

УДК 625.731.8:534.1

**Осиновская В.А.** – кандидат технических наук, доцентE-mail: [onika44@mail.ru](mailto:onika44@mail.ru)**Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет**

**ОБОСНОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ РАСЧЕТНОЙ СКОРОСТИ  
ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД  
С УЧЕТОМ ИХ ВИБРАЦИОННОГО НАГРУЖЕНИЯ**

**АННОТАЦИЯ**

Статья посвящена обоснованию величины расчетной скорости движения расчетного автомобиля при конструировании нежестких дорожных одежд. Анализ проведенных автором теоретических исследований позволил рекомендовать расчетные скорости движения в зависимости от осности расчетного автомобиля.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** скорость, расчет, вибрация, нагрузка, прогиб.**Osinovskay V.A.** – candidate of technical sciences, associate professor**Moscow Automobile and Road Construction State Technical University**

**SUBSTANTIATION OF SIZE OF SETTLEMENT SPEED OF CARS AT DESIGNING  
OF FLEXIBLE PAVEMENT TAKING INTO ACCOUNT THEIR VIBRATING LOADING**

**ABSTRACT**

Article is devoted to a substantiation of size of settlement speed of movement of the settlement car at designing of flexible pavement. The analysis of the theoretical researches spent by the author has allowed to recommend settlement speeds of movement depending on axles the settlement car.

**KEYWORDS:** speed, calculation, vibration, of loading, deflection.

Несмотря на технические достижения в области проектирования и строительства дорожных одежд и внедрения современных дорожно-строительных материалов, недостаточная долговечность нежестких дорожных одежд до сих пор является одной из самых актуальных проблем дорожной отрасли не только в РФ, но и за рубежом. Причем в значительной степени это относится к нежестким дорожным одеждам, так как они составляют в РФ около 98 % всех дорог с твердым покрытием. Фактические межремонтные сроки службы дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями значительно ниже нормативных, что приводит к ежегодному увеличению объемов ремонтных работ и к дополнительным финансовым вложениям в дорожную отрасль.

Научные исследования, посвященные изучению поведения нежестких дорожных одежд в условиях реальной эксплуатации, позволили выявить один из важнейших факторов, который вызывает их преждевременное разрушение. Этим фактором является вибрационное нагружение дорожных конструкций. Многочисленные натурные исследования колебаний дорожных одежд, проводимые учеными научных школ СибАДИ, РГСУ, МАДИ и др., подтверждают наличие вибрационного нагружения. Однако до сих пор ведутся дискуссии о необходимости учета колебательных процессов при расчете суммарного количества нагружений нежестких дорожных одежд за срок службы.

В результате вибрационного нагружения дорожной конструкции формируются динамические прогибы, которые являются дополнительными к прогибам, возникающим под колесами движущихся автомобилей. Эти динамические прогибы по величине сопоставимы с прогибами от воздействия автомобильного транспорта на некотором временном диапазоне функционирования вибрационного процесса.

Представленные в работах [3, 4, 5] материалы статистических, теоретических и экспериментальных исследований показывают, что в общий комплекс причин повреждения и преждевременного разрушения дорожных конструкций следует включить также и наличие вибрационного воздействия. При определенных условиях вибрационное нагружение может стать основной причиной быстрого разрушения дорожных покрытий в эксплуатации.

Например, при наличии дефектов на покрытии увеличивается не только динамическая нагрузка со стороны движущихся автомобилей, но и повышается уровень собственных колебаний слоев дорожной конструкции, приводящий к резкому росту вибрационных прогибов.

В настоящее время при проектировании жестких дорожных одежд, в соответствии с действующими отраслевыми дорожными нормами ОДН 218.046-01[1], вибрационное нагружение не учитывается.

При конструкции дорожных конструкций жесткого типа назначается число дорожных слоев, выбирается материал этих слоев, проводится расчет величины нагружения от автомобильного транспорта и проверочные расчеты на прочность по трем критериям. Динамический характер нагружения от автомобильного транспорта учитывается путем введения коэффициента динамичности, равного 1,3, что эквивалентно увеличению статической нагрузки от расчетного автомобиля на 30 %. При этом в методике конструирования жестких дорожных одежд отсутствует учет скоростного режима движения автомобильного транспорта.

При учете дополнительного вибрационного нагружения жестких дорожных, в рамках действующих отраслевых дорожных норм на проектирование, необходимо дополнительно нормировать следующие параметры расчетного автомобиля:

- ✓ скорость его движения;
- ✓ массу неподдресоренных частей;
- ✓ амплитуду динамической неровности на поверхности покрытия.

Кроме того, актуальным становится вопрос выбора расчетного автомобиля с учетом его осности.

В условиях современного грузооборота значительно возросла доля многоосных грузовых автомобилей в транспортных потоках. Очевидно, что эта тенденция сохранится и в будущем. Количество осей, колесные базы и скоростные режимы движения этих автомобилей существенно влияют на уровень вибрационного нагружения дорожных конструкций и формирование амплитудно-частотного спектра динамических вибрационных прогибов.

Эксплуатация таких автомобилей выявила их повышенную разрушительную способность. Попытки объяснить это явление повышенными нагрузками, приходящимися на отдельные оси этих автомобилей, или наличие на автомобильных дорогах РФ участков, спроектированных под нагрузку 6 тс, малоубедительны. Во-первых, конструкции многоосных автомобилей известных западных фирм предусматривают установку дополнительных осей при возрастании загрузки автомобиля и установку сдвоенных осей в прицепах, что исключает возможность перегрузки отдельных осей. Во-вторых, ускоренное разрушение дорожных покрытий при эксплуатации многоосных грузовых автомобилей происходит не только в РФ, но и во всех ведущих странах мира, где дорожные одежды имеют достаточно высокие прочностные показатели. В то же время теоретические исследования показывают, что при прочих равных условиях при движении многоосных автомобилей динамические колебательные прогибы возрастают почти вдвое по сравнению с этими же показателями для двухосных грузовых автомобилей.

Характер и уровень воздействия на дорожную конструкцию со стороны движущегося автомобильного транспорта зависит в значительной мере от его скоростного режима. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что давление на дорожную одежду со стороны движущихся автомобилей увеличивается пропорционально с ростом скорости движения примерно до скорости 80 км/ч, а затем остается практически неизменным [2]. Следовательно, на этой основе можно было бы рекомендовать эту максимально значимую скорость в качестве предельной расчетной скорости и считать, что нормативный коэффициент динамичности, равный 1,3, будет формироваться при достижении этой скорости. Однако прямой связи между величиной давления на дорожную одежду от воздействия движущегося автомобиля и уровнем колебаний, возникающих в ней в результате этого воздействия, не выявлено.

Для обоснования величины расчетной скорости проанализируем напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции с учетом вибрационного нагружения при различных скоростях движения автомобильного транспорта. Для этого рассчитаем общие вибрационные прогибы пятислойной дорожной конструкции, формируемые после прохождения через расчетное сечение грузового автомобиля типа А в скоростном интервале от 60 км/ч до 90 км/ч.

Вибрация слоев дорожной одежды, возникающая при движении двухосного расчетного автомобиля, возбуждается двумя ударными импульсами. Первый импульс соответствует прохождению через расчетное сечение колес передней оси автомобиля, а второй импульс – прохождению колес

задней оси. В данном случае возмущение моделировалось как двойное ударное воздействие со стороны расчетного автомобиля. Временной интервал между ударными возмущениями имел функциональную зависимость от величины осевой базы автомобиля и скорости его движения.

При движении вдоль дороги автомобиль кратковременно нагружает дорожную конструкцию и в результате достаточно быстрого перемещения вертикальной силы по поверхности взаимодействия обеспечивает очень краткое воздействие этой силы на каждую точку поверхности. М.В. Немчиновым предложено называть этот процесс «горизонтальным ударом», так как результат его воздействия на конструкцию аналогичен вертикальному удару. «Горизонтальный удар» является фактором возникновения колебаний дорожной одежды при движении автомобиля по дороге.

Экспериментальные исследования М.В. Немчинова, А.В. Смирнова и С.К. Илиополова выявили, что при движении автомобилей со скоростью более 40 км/ч фиксируется ударное взаимодействие колес с поверхностью покрытия.

Полученные расчетные амплитудно-временные характеристики динамических прогибов для выбранного диапазона скоростей движения расчетного автомобиля представлены на рис. 1.

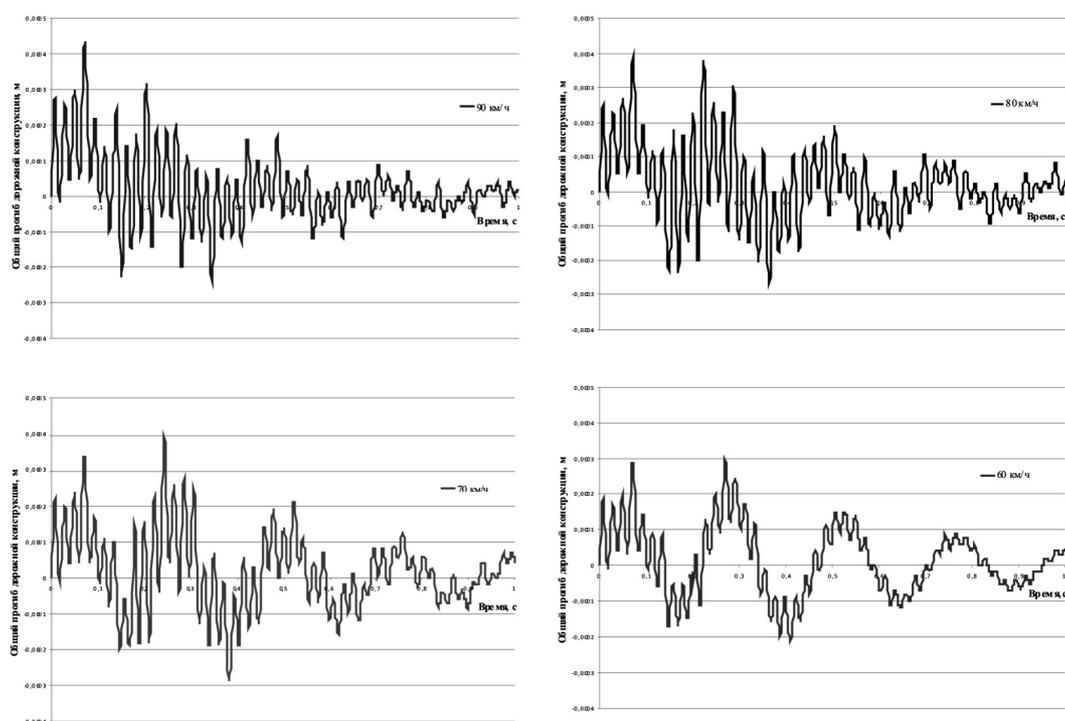


Рис. 1. Амплитудно-временные характеристики прогибов дорожной конструкции

Амплитудно-частотные характеристики прогибов показывают, что после первого ударного возмущения (проход колес передней оси) уровень вибрационных прогибов дорожной одежды прямо пропорционален скорости движения автомобиля. Однако после второго возмущения эта тенденция не просматривается.

Наибольшие вибрационные прогибы дорожной одежды на временном интервале между двумя ударами (воздействие от колес передней и задней осей) формируются при скорости движения 90 км/ч. Однако после второго возмущения максимальные прогибы фиксируются при скорости движения расчетного автомобиля 70 км/ч.

Анализ полученных результатов (рис. 1) позволяет рекомендовать в качестве расчетной скорости движения расчетного двухосного грузового автомобиля для оценки уровня вибрационного нагружения нежесткой дорожной одежды скорость, равную 70 км/ч. При данном скоростном режиме создаются наиболее неблагоприятные динамические условия работы дорожной конструкции. Из рис. 1 видно, что при скорости движения 70 км/ч на временном диапазоне 0,5 сек. наблюдается целый ряд значительных по величине динамических прогибов дорожной конструкции.

Уровень вибрационного нагружения дорожной конструкции является не только функцией скорости движения, но и взаимно связанной совокупности параметров, таких как: количества осей расчетного автомобиля, величины его осевой базы и расчетной скорости движения.

Для оценки отрицательного влияния вибрационного воздействия на напряженно-деформированное состояние дорожной одежды используем в качестве основного показателя динамическую силу, сформированную в дорожном покрытии при колебательном процессе. Этот показатель прямо пропорционален амплитудным значениям виброускорений, фиксируемых с помощью акселерометров при натурных экспериментах. Динамическая сила косвенно характеризует величину сил упругости в покрытии и уровень диссипации, уравнивая сумму этих сил.

Проанализируем расчетные амплитудные значения динамических сил в покрытии пятислойной дорожной конструкции при воздействии двухосного и многоосных грузовых автомобилей. Необходимые для расчета характеристики многоосных автомобилей представлены в таблице.

Таблица

**Характеристика грузовых автомобилей**

Марка автомобиля	Расчетная осевая нагрузка, кН						Межосевая база, м					Примечание: 1. Неподдресоренные массы, приходящиеся на одно колесо у разных автомобилей, почти одинаковы и принимаются в расчетах равными. 2. Вторые и третьи оси, имеющие двоянные колеса, в расчетах принимаются как одинарные.
	порядковый номер оси						1	2	3	4	5	
	1	2	3	4	5	6						
МАЗ-500А	100	100	-	-	-	-	3.95	-	-	-	-	
SCANIA	75	130	65	65	65	-	3.7	5.6	1.3	1.3	-	
MERCEDES	64	120	120	88.3	88.3	88.3	2.52	1.21	5.65	1.3	1.3	
МАЗ	65	90	90	100	100	-	2.9	1.4	7.3	2.0	-	

Как следует из рис. 2, при прохождении многоосных грузовых автомобилей различных марок, формируемые в дорожной конструкции динамические силы достигают своего максимума при различных скоростях движения. Так, при прохождении седельных тягачей с прицепами МАЗ и Scania максимальное вибрационное нагружение дорожного покрытия, оцениваемое уровнем динамических сил, фиксируется при скорости 80 км/ч, а для Mercedes – при 90 км/ч.

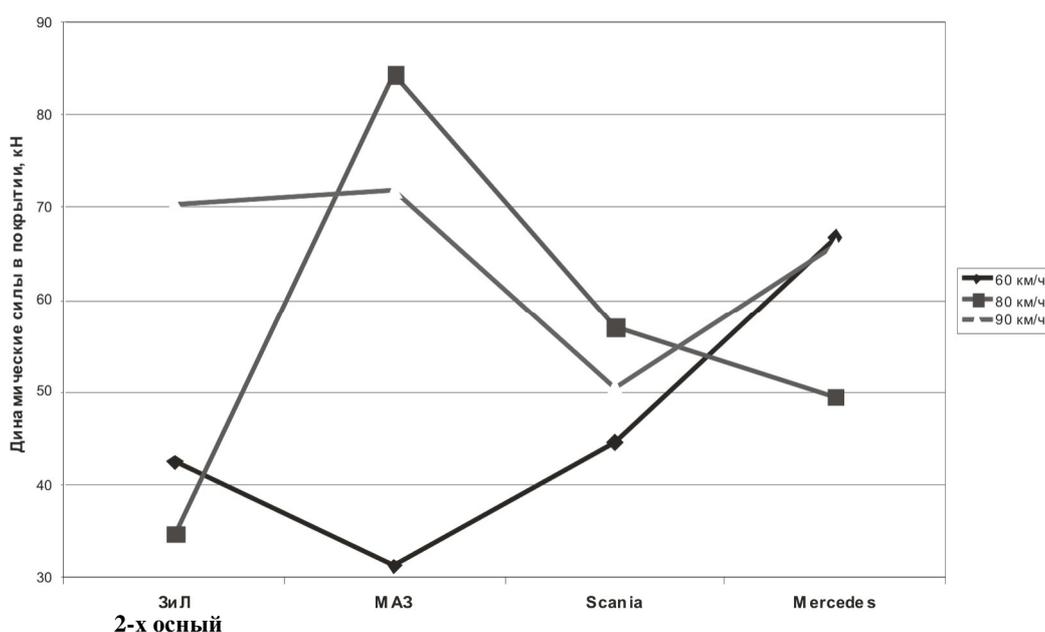


Рис. 2. Средние динамические силы в покрытии, сформированные различными типами многоосных грузовых автомобилей

Анализ показывает, что уровень вибрационного нагружения при прохождении двухосного автомобиля очень чувствителен к изменению скорости движения. При скорости движения 90 км/ч динамические силы в покрытии достигают 70 кН, а при скорости 80 км/ч снижаются почти в 2 раза, достигая  $\approx 35$  кН.

При движении многоосного седельного тягача с прицепом Mercedes пиковые значения динамических сил соответствуют скоростям движения 60 км/ч и 90 км/ч. При оценке возможного разрушительного действия многоосных грузовых автомобилей на дорожное покрытие по уровню динамических сил было выявлено, что наиболее опасным представляется автомобиль МАЗ, при движении которого в покрытии формируются наибольшие динамические силы, достигающие 85 кН.

На основании выполненных расчетов можно сделать вывод о том, что при корректировке действующих отраслевых норм на проектирование нежестких дорожных одежд с целью учета вибрационного нагружения необходимо в качестве расчетного автомобиля принимать многоосные грузовые автомобили, составляющие наибольшую долю в перспективном транспортном потоке. Нормируемая расчетная скорость движения этого типа многоосного автомобиля должна быть определена в соответствии с амплитудными значениями динамических сил, формируемых в дорожном покрытии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М., 2001. – 116 с.
2. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Учебник для вузов. Ч. I и Ч. II. – М.: Транспорт, 1987. – 368 с.
3. Осиновская В.А. Вибрационное нагружение нежестких дорожных одежд //Вестник МАДИ, 2010, вып. 4 (19). – С. 79-83.
4. Осиновская В.А. Новая концепция преждевременного разрушения нежестких дорожных одежд //Транспортное строительство, 2010, № 3 – С. 6-8.
5. Осиновская В.А. Причина ускоренного разрушения дорожных покрытий /Материалы международной науч.-практ. конф. «Инновации в транспортном комплексе. Безопасность движения. Охрана окружающей среды», том 3. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. – С. 48-50.

### REFERENCES

1. ODN 218.046-01. Flexible pavement engineering. – M, 2001. – 116 p.
2. Babkov V.F., Andreyev O.V. Highways engineering. The textbook for high schools. – M: Transport, 1987. – 368 p.
3. Osinovskay V.A. Vibrating loading of flexible pavement //Bulletin MADI, 2010, № 4 (19). – P. 79-83.
4. Osinovskay V.A. The new concept of premature destruction of flexible pavement //Transport building, 2010, № 3. – P. 6-8.
5. Osinovskay V.A. Reason of the accelerated destruction of road pavement / Materials of international science practical conf. «Innovations in a transport complex. Traffic safety. Preservation of the environment», Vol. 3. – Perm: Publishing house PGU, 2010. – P. 48-50.