

Лекция 3

СИЛЫ ДЕЙСТВУЮЩИЕ ОТ АВТОМОБИЛЯ НА ДОРОГУ

План:

1. Воздействие автомобиля на дорожную одежду
2. Напряженно-деформированное состояние дорожных конструкций и процесс их разрушения

Воздействие автомобиля на дорожную одежду

Автомобильные нагрузки — главная причина деформаций и разрушения дорог. При движении автомобиля по горизонтальному участку дороги с ровной поверхностью его колеса передают на дорожную одежду и земляное полотно вертикальные (нормальные) и горизонтальные (касательные) усилия.

Напряжения, возникающие в дорожной одежде при проезде автомобиля от действия нормального и тангенциального усилий, затухают с глубиной (рис. 12.1).

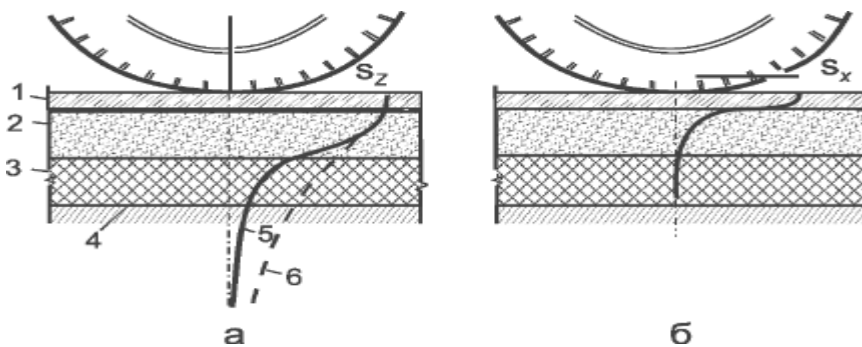


Рис. 1. Напряжения от колес автомобилей в многослойной дорожной одежде: а — эпюра вертикальных напряжений σ_z ; б — эпюра горизонтальных напряжений σ_x ; 1 — покрытие; 2 — основание;

3 — дополнительный слой основания; 4 — подстилающий грунт;

5 — напряжения в дорожной одежде; 6 — напряжения в однородном грунте

Воздействие автомобиля на дорожную одежду характеризуется нагрузкой, приходящейся на ось, удельным давлением в зоне контакта колеса автомобиля с покрытием, временем приложения нагрузки, частотой ее повторения и динамичностью приложения.

Значение осевой нагрузки зависит от грузоподъемности автомобиля, числа осей и схемы их расположения.3

Время приложения нагрузки зависит от скорости движения автомобиля, а число приложений и интервал между ними непосредственно зависят от интенсивности движения и ее распределения по часам суток.

На ровном покрытии дорожные одежды испытывают давление от колес как кратковременную статическую нагрузку. Продолжительность ее действия колеблется в пределах 0,01—0,5 с; в зависимости от скорости движения нагрузки от колес грузовых автомобилей могут повторяться через каждые 1,5—6 с.

Исследования В.Ф. Бабкова показали, что при движении транспортных средств по неровной поверхности давление колеса на покрытие то возрастает по сравнению со статическим, то убывает. Отношение напряжения (деформации), вызванного динамическим действием нагрузки, к напряжению (деформации), вызванному статическим действием той же нагрузки, называют коэффициентом динамичности нагрузки или динамическим коэффициентом [2]

$$K_d = \frac{l_d}{l_{ст}}, \quad (12.1)$$

где $l_d, l_{ст}$ — упругий прогиб дорожной одежды под действием соответственно динамической и статической нагрузок (динамический коэффициент).

Зависимость динамического коэффициента от скорости для различных покрытий показана на рис. 12.2 и 12.3.

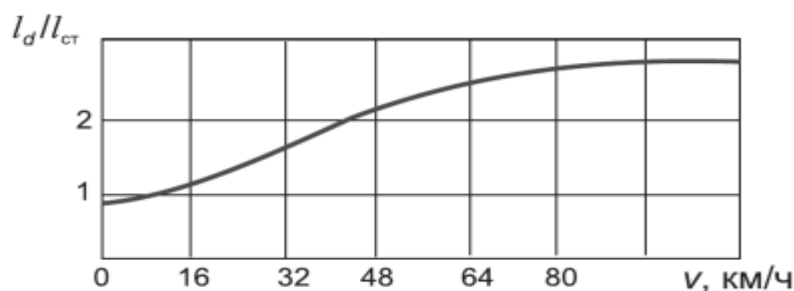


Рис. 2. Зависимость динамического коэффициента $l_d : l_{ст}$ от скорости движения v автомобиля на покрытии с неровной поверхностью (данные В.Ф. Бабкова)

В качестве расчетного используют наиболее тяжеловесный тип транспортного средства из фактического состава транспортного потока на рассматриваемой дороге, доля которого в этом составе превышает 10% с

учетом перспективы изменения транспортного потока в течение всего межремонтного срока службы дорожной одежды.

Расчетной схемой нагружения дорожной одежды колесом автомобиля является гибкий круговой штамп диаметром D , передающий равномерно распределенную нагрузку P .

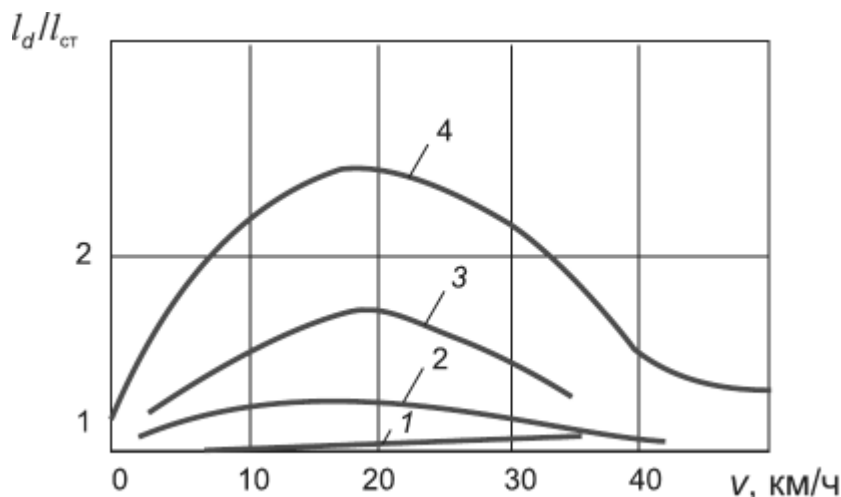


Рис. 3. Зависимость динамического коэффициента $l_d : l_{ст}$ от скорости движения v автомобиля по дорогам с разными типами покрытия (данные В.Ф. Бабкова): 1 — асфальтобетонное покрытие;

2 — обработанное битумом щебеночное покрытие с неровной поверхностью; 3 — щебеночное покрытие с выбоинами; 4 — булыжная мостовая

Расчетное удельное давление колеса на покрытие p и расчетный диаметр D приведенного к кругу отпечатка расчетного колеса принимают с учетом параметров расчетных автомобилей.

Для оценки разрушающего действия автомобилей с различной осевой нагрузкой проф. Б.С. Радовский предложил формулу суммарного коэффициента приведения:

$$K_{\text{сумм}} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{Q_i}{Q_p} \right)^{4,4}, \quad (12.2)$$

где m — число осей;

Q_i — нагрузка на ось;

Q_p — расчетная нагрузка на ось [3].

Установлено, что проезд одного автомобиля с осевой нагрузкой 100 кН равноценен 5,2 проезда автомобиля с осевой нагрузкой 70 кН.

Статические и динамические вертикальные (нормальные) и касательные (тангенциальные) силы, передаваемые колесами транспортных средств через дорожную одежду на земляное полотно, вызывают напряжения и деформации в его теле, вследствие чего земляное полотно изнашивается и разрушается.

Наряду с вертикальными нагрузками на покрытие воздействуют горизонтальные (тангенциальные) усилия. Они вызываются трением шины о покрытие при передаче тягового усилия и торможении автомобиля, ударами колес при наездах на неровности покрытия и трением о покрытие шины при неподвижном автомобиле. Наибольшего значения горизонтальное усилие / F_{\max} достигает при резком торможении автомобиля и хорошем сцеплении шины с покрытием. В этом

случае
$$F_{\max} = Q_i \varphi t, \quad (12.3)$$

где t — коэффициент, учитывающий режим движения автомобиля, $t = 1, 1, 1, 1, 4$.

Напряжения в дорожной конструкции, обусловленные действием касательных усилий на покрытие, сравнительно быстро затухают по мере удаления от поверхности в глубину и наиболее опасны в пределах верхних слоев. Поэтому касательные усилия учитывают лишь при оценке прочности и сдвигоустойчивости самого покрытия.

Расчет дорожных одежд на перегонных участках ведут на кратковременное (динамическое) и многократное действие подвижной нагрузки. Продолжительность действия нагрузки для средних условий современных скоростей автомобиля и размеров отпечатка колеса принимают равной 0,1 с. В этом случае значения модуля упругости и прочностных характеристик материалов и грунта также соответствуют длительности действия нагрузки 0,1 с.

Напряженно-деформированное состояние дорожных конструкций и процесс их разрушения

Под нагрузкой от каждого колеса автомобиля дорожная одежда прогибается, а затем постепенно восстанавливается (рис. 4 а). Прогиб от колеса тяжелого грузового автомобиля распространяется во все стороны, образуя чашу прогиба радиусом до 4 м, которая перемещается по ходу движения автомобиля. Чаши прогиба от колес автомобиля частично перебивают одна другую и охватывают всю ширину полосы движения. При этом в слоях одежды возникают напряжения сжатия, растяжения, изгиба и

сдвига (рис. 4 б). Чрезмерные напряжения от транспортных нагрузок приводят к возникновению тех или иных деформаций.

В зависимости от конструкции, прочности и состояния дорожной одежды под действием повторных нагрузок в отдельных слоях и

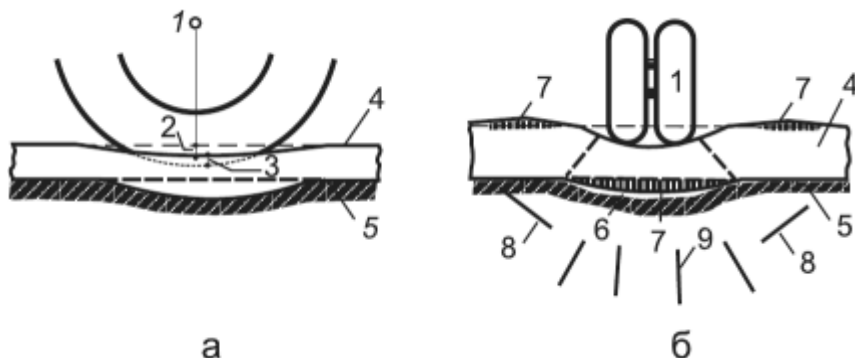


Рис. 4. Схема образования чаши прогиба и разрушения нежестких дорожных одежд под колесом автомобиля: 1 — колесо; 2 — прогиб дорожной одежды; 3 — сжатие шины; 4 — дорожная одежда; 5 — земляное полотно; 6 — чаша прогиба; 7 — зоны растяжения и трещины в одежде; 8 — выпирание грунта; 9 — направление сжатия грунта

в конструкции дорожной одежды в целом могут проявляться либо только упруговязкие деформации, либо одновременно упруговязкие и вязкопластичные деформации, которые, постепенно накапливаясь, могут достичь недопустимых величин [3].

Наиболее опасными напряжениями для слоев одежды из монолитных материалов являются растягивающие, возникающие в слое при изгибе, а для слоев из слабосвязных материалов (зернистых) — напряжения сдвига (касательные). Максимальные растягивающие напряжения в усовершенствованном покрытии (асфальтобетонном и ему подобном) возникают на его нижней поверхности по оси действующей нагрузки.

Основным видом нарушения сплошности грунтов и слабосвязных материалов дорожной одежды под действием транспортных нагрузок является сдвиг. Критическое состояние по прочности (напряжениям) в какой-либо точке грунтового массива или слое одежды наступает, когда касательное напряжение, действующее по площадкам скольжения, достигает предела сопротивления грунта или материала сдвигу.

Развитию деформаций способствует также влияние природно-климатических факторов, вызывающих увлажнение, перегрев или промерзание конструкции, что в свою очередь приводит к снижению прочности и ухудшению деформационных свойств грунта, одежды в целом и отдельных ее слоев, а также к потере монолитности покрытия.

Работоспособность покрытия во многом зависит от продолжительности приложения нагрузок, т.е. от скорости движения автомобилей. С повышением скорости движения действие растягивающих напряжений в покрытии уменьшается, а вместе с этим уменьшаются удельные повреждения, возникающие от движения транспортных средств. Однако это происходит только на ровных покрытиях. При наличии неровностей разрушения возникают из-за динамического воздействия нагрузки.

Горизонтальные (тангенциальные) сжимающие и растягивающие напряжения являются причиной пластических деформаций, к также и разрушений в верхних слоях дорожной одежды в виде сдвигов, волн, наплывов, поперечных трещин и колеи по полосам наката.

Такие деформации чаще наблюдаются на покрытиях толщиной менее 8 см. При большей толщине покрытий сдвиговые деформации наблюдаются реже. Это объясняется тем, что напряжения, вызываемые в дорожной конструкции тангенциальными усилиями F , приложенными на поверхности покрытия, сравнительно быстро затухают по глубине (рис. 12.5).

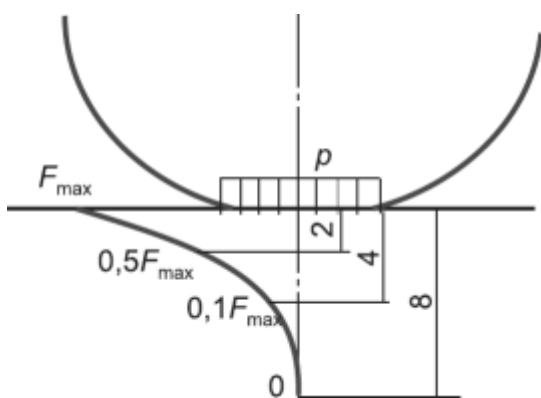


Рис. 5. Эпюра распределения касательных напряжений по глубине (размеры даны в сантиметрах): F_{\max} — максимальное тангенциальное усилие; p — распределенная нагрузка на покрытие

Критическим периодом работы дорожной одежды является весенний, когда в результате снижения прочности грунта земляного полотна прогиб дорожных одежд максимальный, а температура покрытия часто колеблется в пределах $0...+10$ °С. При этом особое значение приобретает повторное воздействие на покрытие нагрузок от транспортных средств, в результате которого одежда многократно прогибается и подвергается растягивающим напряжениям, нередко приводящим к появлению трещин, в том числе усталостных, в основном на полосах наката.

Контрольные вопросы

1. Чем характеризуется воздействие автомобиля на дорожную одежду
2. Что вызывает воздействие на дорожную одежду статические, динамические вертикальные (нормальные) и касательные (тангенциальные) силы, передаваемые колесами транспортных средств
3. Какие напряжения в слоях дорожной одежды являются наиболее опасными

Список литературы

1. Автомобильные дороги. Строительство, ремонт, эксплуатация / Л.Г. Основина и др. - М.: Феникс, 2015. - 496 с.
- 2.
3. Науменков, Н. К. Постатейный комментарий к Федеральному Закону от 8 ноября 2007 г. № 257-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты" / Н.К. Науменков. - М.: Деловой двор, 2018. - 448 с.
3. Постатейный комментарий к Федеральному закону в новой редакции "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности". - Москва: РГГУ, 2015. - 608 с.
4. Рассел, Джесси Классификация автомобильных дорог в России / Джесси Рассел. - М.: VSD, 2016. - 945 с.
5. Садило, М. В. Автомобильные дороги. Строительство и эксплуатация / М.В. Садило, Р.М. Садило. - М.: Феникс, 2018. - 368 с.
6. Васильев А.П., Сиденко В.М. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения : учебник для вузов / под ред. А.П. Васильева. М. : Транспорт, 1990. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог : учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Ч. 1. М. : Транспорт, 1987.
7. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения / под ред. И.И. Леоновича. Минск : Вышэйш. шк., 1988.