхности, непостоянством физических свойств материалов дорожного покрытия, типом рессорного подвешивания, изменением скорости автомобиля и другими [6].

Рессорное подвешивание и гасители колебаний, применяемые в автомобилях, уменьшают влияние динамических усилий и обеспечивают более плавное движение автомобиля. Однако действие этих усилий (вертикальных, поперечных и продольных) настолько существенно, что обрессоренные массы автомобиля приходят в колебательное состояние.

Можно выделить следующие вибрационно-колебательные процессы внутри кузова автомобиля в процессе транспортировки груза [5-7]:

- подпрыгивание – обрессоренные части автомобиля перемещаются вверх и вниз параллельно первоначальному положению – возникает под действием вертикальных динамических сил, вызывающих одинаковые ускорения по концам кузова.

- продольная качка – обрессоренные части автомобиля совершают вращательное движение относительно оси  $y-y$  на некоторый угол  $\pm\theta$  – возникает от ударов колес при наличии выбоин (значительные повреждения дорожного полотна) или от неуравновешенности кузова. Продольная качка кузова автомобиля обычно возникает одновременно с подпрыгиванием.

- колебания поперечного отбоя – кузов и ходовая часть автомобиля перемещаются вдоль оси  $y-y$ . Этот вид колебаний возникает совместно с колебаниями боковой качки под действием горизонтальных боковых сил, параллельных оси.

- виляние, когда кузов вращается вокруг вертикальной оси на некоторый угол  $\pm\psi$ , вызывается коничностью поверхности колес, неправильной установкой колесных пар, неодинаковой величиной диаметра колес, извилистостью пути.

- подергивание – перемещение автомобиля вдоль оси  $x-x$ . Оно появляется при трогании автомобиля с места, торможении вследствие неуравновешенности поступательно движущихся масс автомобиля.

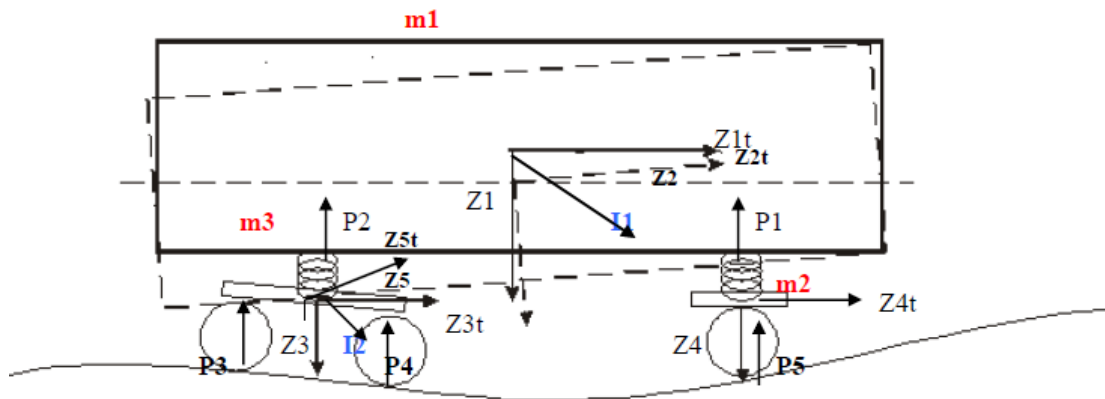
Названные выше колебательные процессы могут проявляться отдельно и совместно с другими видами, поэтому автомобиль совершает сложное движение. Зная причины появления колебаний и их характер, можно определить условия устойчивого и безопасного движения автомобиля, тем самым обеспечить максимальную сохранность груза. К динамическим характеристикам автомобиля относятся периоды различных видов колебаний, коэффициенты динамики и критические скорости. В динамике автомобилей различают собственные колебания, которые происходят от начального толчка без воздействия в дальнейшем на надрессорное строение каких-либо внешних сил, и вынужденные колебания, возникающие под влиянием периодически меняющейся силы, которую обычно называют возмущающей.

Частота собственных колебаний зависит от массы надрессорных частей кузова и жесткости рессорного подвешивания. Частота вынужденных колебаний равна частоте изменений возмущающей силы [9-10].

Механическими колебаниями, возникающими во время движения автомобиля, называют движения тела, повторяющиеся точно или приблизительно через одинаковые промежутки времени. Основными характеристиками механических колебаний являются: смещение, амплитуда, частота, период [10-12].

Отметим, что грузовой автомобиль – сложная механическая система, состоящая из взаимодействующих элементов и подверженная комплексу внешних воздействий, предназначенная

для перемещения грузов по дорогам с твердым и булыжным покрытием в сухое время года (Рис. 1).



**Рис.1. Расчетная схема автомобиля для анализа вертикальных сил взаимодействия между колесами и дорожным полотном во время движения грузового автомобиля.**

$m1$  – масса кузова вагона;  $m2$  – масса упругоподвешенной части тележки;  $I1$  – момент инерции кузова относительно поперечной горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести кузова;  $I2$  – момент инерции упругоподвешенной части тележки относительно поперечной горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести этой части тележки;  $c1$  – жесткость центральной ступени упругого подвешивания тележки в вертикальном направлении;  $k1$  – вязкое трение центральной ступени упругого подвешивания тележки в вертикальном направлении;  $l1$  – половина базы вагона;  $l2$  – половина базы тележки.

Корпус имеет две степени свободы: ( $Z1$ ,  $Z1t$ ) – аппликата центра масс и скорость колебаний подпрыгивания; ( $Z2$ ,  $Z2t$ ) – угол продольной качки и скорость колебаний продольной качки. На корпус со стороны упругих элементов центральной ступени подвешивания действуют силы  $P1$ ,  $P2$ . Первая тележка имеет одну степень свободы: ( $Z4$ ,  $Z4t$ ) – аппликата центра масс и скорость колебаний подпрыгивания. На «сведенное» колесо первой тележки действует реактивный отпор рельса (полотна)  $P5$ , рельсовый путь имеет постоянную жесткость и демпфирующие свойства (приведены ниже). Вторая тележка имеет две степени свободы: ( $Z3$ ,  $Z3t$ ) – аппликата центра масс и скорость колебаний подпрыгивания; ( $Z5$ ,  $Z5t$ ) – угол продольной качки и скорость колебаний продольной качки. На первое колесо второй тележки действует реактивный отпор рельса  $P4$ , на второе колесо –  $P3$ .

Дополнительно вводятся зависимости, определяющие динамический прогиб рельсовой нити (полотна) и скорость прогиба под колесами первой и второй тележек при подходе к мостовому переходу  $Z1(t)$ ,  $Z1t(t)$ ,  $Z2(t)$ ,  $Z2t(t)$ ,  $Z3(t)$ ,  $Z3t(t)$ . Скорость движения экипажа постоянная  $VV$ .

Связанные колебания элементов грузового автомобиля и пути возможно описать линейной системой дифференциальных уравнений 16-го порядка, а численное интегрирование системы методом Рунге-Кутты может дать искомые зависимости сил реактивного отпора дорожного покрытия как функции времени.

## Выводы

Таким образом, зная основополагающие факторы влияния колебательных процессов на структурное состояние груза во время транспортного процесса, очень важно разработать способы, позволяющие на стадии проектирования определить наиболее оптимальные, с точки зрения минимума вибрационных нагрузок, маршруты движения автомобиля при движении по различным типам дорог и с различной скоростью. Причем необходимо учесть влияние не только величины жесткости и демпфирования подвески, но и структуру груза, объемы разовой партии,

вид упаковки, уровень загрузки, класс груза, способ крепления и состояние дорожного покрытия. В дальнейшем планируется определить экспериментальным путем максимальную величину амплитуды колебания разрушительного действия для различных видов груза во время транспортировки груза в различных условиях, в том числе и дальности перевозок. Все это позволит выявить экономическую целесообразность транспортного планирования, позволяющую обеспечить максимальную сохранность груза.

### Список литературы

1. Транспортная логистика: Учебник для транспортных вузов. / Под общей редакцией Л.Б. Миротина. – М.: Издательство «Экзамен», 2003. – 512 с.
2. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. – Киев: Вища школа, 1986. – 447 с.
3. Автомобильные перевозки. Афанасьев Л.Л. и др. – М.: Изд-во «Транспорт», 1973. – 320 с.
4. Квитко Х.Д. Эффективность использования грузовых автомобилей. – М.: Транспорт, 1979. – 175с.
5. Алексеев С.П., Казаков А.М., Колотилев Н.Н. Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении / С.П. Алексеев. – М.: Машиностроение, 1970. – 206 с.
6. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний / А.А. Андронов. – М.: Наука, 1981. – 568 с.
7. Афанасьев, В.Л. Методические указания к изучению случайных колебаний автомобиля / В.Л. Афанасьев. – М.: МАДИ, 1984. – 90 с.
8. Бабаков, И.М. Теория колебаний / И.М. Бабаков. – М.: Наука, 1968. – 554 с.
9. Бабков, В.Ф. и др. Автомобильные дороги / В.Ф. Бабков. – М.: Автотрансиздат, 1953.
10. Марков С.В., Лата В.Н., Еремина И.В. Математическая модель автомобиля для исследования его движения по неровной дороге / С.В. Марков // Третья всероссийская научно-техническая конференция «Современные тенденции развития автостроения в России». – Тольятти. – 2003. – С.133-136.
11. Пархилковский И.Г. Спектральная плотность распределения неровностей микропрофиля дорог и колебания автомобиля / И.Г. Пархилковский // Автомобильная промышленность. – 1961. – № 10.
12. Тихонов, А.А. Исследования вертикальных колебаний колес автомобиля в дорожных условиях // Автомобильная промышленность. – 1957. – № 5. – 16-21.

**Калінін А.В. Аналіз впливу вібраційних процесів всередині кузовної частини автомобіля на фізичні властивості вантажу під час руху з метою підвищення якості транспортних послуг**

***Анотація.** З метою вивчення питань щодо підвищення якості транспортних послуг проведено аналіз факторів, що впливають на фізико-хімічні властивості вантажів під час транспортування автомобільним транспортом.*

***Ключові слова:** вібрація, коливання, транспортування, вантаж, автомобіль, навантаження, жорсткість, властивості фізико-хімічні, підвіска, дорога.*

**Kalinin A.V. Analysis of the influence of vibration processes inside the body of the car on the physical properties of the cargo during movement, with the aim of improving the quality of transport services**

***Abstract.** With the aim of exploring questions about improving the quality of transport services, the analysis of factors influencing the physico-chemical properties of cargoes during transportation by road.*

***Keywords:** vibration, oscillation, transport, cargo, car, load, stiffness, vibrations, properties, physicochemical, suspension, road.*

Стаття надійшла до редакції 07.11.2015 р.