

УДК 625.70

И.И. Леонович, профессор; И.В. Нестерович, аспирант

ВЛИЯНИЕ РОВНОСТИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПЛАВНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Unevenness is a type of surface roughness which, through vibrations, affects ride comfort in and road holding of vehicles.

Поверхность покрытия автомобильной дороги можно представить различными видами неровностей (рис. 1).

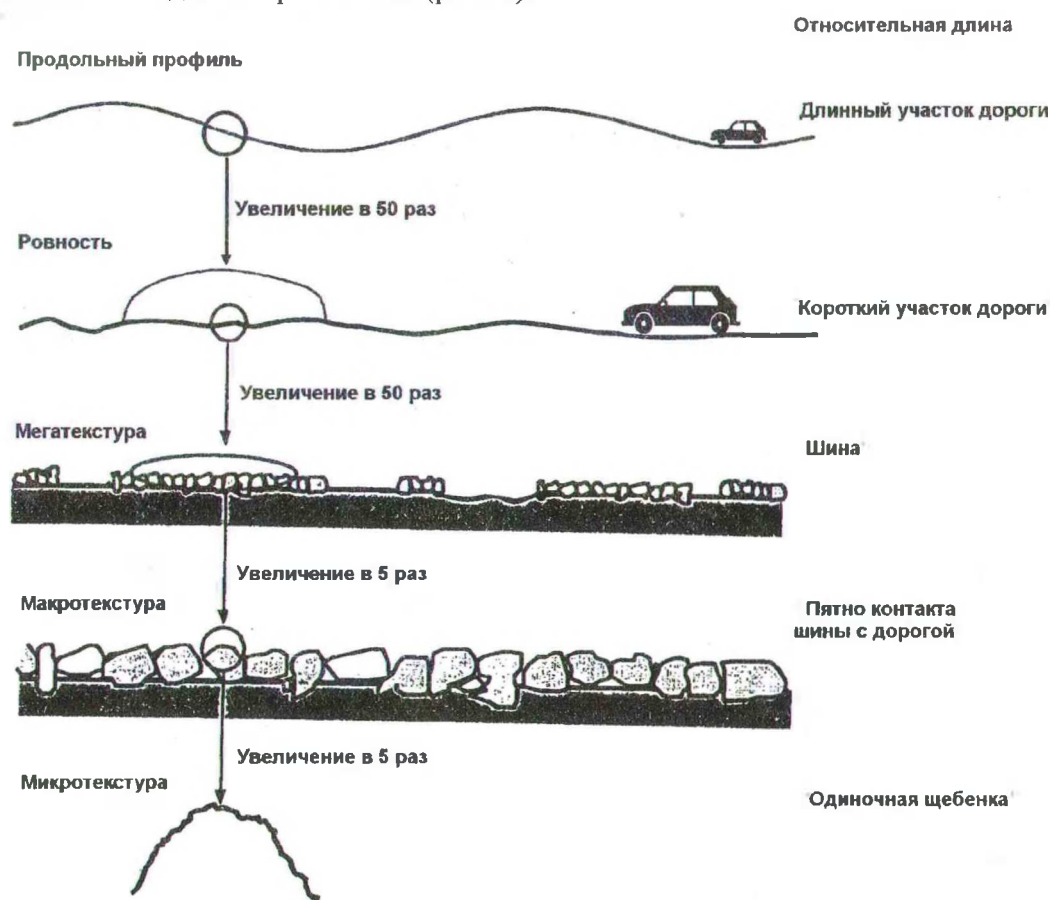


Рис. 1. Различные диапазоны неровностей на автомобильной дороге

Профиль поверхности покрытия – двумерный разрез поверхности дороги, выполненный по воображаемой линии. Эта геометрическая характеристика покрытия описывается двумя координатами: одна – расстояние, расположенное на плоскости покрытия (координата "x"), вторая – амплитуда, расположенная на перпендикуляре к плоскости покрытия (координата "z"), как показано на рис. 2.

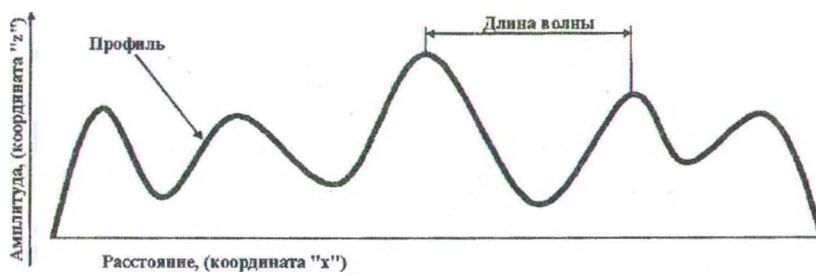


Рис. 2. Иллюстрация профиля поверхности покрытия, амплитуды и длины волны (амплитуда и длина волны с математической точки зрения изображены условно)

Профиль может считаться стационарной произвольной функцией расстояния на покрытии. Посредством анализа функция Фурье может быть математически представлена как бесконечная серия синусоидальных компонентов различных частот (и значений длины волны), каждый с заданной амплитудой и исходной фазой. Определение длины цикла — это определение количества циклов, проходящих на единицу длины. Во многих процессах синусоиды определяются скорее как функции времени, чем расстояния, и задача заключается в том, чтобы определить синусоиду с частотой циклов в секунду, называемой Герцами. Когда синусоида определяется как функция длины частоты циклов на единицу длины, она называется пространственной частотой и обозначается знаком ν ($\nu = 1/\lambda$). Длина волны (единица измерения м или мм) определяется как обратная величина пространственной частоты — количества циклов на единицу длины (единица измерения цикл/м). Длины волн могут быть представлены физически как различные отрезки периодически повторяющихся частей профиля (рис. 2). Для типичных и непрерывных профилей покрытия, профиль, проанализированный по его компонентам, содержит непрерывное распределение длин волн.

Длинные плавные неровности в продольном профиле с длиной волны более 50 м можно отнести к “проектному профилю”. Эти неровности влияют на работу двигателя и режим движения транспортного средства, но не оказывают существенного влияния на колебания автомобиля на подвеске.

Неровности с короткими длинами волн (менее 0.5 м — мега-, макро- и микротекстура) оказывают воздействие на автотранспортное средство, колебания которого поглощаются шинами автомобиля.

Неровности в диапазоне 0.5 – 50 м формируют продольный микропрофиль поверхности автомобильной дороги и вызывают значительные колебания подвесочных масс автомобиля. Влияние макро- и микропрофиля на работу автомобиля представлено на рис. 3.

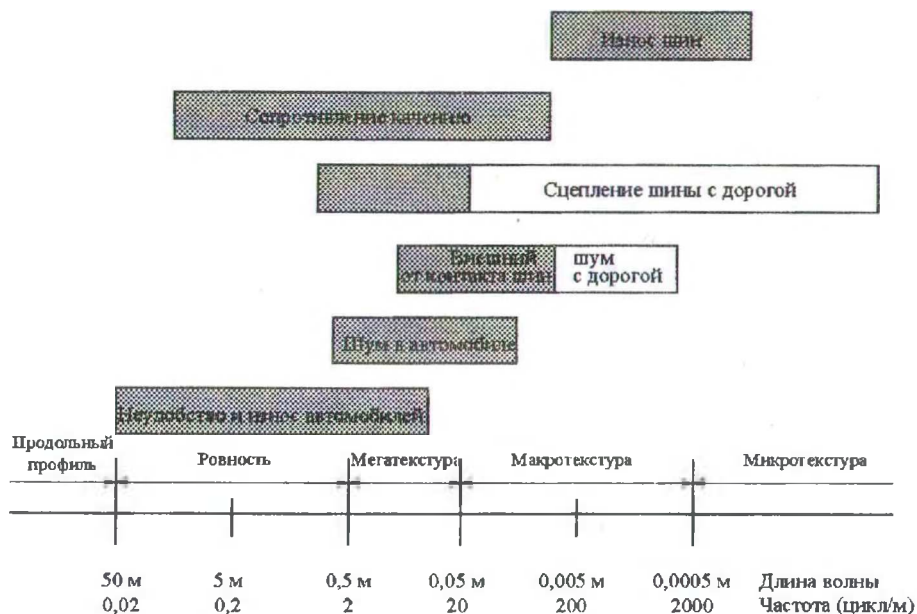


Рис. 3. Виды воздействий неровностей на автомобиль (серым цветом показано отрицательное воздействие неровностей на автотранспортное средство)

Ровность – качественная характеристика состояния покрытия. Обычно ровностью принято называть вид неровной поверхности покрытия, которая через колебания воздействует на комфорт движения и приводит к увеличению транспортных издержек. Ровность определяется как отклонение покрытия дорожной одежды от истинно плоской поверхности в пределах диапазона длин волн 0,5 – 50 м.

Моторизованное транспортное средство динамически может быть представлено моделью четверти автомобиля. Подвеска поддерживает корпус автомобиля и тем самым изолирует человеческое тело от воздействия на него различного рода факторов, связанных с движением по дороге.

При низких частотах корпус движется вверх и вниз, повторяя профиль дороги. При частоте 1 Гц корпус резонирует на подвесках, усиливая колебательные процессы с коэффициентом от 1,5 до 3 для типичных автомобилей. Высокочастотные колебания, вызванные дорожными условиями, поглощаются подвеской, изолируя тем самым корпус машины от дороги. При частоте 10-15 Гц колеса резонируют, подпрыгивая вверх и вниз с амплитудой, большей, чем это вызвано неровностями дороги. Последнее явление можно считать неизбежным и оно уменьшает в целом плавность движения автомобиля (рис. 4).

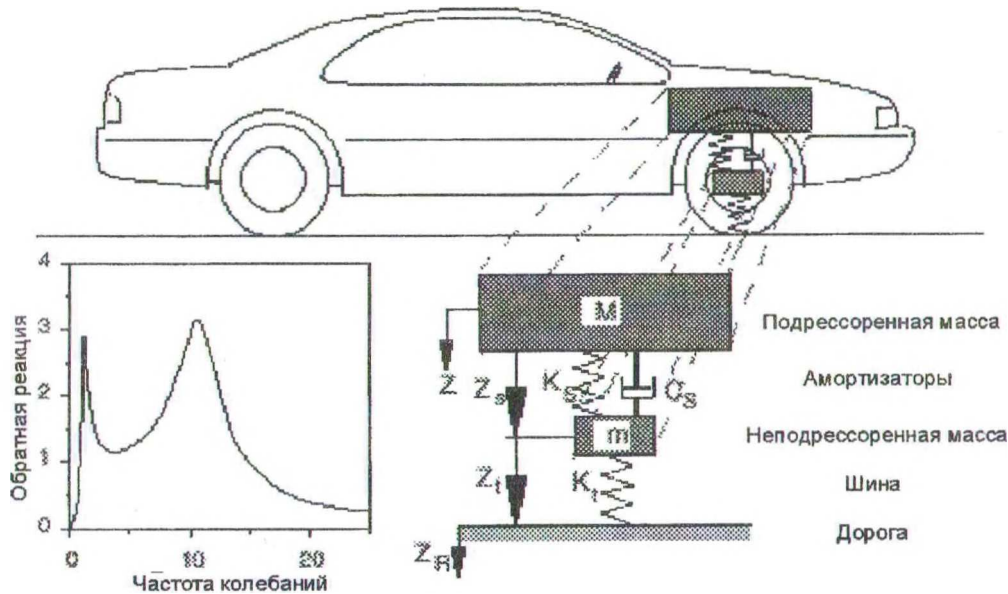


Рис. 4. Динамические характеристики автотранспортного средства

Динамика движения четверти автомобиля, описанная выше, является основной для всех типов автомобилей и верной для 75% всех вибраций, возникающих в автомобиле.

Для характеристики синусоид с различными длиной волны и амплитудами применяют величину “уклона амплитуды синусоиды”:

$$Ias = \frac{2\pi A}{\lambda},$$

где Ias - уклон амплитуды синусоиды, м/км; A - амплитуда синусоиды, м; λ - длина волны, км.

Формула, приведенная выше, дает идентичные амплитуды для различных синусоид, так, $Ias=0.42\text{м/км}$ для длин волн 60, 15, 3 м и амплитуд 2.54, 0.64 и 0.13 см соответственно. Для получения синусоиды пространственного ускорения следует повторить процесс получения производных.

Скорость движения транспортного средства зависит от того, как оно “воспринимает” эти синусоиды на автомобильной дороге.

Движущееся транспортное средство “воспринимает” дорожную синусоиду как частоту колебания:

$$f = V/\lambda = Vv,$$

где f - частота (цикл/с); V - скорость (м/с); λ - длина волны (м/цикл) и v - пространственная частота (цикл/м).

В таблице приведены некоторые характеристики трех примерных синусоид для транспортного средства, движущегося со скоростью 96 км/ч. Несмотря на то, что первая синусоида имеет наибольшую амплитуду, при движении по третьей синусоиде транспортное средство испытывает вертикальное ускорение в большей степени.

Таблица					
Длина волны, м	Амплитуда, см	Уклон ам- плитуды си- нусоиды, м/км	Частота, Гц при V=96км/ч 48км/ч 24км/ч	Ускорение, g при V=96км/ч 48км/ч 24км/ч	IRI, м/км
60	2.54	0.42	0.44	0.0200	0.15
			0.22	0.0050	
			0.11	0.0013	
15	0.64	0.42	1.76	0.080	2.53
			0.88	0.020	
			0.44	0.005	
3	0.13	0.42	8.80	0.400	2.37
			4.40	0.100	
			2.20	0.025	

Международный индекс ровности IRI - первый, наиболее широко используемый индекс профиля, согласно которому предполагается выполнять анализ различных типов профилей. IRI определяется как качество фактического профиля, и поэтому IRI можно измерять и сравнивать с другими профилями, а следовательно, дать оценку состояния рассматриваемой дороги.

IRI является индикатором общего состояния дорожного покрытия. IRI суммирует дорожные неровности, влияющие на воздействие транспортных средств, то есть на их транспортные издержки, удобство езды и общее состояние поверхности дорожного покрытия.

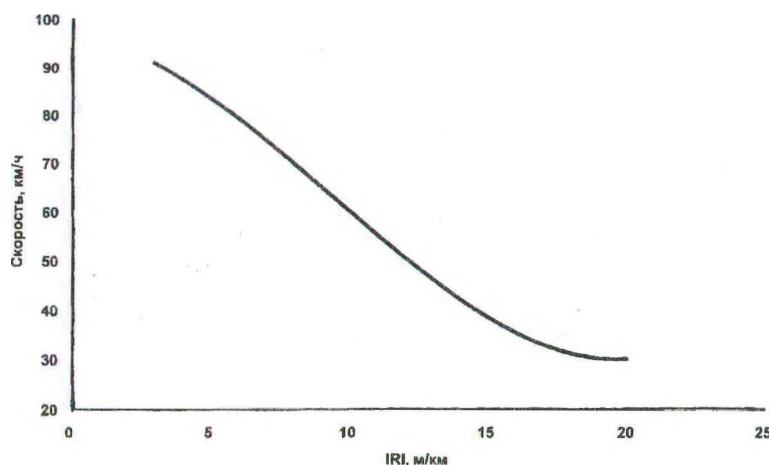


Рис. 5. Зависимость скорости движения транспортного потока от ровности покрытия

Следовательно, плавность движения транспортного средства повышается с увеличением длины волны в профиле. При устройстве покрытий следует добиваться ровности в диапазоне коротких длин волн.

Скорость движения автомобиля является производной неровностей на дорожном покрытии или собственно индекса IRI. Зависимость скорости транспортного потока от ровности приведена на рис. 5.

Высокие скорости движения допустимы только на автомобильных дорогах с ровным покрытием. К таким можно отнести сеть республиканских дорог (рис. 6).

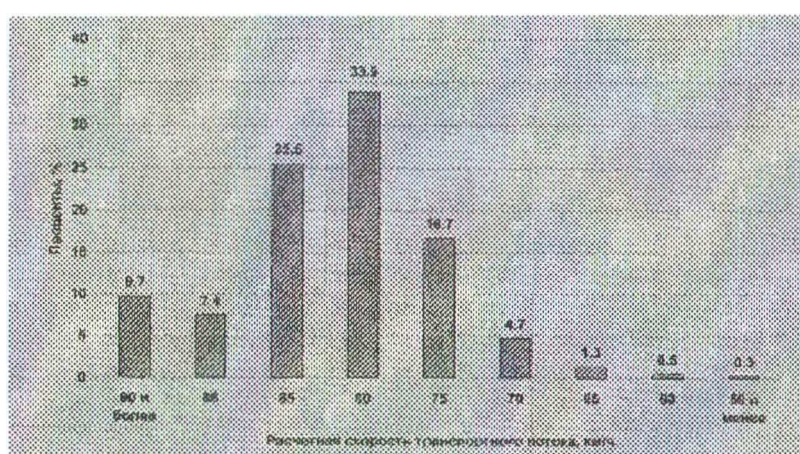


Рис. 6. Распределение расчетной скорости транспортного потока по республиканским автомобильным дорогам в 2000 году

Сеть местных дорог имеет различные типы покрытия, но только покрытия усовершенствованного типа позволяют транспортным средствам двигаться с высокими скоростями. При движении автотранспортных средств по покрытиям переходного и низшего типов возникает повышенная вибрация, которая может привести к резонансным сотрясениям двигателей. В этом случае амортизаторы действуют недостаточно эффективно и удары о неровности воспринимаются в большей степени человеком. По таким покрытиям, как правило, приходится ограничивать скорость движения.