

Лекция 1 Введение автодорог в эксплуатацию

План

- 1. Тенденции развития автомобильного транспорта и автомобильных дорог**
- 2. Состояние дорог и технико-экономические показатели работы автомобильного транспорта**

Тенденции развития автомобильного транспорта и автомобильных дорог

В единой транспортной системе страны значительное место принадлежит автомобильному транспорту, объем перевозимых грузов которого в несколько раз больше, чем у всех остальных видов транспорта вместе взятых. В то же время в общем грузообороте доля автомобильного транспорта значительно меньше, поскольку средняя дальность перевозок автомобильным транспортом в несколько раз меньше, чем другими видами транспорта (железнодорожным, морским, воздушным и др.).

Для успешного функционирования автомобильно-дорожной системы, т. е. автомобильного транспорта и автомобильных дорог, необходимо, чтобы параметры и характеристики автомобильных дорог удовлетворяли требованиям движения автомобилей, а основные параметры и характеристики автомобилей соответствовали тем, на которые рассчитаны эксплуатируемые дороги.

Существуют определенные требования к автомобилям со стороны автомобильных дорог, которые необходимо соблюдать, чтобы не перестраивать сеть автомобильных дорог под каждое новое поколение автомобилей. Это, прежде всего, требования к динамическим свойствам и габаритам автомобилей, их осевой нагрузке, общей массе и ряду других характеристик.

Выдержать эти соотношения трудно, поскольку автомобильные дороги эксплуатируются многие десятилетия, в течение которых происходит смена нескольких поколений автомобилей, каждое из которых предъявляет более высокие требования к автомобильным дорогам и поэтому их необходимо непрерывно совершенствовать.

Чтобы заранее прогнозировать возможные изменения состояния дорог и требования к ним со стороны пользователей дорог, необходимо систематически анализировать тенденции количественного и качественного развития автомобильного транспорта. На этой основе должна разрабатываться техническая политика в эксплуатации автомобильных дорог, их ремонта и содержания.

Выпуск автомобилей во всем мире составил в 2000 г. примерно 55 млн ед., а в 2010 г. ожидается более 60 млн ед.

Соответственно растет и степень насыщения потребностей населения автомобилями, и к настоящему времени она достигает в США 810 автомобилей на 1 000 жителей, а в Западной Европе 560 автомобилей на 1 000 жителей. По расчетам специалистов, поток насыщения автомобилями в США составляет 850, а в Западной Европе — 750 автомобилей на 1 000 жителей.

В России в 2000 г. было примерно 26 млн легковых автомобилей и 4,3 млн грузовых, причем более 600 тыс. легковых автомобилей было привезено из дальнего зарубежья. Таким образом, на 1 000 жителей России приходилось около 200 автомобилей. Наблюдается устойчивый рост численности автомобильного парка на 5 ... 6 % и более в год.

Предполагается, что к 2010 г. в России парк легковых автомобилей составит 31 — 33 млн ед., а к 2025 г. эта численность возрастет до 60 млн ед. и на каждые 1 000 жителей будет приходиться 350 — 400 легковых автомобилей. Таким образом, по темпам насыщения автомобилями Россия приближается к передовым странам мира.

Такова перспектива количественного уровня автомобилизации России, из которой следует исходить, планируя развитие дорожной сети, уровень загрузки дорог движением и техническую политику в области ремонта и содержания дорог, организации и безопасности движения.

Не менее важно учитывать и тенденции качественного развития автомобилей и прежде всего параметров и систем, оказывающих влияние на требования к параметрам и транспортно-эксплуатационному состоянию дорог.

Классификация автомобилей. По автомобильным дорогам общего пользования движутся грузовые и легковые автомобили, а также автобусы, которые подразделяют на классы. Кроме того, по автомобильным дорогам движутся и специализированный подвижной состав в виде автомобильных фургонов, автомобильных цистерн, автомобилей-лесовозов, и другие виды специализированного подвижного состава (автомобили-муковозы, автомобили-цементовозы, автомобили-бетоновозы, автобетоносмесители, автомобильные краны и т. п.).

В СССР развитие автомобилестроения шло на основе перспективных типажей автомобилей, т. е. систематизированной группировки всех базовых разновидностей автомобилей, по которым должно развиваться отечественное автомобилестроение.

С переходом к рыночной экономике основным критерием производства автомобилей стал спрос покупателей, а ориентиром в технической политике служит опыт Западной Европы и Правила Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН).

На дорогах общего пользования действуют установленные международными соглашениями ограничения габаритов и массы автомобилей:

высота — 4,0 м, ширина — 2,5 м (для рефрижераторов и изо-термических кузовов допускается 2,6 м), длина — 12 м для оди-ночных автомобилей, 20 м

— для автопоездов (с одним прицепом или полуприцепом), 18 м — для сочлененных автобусов и троллейбусов;

полная масса для автопоездов с одним прицепом или полуприцепом по группе А — не более 38 т.

Установлены следующие нагрузки на одиночную ось двухосного автомобиля для расчета прочности дорожных одежд вновь строящихся и реконструируемых дорог:

I, II категорий 115 кН (11,5 тс)

III, IV категорий 100 кН (10 тс)

V категории 60 кН (6 тс)

Ширина колеи автомобилей обычно составляет 0,8 ... 0,85 габаритной ширины, и эта тенденция устойчиво сохраняется длительное время. Например, если габаритная ширина 2,5 м, то колея будет около 2,0 м. У легковых автомобилей часто встречается ширина 1,6 м и колея 1,45 м.

Высота центра тяжести автомобилей обычно составляет около 0,5 колеи и не должна быть больше по условиям бокового опрокидывания при движении на повороте. Габаритная высота легковых автомобилей составляет около 1,4 м, а высота глаз водителя около 1,1 ... 1,2 м.

Анализ развития параметров автомобилей указывает на то, что в ближайшие 10 — 20 лет не должно произойти изменений по габаритным высоте и ширине грузовых и легковых автомобилей. Однако в Европе и в России имеется тенденция к увеличению разрешенной осевой нагрузки с увеличением полной массы автопоезда, что необходимо учитывать при расчете дорожных одежд.

Динамические характеристики автомобилей. Максимальные конструктивные скорости движения отечественных легковых автомобилей за период с 1970 г. по настоящее время возросли в среднем на 17 км/ч и составляют 145 ... 158 км/ч.

Также увеличились и максимальные скорости отечественных грузовых автомобилей, которые составляют в настоящее время 90 ... 115 км/ч.

Значительная часть автомобилей иностранного производства обладает более высокими динамическими качествами, включая удельную мощность двигателя и максимальную скорость движения.

Переход России к рыночной экономике сопровождается не только ростом численности автомобильного парка, но и глубоким качественным изменением его состава. В транспортном потоке на автомобильных дорогах доля легковых автомобилей возросла до 80 % и более, возросла доля тяжелых грузовых автомобилей, автопоездов, туристических автобусов, а динамические характеристики многих отечественных автомобилей вплотную подошли к характеристикам зарубежных автомобилей.

В связи с произошедшими количественными и качественными изменениями транспортных потоков значительно возросли требования к потребительским свойствам автомобильных дорог.

Темпы развития и структура дорожной сети. На начальном этапе развития все автомобильные дороги входили в единую дорожную сеть. Только в 1955 г. было введено деление дорог на автомобильные дороги общей сети, дороги промышленных предприятий, а также на внутрихозяйственные сельские дороги и дороги специального назначения.

В настоящее время автомобильные дороги Российской Федерации классифицируют по принадлежности на автомобильные дороги общего пользования, ведомственные и частные.

К автомобильным дорогам общего пользования относят внегородские автомобильные дороги, которые являются государственной собственностью Российской Федерации и подразделяются:

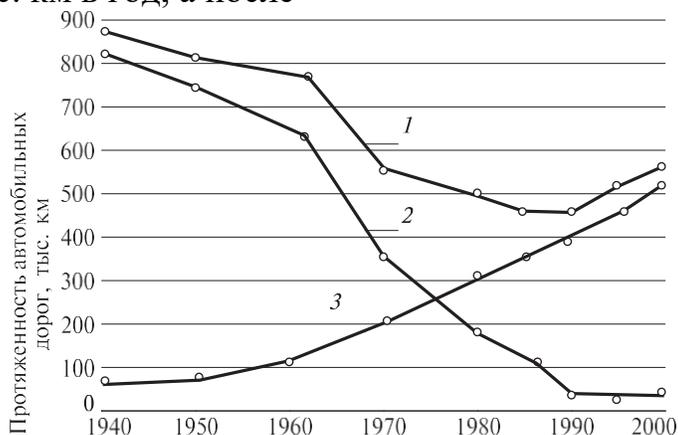
на дороги общего пользования, являющиеся федеральной собственностью, — федеральные дороги;

дороги субъектов Российской Федерации, относящиеся соответственно к собственности субъектов Российской Федерации, — территориальные дороги.

К ведомственным и частным автомобильным дорогам относят дороги предприятий, объединений, учреждений и организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств, предпринимателей и их объединений и других организаций, используемые ими для своих технологических, ведомственных или частных нужд.

Сеть автомобильных дорог России развивалась неравномерно в течение длительного времени (рис. 1.1). При этом темпы развития дорожной сети в течение многих лет существенно отставали от темпов роста численности автопарка.

Максимальные темпы развития дорожной сети были достигнуты в 1986 — 1990 гг., когда ежегодные объемы строительства и реконструкции дорог общего пользования составляли 8 ... 12 тыс. км. В последующее десятилетие объемы строительства новых дорог общего пользования уменьшились до 6 тыс. км в год, а после



Годы

Рис. 1. Динамика изменения протяженности и структуры сети автомо-

бильных дорог общего пользования России:

1 — общая протяженность; 2 — грунтовые дороги; 3 — дороги с твердым покрытием

2001 г. произошло обвальное сокращение объемов строительства до 1 тыс. км в год. Ежегодный прирост сети дорог с твердым покрытием за счет нового строительства составлял 0,1 ... 0,3 %. Увеличение протяженности сети дорог общего пользования произошло путем передачи ведомственных и сельскохозяйственных дорог с твердым покрытием в сеть дорог общего пользования. Ежегодно передавалось 8 ... 15 тыс. км дорог и более. Однако такая передача не увеличивает общую протяженность дорог в стране.

По состоянию на 01.01.2004 г. протяженность всей сети автомобильных дорог России составляла 897,8 тыс. км, в том числе общего пользования — 598,6 тыс. км, из которых 46,8 тыс. км федеральных и 551,8 тыс. км территориальных дорог.

Кроме того, в общую протяженность входило 299,2 тыс. км ведомственных и частных дорог.

Протяженность дорог общего пользования с твердым покрытием составляла 544,2 тыс. км, в том числе 61 % — дороги с покрытием из асфальтобетона и других материалов, обработанных вяжущим; дороги с цементобетонным покрытием составляли 2 % протяженности; с покрытием переходного типа (щебеночные, гравийные и др.) — 28 %.

Протяженность грунтовых дорог составляла 9 %, или 53,9 тыс. км. Сеть дорог общего пользования с твердым покрытием распределяется по категориям в следующем порядке:

Категория дороги	I	II	III	IV	V
Протяженность, тыс. км	4,8	27,8	109,8	320,2	81,6
Доля в сети дорог с твердым покрытием..	0,9	5,1	20	59	15

По расчетам автора, минимально необходимая протяженность сети автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием в России должна составлять 1,5 млн км, при том что помимо них будет еще 300 ... 500 тыс. км дорог ведомственных и сельскохозяйственных. Сеть дорог общего пользования с твердым покрытием позволит решить две принципиально важные задачи:

социально-политическую, которая состоит в том, чтобы связать воедино все населенные пункты страны хотя бы одной постоянно действующей дорогой и обеспечить конституционные права каждого гражданина на свободу передвижения;

экономическую, которая состоит в том, чтобы соединить надежными автотранспортными связями все грузо- и пассажирообразующие пункты, создав сеть федеральных и территориальных дорог с высокими потребительскими свойствами, позволяющую выбирать оптимальные маршруты перевозок без перепробега автомобилей.

Такая сеть дорог позволит ликвидировать бездорожье и создаст основу для дальнейшего последовательного увеличения плотности дорожной сети по мере развития экономики страны и каждой территории.

Указанные объемы строительства дорог служили ориентиром при разработке многочисленных программ развития и модернизации транспортной инфраструктуры. К сожалению, ни одна из этих программ не была выполнена в полном объеме.

В 2005 г. введен в действие новый стандарт на автомобильные дороги. В этом стандарте введены понятия классов и категорий дорог, а также категорий Iв для обозначения дорог обычного типа. Класс дороги назначают в зависимости от условий доступа к ней, т. е. от возможности въезда на дорогу и съезда с нее транспортных средств, определяемой типом пересечения или примыкания.

Различают три класса автомобильных дорог — автомагистрали, скоростные дороги и дороги обычного типа (нескоростные дороги).

Кроме того, различают семь категорий автомобильных дорог в зависимости от характеристик, отражающих принадлежность автомобильной дороги соответствующему классу и определяющих технические параметры автомобильной дороги. Таким образом, в новом стандарте все автомобильные дороги общего пользования подразделяются на автомагистрали категории Ia, скоростные дороги категории Ib и дороги обычного типа (нескоростные дороги) категорий Iв, II, III, IV и V. В стандарте указаны их основные характеристики и условия применения того или иного класса и той или иной категории.

Потребуется значительно увеличить объемы работ по строительству, реконструкции, модернизации, ремонту и содержанию автомобильных дорог для того, чтобы обеспечить надежную автомобильную транспортную инфраструктуру России.

Реализация новых программ станет задачей будущих поколений инженеров-дорожников.

Состояние дорог и технико-экономические показатели работы автомобильного транспорта

Многие годы, когда в транспортном потоке подавляющую часть составляли грузовые автомобили, основными технико-экономическими показателями работы автомобильного транспорта считали производительность автомобилей, себестоимость перевозок, расход топлива, износ шин и др.

Все эти показатели напрямую связаны с техническими параметрами и характеристиками дорог, такими как ширина проезжей части, продольные уклоны и радиусы кривых в плане, а также прочность дорожной одежды, ровность и сцепные качества покрытий и др.

В современных условиях, когда доля легковых автомобилей в составе транспортных потоков составляет 70 ... 85 %, на первое место при оценке

эффективности работы автомобильного транспорта на дороге выходят затраты времени на поездку пассажиров или перевозку грузов, которые непосредственно связаны со скоростью движения.

Расчеты показывают, что повышение скорости движения за счет улучшения состояния дороги дает существенную экономию времени на поездку или перевозку грузов до 20 тыс. авт.-ч и более на каждый километр улучшенной дороги.

Одной из наиболее частых причин снижения скорости движения является ухудшение ровности покрытия (рис. 1.2).

К этому нужно добавить время простоя в заторах из-за перегрузки дорог движением, перерывов движения во время метелей, снегопадов или запрещения проезда тяжелых автомобилей в весенний период из-за недостаточной прочности дорожных одежд. Годовая производительность автомобиля также зависит от дорожных условий.

От состояния дорожной сети во многом зависит время работы автомобиля на линии. При плохом состоянии сети автомобили часто простаивают из-за поломок, снежных заносов на дорогах,

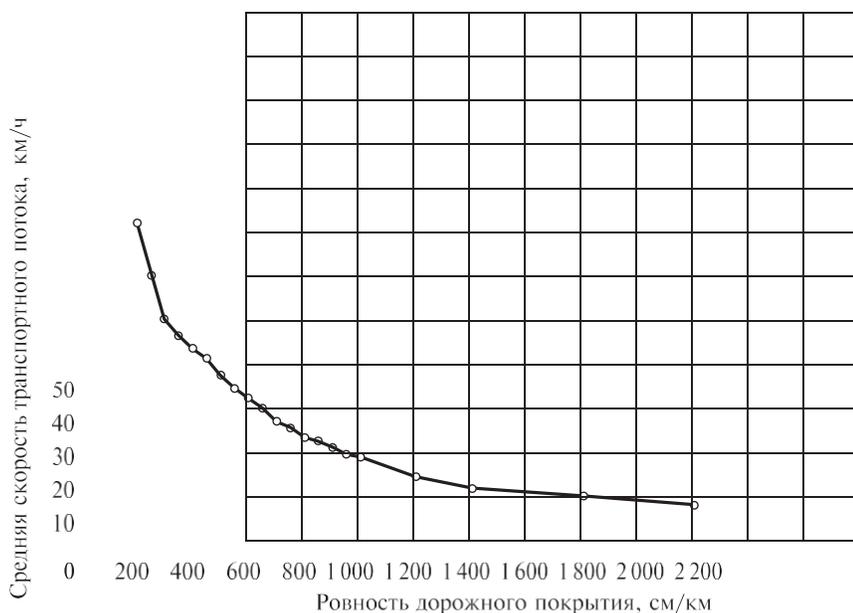


Рис. 2. Зависимость средней скорости транспортного потока от ровности дорожного покрытия ограничения проезда тяжелых автомобилей в весенний период по дорогам с недостаточной прочностью дорожной одежды или не могут быть использованы из-за недостаточной прочности мостов.

Фактическое число часов работы автомобиля в году может колебаться в пределах 1 000 ... 4 000 ч, а годовая производительность автомобиля за счет изменения числа часов работы меняется в несколько раз. Значительно большее влияние на производительность автомобиля оказывает грузоподъемность и средняя скорость его движения. За счет увеличения грузоподъемности, на-

пример, с 3 до 10 т, производительность может быть увеличена более чем в 3 раза. За счет увеличения средней скорости движения с 30 до 90 км/ч производительность может быть увеличена почти в 2,4 раза.

Однако грузоподъемность автомобиля прямо зависит от допустимой осевой нагрузки, а следовательно, от прочности дорожной одежды и несущей способности мостов.

Скорость движения зависит от геометрических параметров дороги, ровности и сцепных качеств дорожного покрытия и его состояния, инженерного оборудования дороги и организации движения, т. е. от уровня содержания дороги.

Эффективность работы автомобильного транспорта характеризуется себестоимостью перевозок.

Расчеты показывают, что себестоимость грузовых перевозок минимальна при средней скорости движения 60 ... 80 км/ч. Если

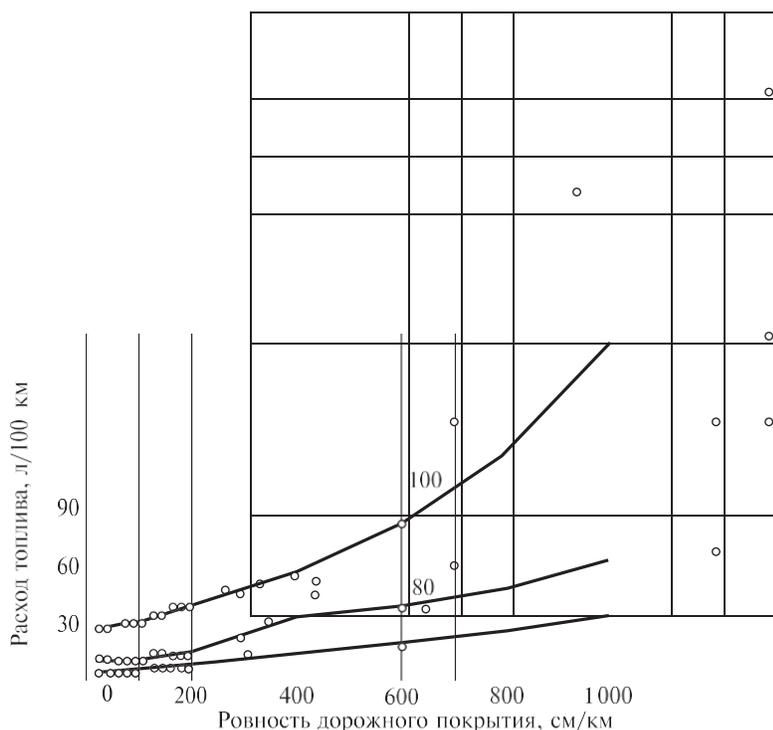


Рис. 3. Зависимость расхода топлива грузового автомобиля от ровности дорожного покрытия и скорости движения (цифры на кривых — средняя скорость движения грузового автомобиля, км/ч)

принять эту себестоимость за единицу, то с уменьшением средней скорости коэффициент увеличения себестоимости перевозок резко возрастает, особенно при скорости ниже 40 км/ч:

Средняя скорость движения, км/ч ... 60..80 40..60 20..40 10..20

Коэффициент повышения стоимости перевозок . 1,00 1,10 1,30 3,5

Большое влияние оказывает на расход топлива при движении автомобиля

состояние дороги. При этом, чем выше скорость движения, тем больше увеличивается расход топлива при ухудшении ровности (рис. 1.3).

О влиянии состояния дорог на эффективность работы автомобилей свидетельствуют данные о стоимости содержания транспортных средств при работе автомобилей на дорогах с различной ровностью, полученные по материалам Европейского банка развития и реконструкции (ЕБРР), где ровность покрытия приведена в международных единицах IRI, измеряемых в метрах на 1 км (м/км).

Из этих данных следует, что при ухудшении ровности от 1 до 8 м/км экономические затраты на транспортные средства возрастают для легковых автомобилей с 8 до 15 центов США на 1 км, а для тяжелых грузовых автомобилей с 26 до 27 центов США на 1 км.

Таким образом, без значительного повышения технического уровня и эксплуатационного состояния существующих дорог нельзя решить задачу повышения эффективности работы всего автомобильного транспорта.

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. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог: учебник для студ. высш. учеб. заведений. В 2 т. М.: Академия, 2011. Т. 2.
- 2. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. 1. М.: Информавтодор, 2004.
- 3. Цупиков, С.Г. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог [Текст] / С.Г. Цупиков. – М.: Инфра – Инженерия, 2005.
- 4. Саксонова, Е.С. Оценка транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог [Текст]: учеб. пособие / Е.С. Саксонова, Т.Н. Сударева. – Пенза, 2012.
- 5. Некрасов, В.К. Эксплуатация автомобильных дорог [Текст] / В.К. Некрасов, Р.М. Алиев. – М.: Высшая школа, 1983.

Лекция 2

Об основах взаимодействия колес с автодорогой

План:

1. Показатели взаимодействия автомобилей с дорогой. Силы, передаваемые на дорогу колесом автомобиля, и схема этих сил.
2. Тяговая динамичность автомобиля. Безопасность движения при различных дорожных условиях

Показатели взаимодействия автомобилей с дорогой. Силы, передаваемые на дорогу колесом автомобиля, и схема этих сил

Взаимодействие автомобиля и дороги представляет собой сложный процесс, результатом которого является движение автомобиля. Это взаимодействие можно характеризовать следующими основными показателями: размером нагрузки; средним давлением по площади отпечатка колеса; частотой приложения нагрузки; прогибом дорожной одежды; сопротивлением качению; сцеплением колеса с покрытием, ровностью покрытия и его состоянием.

В движении автомобиль многократно повторяет определенный набор состояний: стоянка или остановка, разгон, режим тяги или выбега (свободного качения), режим торможения и т.д.

Каждое из этих состояний характеризуется свойственным ему сочетанием таких показателей, как скорость движения, ускорение (положительное или отрицательное), крутящий момент на валу двигателя, угловая скорость вращения колес и др. Для горизонтального участка дороги эти показатели представлены в табл. 1.

Таблица 1

Динамические показатели режима работы автомобиля

Режим работы автомобиля	Динамические показатели			
	Скорость	Ускорение	Крутящий	Угловая скорость вращения колес

	движения		момент		
Остановка или стоянка	0	0	0	0	
Трогание места и разгон	В	В	В	В	
Выбег (свободное качение)		У	у; п	0	У
Качение пробуксовыванием (при разгоне)	с	у; п; в	у; п; в; 0	у; п; в	У; п; в
Полное пробуксовывание (автомобиль неподвижен)		0	0	у; п; в; 0	У; п; в;
Торможение: скольжения без		У	у; п;	у; п	У
с проскальзыванием		У	у; п;	у; П	У
скольжение без качения (полная блокировка)		У	у; п;	0	0

Примечание, у — уменьшается; п — постоянное; в — возрастает; 0 — равно нулю.

В реализации любого режима движения и состояния автомобиля участвует автомобильная дорога, от транспортно-эксплуатационного состояния и характеристик которой зависит эффективность реализации режимов и состояний автомобиля.

На дорогу от колес автомобиля передаются статические нагрузки при остановке автомобилей и кратковременные или динамические при движении. При статическом нагружении (остановка автомобиля) колесо передает на покрытие нагрузку Q (рис. 1. а). Нормальная реакция дороги $R = Q$ приложена в центре следа колеса. В этом случае взаимодействие автомобиля с дорогой можно характеризовать колесной нагрузкой Q , площадью отпечатка пневматического колеса S , средним контактным давлением $p = Q : S$.

Различают площадь отпечатка колеса по контуру в форме эллипса и по выступам протектора. Для упрощения в расчетах принимают площадь отпечатка не в форме эллипса, а в форме круга с приведенным по площади отпечатка диаметром

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{p}}$$

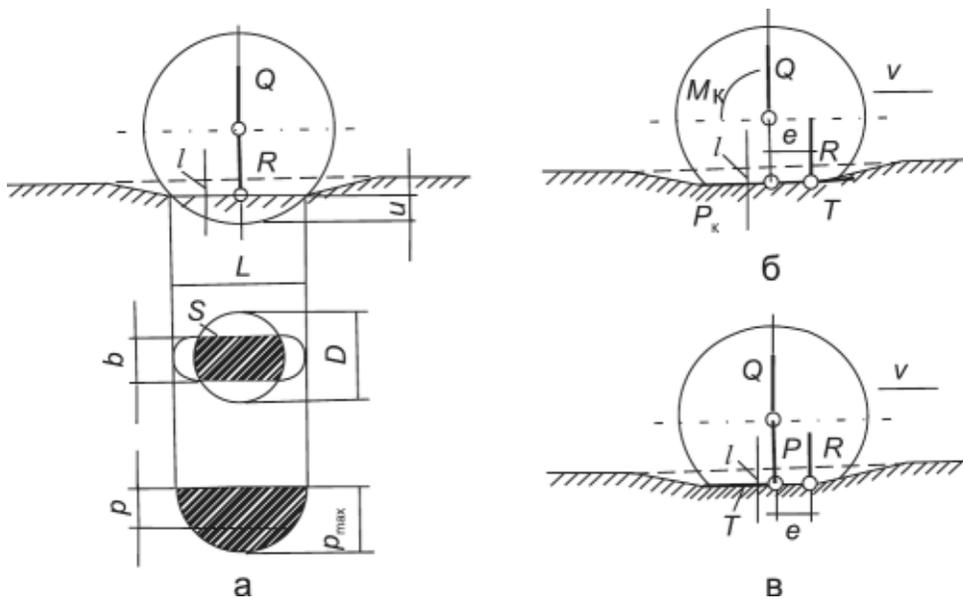


Рис. 1. Схема сил, передаваемых на покрытие от колес: а — неподвижного; б — ведущего; в — ведомого; p — удельное давление на покрытие от колеса автомобиля; p_{max} — максимальное удельное давление на покрытие от колеса автомобиля; l — сжатие автомобильной шины; l — прогиб дорожной одежды под колесом автомобиля; e — смещение точки приложения реакции R ; D — условный диаметр круга отпечатка, заменяющего эллипс в зоне контакта шины с покрытием; P_k — сила тяги на ободу колеса автомобиля; T — сила трения; P — сила сопротивления качению.

Эти две основные характеристики p и D или их произведение pD определяют взаимодействие автомобилей с дорогой.

Под действием вертикальной нагрузки шина колеса деформируется, при этом величина сжатия U пропорциональна величине колесной нагрузки:

$$U = K'_{\text{ж}} Q, \quad (10.1)$$

где $K_{ж}$ — коэффициент, учитывающий упругость шины колеса (радиальную жесткость).

Чем выше U , тем больше площадь отпечатка и меньше удельное давление.

При движении ведущего колеса на него, кроме нагрузки Q и нормальной реакции R , действует крутящий момент M_k , вызывающий в плоскости следа окружную силу (силу тяги) P_k , направленную в сторону, обратную движению:

$$P_k = \frac{M_k}{r_k}, \quad (10.2)$$

где r_k — радиус качения шины колеса.

Сила P_k вызывает горизонтальную реакцию $T = P_k$, вследствие чего происходит движение (рис. 1. б). Это *реактивная сила*, или *сила трения* [13-

Сопротивление качению. На горизонтальном участке основная часть силы тяги расходуется на преодоление сил сопротивления качению P , которые оцениваются затратай энергии на деформирование l дорожной конструкции и сжатие шины колеса U .

Показателем сопротивления качению считается коэффициент сопротивления качению $f = F : Q$. Эту величину можно определить следующим образом (рис. 10.1 в). Ввиду того что шина колеса обладает эластичностью, точка приложения нормальной реакции R смещена вперед по ходу движения. Это смещение характеризует сопротивление качению. Коэффициент сопротивления качению может быть вычислен по формуле

$$f = \frac{l}{r_k}, \quad (10.3)$$

где l — смещение точки приложения нормальной реакции.

Величина f зависит от колесной нагрузки Q , давления воздуха в шинах $p_в$, размеров колес и эластичности шины, скорости движения, прочности одежды, ровности покрытий и является важной характеристикой взаимодействия автомобиля с дорогой.

При низких скоростях движения величина f почти не меняется, и для

скоростей до 20 км/ч ее можно принять постоянной.

Дальнейшее увеличение скорости вызывает повышение коэффициента f , так как шина в зоне контакта с покрытием не успевает полностью распрямиться и колесу возвращается меньшая доля энергии, затраченной на деформирование шины.

Кроме того, при увеличении скорости деформации возрастает внутреннее трение в шине. Значение коэффициента сопротивления качению для любой скорости может быть определено по формуле

$$f_v = f_{20} + K_f (v - 20), \quad (10.4)$$

где f_{20} — коэффициент сопротивления качению при скорости 20 км/ч;

K_f — коэффициент повышения сопротивления качению, зависящий от скорости движения автомобиля. Для легковых автомобилей $K_f = 0,00025$, для грузовых $K_f = 0,0002$;

v — скорость, для которой определяют коэффициент сопротивления качению, км/ч.

Тип покрытия, его прочность, ровность и шероховатость, наличие разрушений, трещин, влаги, пыли и грязи, снега и гололеда существенно влияют на коэффициент сопротивления качению колеса автомобиля и коэффициент сцепления его с покрытием. На малопрочном покрытии сопротивление качению возрастает за счет деформирования поверхности качения.

Поверхность покрытия всегда имеет неровности, которые оказывают большое влияние на условия движения автомобилей и водителей и, как следствие, на скорость движения.

Одна из причин снижения скорости — рост сопротивления качению, которое может возрастать на неровных покрытиях в 1,5—2 раза. Увеличение шероховатости покрытия приводит к росту коэффициента сопротивления качению в среднем на 4% на 1 мм высоты неровностей шероховатости на асфальтобетонных покрытиях и на 13% на цементобетонных.

По данным А.К. Бируля, коэффициент сопротивления качению при движении автомобиля по неровной поверхности

$$f = 0,01 + 1,2 \cdot 10^{-8} S_c v^2, \quad (10.5)$$

где S_c — показатель ровности по толчкомеру, см/км; v — средняя скорость автомобиля, км/ч.

Наличие воды на покрытии приводит к увеличению сопротивления качению примерно на 5% на каждый миллиметр ее толщины:

$$f = f_0 (1 + 0,05 h_{\text{в}}), \quad (10.6)$$

где f_0 — коэффициент сопротивления качению сухого покрытия;

$h_{\text{в}}$ — толщина слоя воды и грязи на покрытии, мм.

Несмотря на большое влияние сопротивления качению на режим движения автомобиля, расход топлива, себестоимость перевозок и даже на назначение продольного уклона дороги, в руководящих документах до сих пор не разработаны требования к допустимому размеру коэффициента сопротивления качению для покрытий.

Тяговая динамичность автомобиля

Тяговая динамичность характеризует способность автомобиля производительно выполнять транспортные функции. Чем динамичнее автомобиль, тем он способен быстрее разогнаться и двигаться с более высокой скоростью в разнообразных условиях движения. Повышение тяговой динамичности возможно за счет увеличения удельной мощности двигателя и улучшения его приемистости, что достигается уменьшением массы автомобиля, улучшением его обтекаемости, совершенствованием конструкции двигателя, трансмиссии и ходовой части. Автомобиль, обладающий относительно более высокой тяговой динамичностью, в реальных дорожных условиях обладает большим запасом мощности, который может расходоваться на преодоление дорожных сопротивлений и на разгон.

Тяговые свойства (тяговая динамика) автомобиля определяют его способность интенсивно увеличивать скорость движения. От этих свойств во многом зависит уверенность водителя при обгоне, проезде перекрестков. Особенно важное значение тяговая динамика имеет для выхода из аварийных ситуаций, когда тормозить уже поздно, маневрировать не

позволяют сложные условия, а избежать ДТП можно, только опередив события.

Так же как и в случае с тормозными силами, сила тяги на колесе не должна быть больше сцепления с дорогой, в противном случае оно начнет пробуксовывать. Предотвращает это противобуксовочная система (ПБС). При разгоне автомобиля она подтормаживает колесо, скорость вращения которого больше, чем у остальных, а при необходимости уменьшает мощность, развиваемую двигателем.

Следует отметить, что тяговая динамичность автомобиля зависит от его конструктивных параметров и качества дороги.

Из конструктивных факторов наибольшее значение имеют:

о форма скоростной характеристики двигателя,

о КПД трансмиссии,

о передаточные числа трансмиссии,

о масса автомобиля,

о обтекаемость автомобиля.

Форма скоростной характеристики. Карбюраторный двигатель имеет более выпуклую характеристику, чем дизель, что обеспечивает ему больший запас мощности при той же скорости. Следовательно, будет больше преодолеваемое сопротивление или развиваемое ускорение.

КПД трансмиссии. КПД трансмиссии оценивает величину непроизводительных потерь энергии. Уменьшение КПД, вызванное ростом потерь энергии на трение, приводит к уменьшению силы тяги на ведущих колесах. В результате снижается максимальная скорость автомобиля и максимальный коэффициент сопротивления дороги.

Применение в холодное время года летних трансмиссионных масел, имеющих большую вязкость, приводит к увеличению крутящегося момента, особенно заметному во время трогания автомобиля с места.

Передаточные числа трансмиссии. От передаточного числа главной передачи в большой степени зависит максимальная скорость автомобиля. От передаточного числа первой передачи зависит величина максимального

сопротивления дороги, преодолеваемого при равномерном движении. Передаточные числа промежуточных ступеней подбирают таким образом, чтобы обеспечить максимальную интенсивность разгона.

Увеличение числа передач в коробке улучшает тяговую динамичность автомобиля. Хотя динамические факторы на первой и последних передачах в обоих случаях одинаковы, однако, сравнивая максимальные скорости на различных дорогах, видим преимущества четырехступенчатой коробки. Так, на дороге, характеризуемой коэффициентом сопротивления максимальной скоростью автомобиля характеризуемых штриховой кривой, что вызывает ухудшение динамичности и топливной экономичности автомобиля.

Масса автомобиля. Повышение массы автомобиля приводит к увеличению силы инерции и сил сопротивления качению и подъему и, как следствие, к ухудшению динамичности автомобиля.

Обтекаемость автомобиля. Для современных легковых автомобилей характерны строгие прямолинейные очертания с плавными переходами, однако нередко зарубежные фирмы в рекламных целях выпускают автомобили с кузовами вычурной формы, имеющими необычный внешний вид и создающими повышенное сопротивление воздуха.

Для уменьшения сопротивления воздуха ветровое стекло автомобиля располагают наклонно, а выступающие детали устанавливают так, чтобы они не выходили за внешние очертания кузова. У гоночных автомобилей число выступающих частей уменьшают до минимума, а заднюю часть кузова делают вытянутой, добиваясь плавного обтекания ее воздухом.

Силу сопротивления воздуха у грузовых автомобилей можно уменьшить, закрыв грузовую платформу брезентом, натянутым между крышей кабины и задним бортом, или используя специальные щитки (обтекатели), уменьшающие завихрения воздуха.

Тяговая динамика автомобиля имеет важнейшее значение для повышения его производительности и снижения затрат на перевозки. Чем более динамичен автомобиль, тем быстрее он перевозит пассажиров и грузы, тем выше его средняя скорость. Условия движения автомобиля непрерывно меняются, что приводит к изменению его скорости. Для обеспечения безопасности необходимо, чтобы скорость движения в любой момент времени соответствовала дорожным условиям и психофизиологическим возможностям водителя.

Во время дорожного движения происходят события, нарушающие это

соответствие и влекущие за собой отрицательные последствия. Тяжесть этих последствий, как правило, возрастает с увеличением скорости. Таким образом, для дорожного движения характерно наличие двух тенденций. С одной стороны, желательно увеличить скорость транспортного потока, так как это сокращает время доставки грузов и пассажиров, повышает производительность подвижного состава, с другой стороны - с ростом скорости движения увеличивается вероятность возникновения ДТП и тяжесть их последствий. Поэтому повышение скорости автомобилей возможно лишь при одновременном обеспечении безопасности их движения.

Показателями тяговой динамики автомобиля являются максимальные скорость и ускорение, минимальные время и путь разгона.

Повышение этих показателей должно сопровождаться повышением конструктивной безопасности автомобиля, улучшением дорожных условий и организации движения.

Безопасность движения при различных дорожных условиях

При управлении автомобилем в туман, или в условиях ограниченной видимости, в обязательном порядке необходимо снизить скорость движения до уровня, позволяющего совершить экстренное торможение автомобиля перед возможным неожиданным препятствием.

Кроме этого, необходимо включить дополнительные световые приборы, или противотуманные фары, а в качестве дополнительного источника привлечения внимания, включить аварийную сигнализацию, которая привлечет внимание других участников движения и создаст дополнительную зону безопасности.

Категорически не рекомендуется при движении автомобиля в условиях ограниченной видимости, использование дальнего света фар в качестве источника дополнительного освещения, ведь в данном случае, дальний свет, не только ухудшает видимость, но и приводит к повышенной утомляемости зрения водителя автомобиля.

Сильный дождь, вносит свои коррективы в любое движение, так, при управлении автомобилем в дождливую погоду, необходимо снизить скорость движения и, увеличить дистанцию до впереди идущего автомобиля.

Следует избегать резких перестроений, ускорений, и торможения, стараясь максимально прямолинейно управлять автомобилем, а при возникновении эффекта аквапланирования вызванного резким ухудшением контакта

автомобильных покрышек с дорожным покрытием, необходимо плавно и постепенно отпустить педаль газа, осуществляя таким образом мягкое торможение, и возобновление контакта шин с покрытием.

Неплохим решением, будет включение дополнительных источников света, а в случае очень сильного дождя и аварийной сигнализации.

При движении на автомобиле в гололед, и в условиях сильного снегопада, следует учитывать увеличенную тормозную дистанцию, поэтому, расстояние до впереди идущего автомобиля должно быть максимально большим.

Категорически запрещаются резкие ускорения, торможения и перестроения, все эти маневры совершаемые в гололед и в снегопад, даже на ровной дороге, неизбежно приводят к потере сцепления с покрытием, и последующим срывом автомобиля в занос.

Скоростной режим движения необходимо выбирать не только, исходя из общей скорости транспортного потока, но, и с учетом индивидуальных свойств автомобиля, а также, типа установленных автомобильных покрышек.

Необходимо тщательно следить за работой двигателя и режимом движения, при этом, желательно держать обороты двигателя на отметке, близкой к началу уровня максимальной тяги двигателя, - ведь в этом случае, при неожиданном заносе, резким нажатием на педаль газа можно увеличить тягу двигателя до максимальной, и моментально выйти из начинающегося заноса.

Контрольные вопросы

1. Какие показатели характеризуют взаимодействие колес автомобиля с дорогой
2. Что характеризует тяговая динамичность автомобиля
3. Показатели тяговой динамики автомобиля

Список литературы

1. Автомобильные дороги. Строительство, ремонт, эксплуатация / Л.Г. Основина и др. - М.: Феникс, 2015. - 496 с.
2. 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.

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).

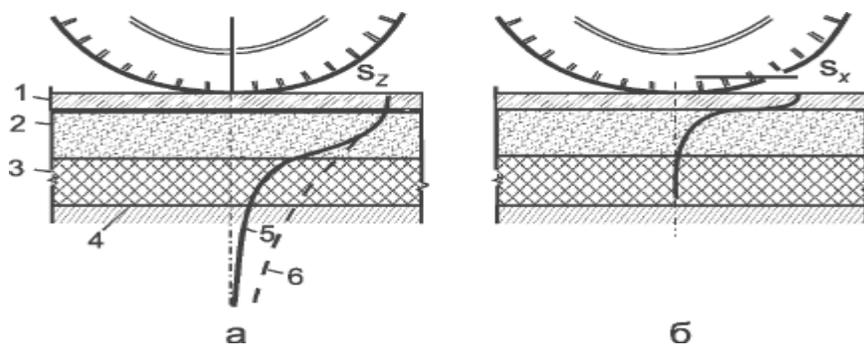


Рис. 1. Напряжения от колес автомобилей в многослойной дорожной одежде: а — эпюра вертикальных напряжений σ_z ; б — эпюра горизонтальных напряжений σ_x ; 1 — покрытие; 2 — основание;

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.

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.

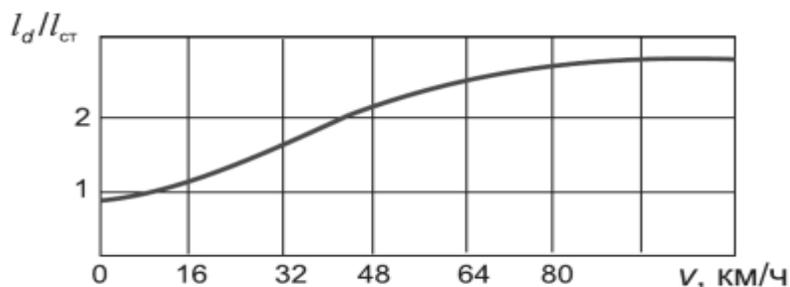


Рис. 2. Зависимость динамического коэффициента $l_d : l_{ст}$ от скорости движения v автомобиля на покрытии с неровной поверхностью (данные В.Ф. Бабкова)

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 .

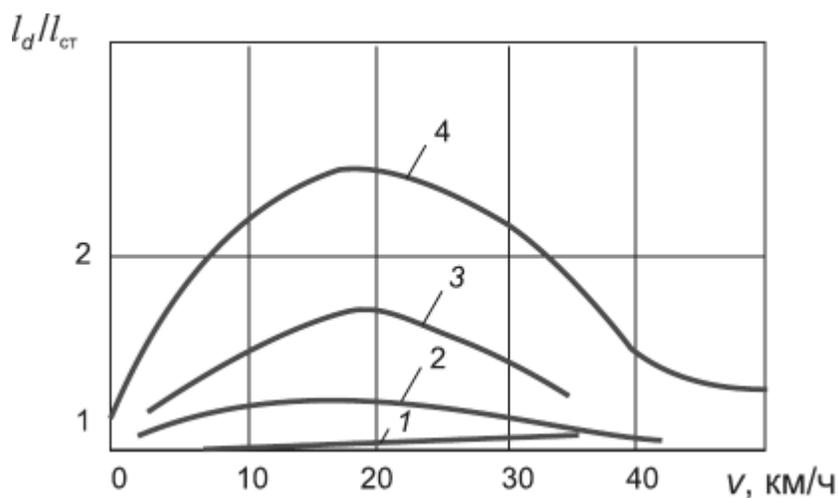


Рис. 3. Зависимость динамического коэффициента $l_d : l_{ст}$ от скорости движения v автомобиля по дорогам с разными типами покрытия (данные В.Ф. Бабкова): 1 — асфальтобетонное покрытие;

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 вызваны 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. Наибольшее значения горизонтальное усилие достигается при резком торможении автомобиля и хорошем сцеплении шины с

покрытием. В этом случае $F_{\text{max}} = Q_i \varphi m$, (12.3)

где m — коэффициент, учитывающий режим движения автомобиля, $m = 1, 1, \dots, 1, 4$.

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 перебегают 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

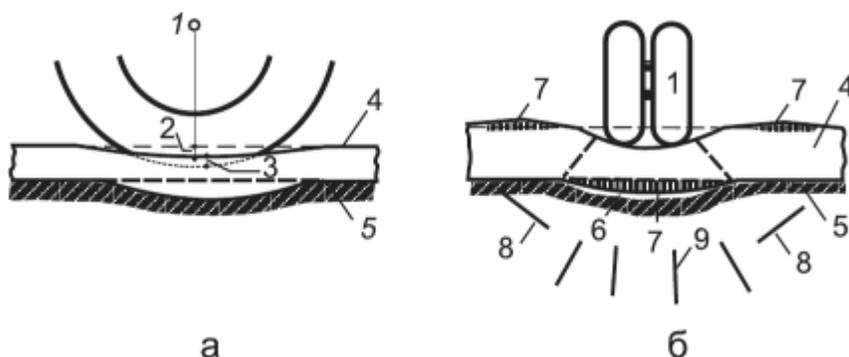


Рис. 4. Схема образования чаши прогиба и разрушения нежестких дорожных одежд под колесом автомобиля: 1 — колесо; 2 — прогиб дорожной одежды; 3 — сжатие шины; 4 — дорожная одежда; 5 — земляное полотно; 6 — чаша прогиба; 7 — зоны растяжения и трещины в одежде; 8 — выпирание грунта; 9 — направление сжатия 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, а также и разрушений в верхних слоях дорожной одежды в виде сдвигов, волн, наплывов, поперечных трещин и колея 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).

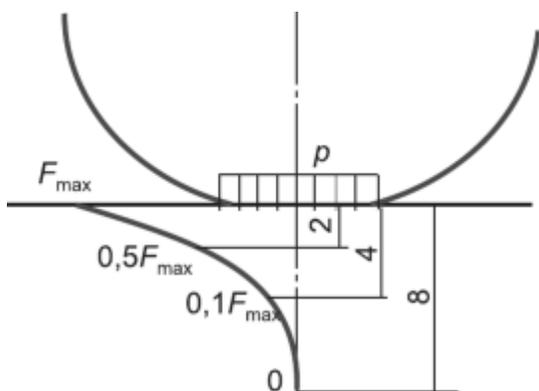


Рис. 5. Эпюра распределения касательных напряжений по глубине (размеры даны в сантиметрах): F_{\max} — максимальное тангенциальное усилие; p — распределенная нагрузка на покрытие

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. 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.

Лекция 4

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

План:

1. Обеспечения выполнением норм ремонта и содержания нормативных правовых актов для сохранности автомобильных дорог
2. Способы ограничения движения транспортных средств.

Сохранность автомобильных дорог и искусственных сооружений в процессе эксплуатации обеспечивается выполнением норм их ремонта и содержания и соответствующих нормативных правовых актов, а также правовыми и организационно-техническими мероприятиями по предупреждению, пресечению и устранению причин повреждения и преждевременного разрушения элементов автомобильных дорог и искусственных сооружений.

Действия, которые необходимо пресекать с целью обеспечения сохранности автомобильных дорог:

1) Проезд по автомобильным дорогам без специального разрешения автотранспортных средств, перевозящих опасные грузы, которые могут вызвать взрыв, пожар, загрязнение, химическое, бактериологическое или радиационное

заражение автомобильных дорог или иные опасные последствия;

2) Проезд по автомобильным дорогам без специального разрешения автотранспортных средств, весовые параметры (осевая нагрузка и полная масса) и (или) габариты которых с грузом или без груза превышают установленные нормативные величины и (или) величины, указанные на дорожных знаках ;

3) Проезд по автомобильным дорогам тяжеловесных и крупногабаритных автотранспортных средств с нарушением требований и маршрута движения, указанных в специальном разрешении;

4) Перемещение грузов по автомобильным дорогам посредством волочения, движение по проезжей части или обочинам транспортных средств на гусеничном ходу или на металлических колесах без специального разрешения или без соблюдения условий, указанных в этом разрешении;

5) Проезд по автомобильным дорогам груженых автотранспортных средств, оборудованных подъемной осью при её поднятом положении и нагрузке на другие оси, превышающей допустимые значения;

6) Проезд по автомобильным дорогам груженых автотранспортных средств, оборудованных двускатными колесами, с которых сняты по одной внутренней или внешней шине;

7) Попадание на проезжую часть автомобильных дорог и обочины горюче-смазочных, сыпучих, жидких и других материалов и предметов, снижающих сцепные качества покрытий, вызывающих их разрушение или нарушение условий безопасности дорожного движения;

8) Использование элементов автомобильных дорог и полос отвода для складирования, погрузки и выгрузки грузов;

9) Производство строительных, геологоразведочных, топографических, горных и изыскательских работ, а также устройство наземных сооружений в полосе отвода;

10) Распашка участков, покос трав, снятие дерна и выемка грунта на полосе отвода;

11) Спуск канализационных, промышленных, мелиоративных и сточных вод в водоотводные сооружения и резервы;

12) Несанкционированное строительство капитальных сооружений (за исключением объектов дорожной службы) и объектов дорожного сервиса в придорожных полосах;

13) Несанкционированные порубка, раскорчёвка и повреждение защитных и декоративных насаждений;

14) Умышленное или по неосторожности уничтожение или повреждение имущества, входящего в состав автомобильных дорог и дорожных сооружений;

15) Несанкционированные прокладка и переустройство инженерных коммуникаций, проходящих в полосе отвода, в придорожной полосе или пересекающих автомобильные дороги;

16) Несанкционированное строительство, реконструкция и ремонт пересечений

и примыканий к автомобильным дорогам.

С целью обеспечения сохранности автомобильных дорог землепользователи придорожных полос обязаны:

- в пределах населённых пунктов устраивать и ремонтировать пешеходные дорожки и переходные мостики в границах закреплённых за ними участков, а также регулярно производить их очистку;

- содержать в технически исправном состоянии и чистоте выезды из закреплённых участков и подъездных путей к дороге общего пользования, включая переездные мостики.

С целью предупреждения преждевременного разрушения дорожных конструкций допускается введение временного (сезонного) ограничения движения грузовых автотранспортных средств по участкам автомобильных дорог с недостаточно прочной дорожной одеждой. Решение о временном (сезонном) ограничении движения грузовых автотранспортных средств с указанием срока действия ограничения, допустимой осевой нагрузки и регламента организации движения в этот период принимается федеральным дорожным органом. Федеральный дорожный орган обязан оповестить через средства массовой информации пользователей дорог о порядке введения ограничения движения по обслуживаемым дорогам, обеспечить установку необходимых дорожных знаков и контроль за проездом грузовых автотранспортных средств. В неотложных, специально обоснованных случаях, органы управления автомобильными дорогами могут разрешить срочный проезд грузовых автотранспортных средств с повышенными осевыми нагрузками, для чего выдаются специальные пропуска. Даты начала и окончания периода временного (сезонного) ограничения движения грузовых автотранспортных средств, допустимые осевые нагрузки и необходимое количество специальных пропусков определяются органами управления автомобильными дорогами исходя из фактической прочности обслуживаемых дорог в соответствии с отраслевыми дорожными нормами. При повышении температуры нежестких усовершенствованных дорожных покрытий выше +50°C с целью предупреждения возникновения на них пластических деформаций допускается временное ограничение движения гружёных многоосных автопоездов и автотранспортных средств, перевозящих тяжеловесные грузы в дневное и вечернее время суток с обеспечением их проезда в ночное или утреннее время суток. [1] (Справочная энциклопедия дорожника II том Ремонт и содержание автомобильных дорог, Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева МОСКВА 2004 стр 1012-1015)

Известно, что значительная часть существующих автомобильных дорог общего пользования в настоящее время не отвечает требованиям современного движения и нуждается в комплексе мероприятий, повышающих качество дорог и безопасность дорожного движения. В условиях недостаточной прочности

дорожных одежд и ограниченного финансирования дорожных работ сезонное ограничение движения тяжеловесных (Тяжеловесными транспортными средствами считаются автомобили и автопоезда, вызывающие преждевременный износ автомобильных дорог и сокращение межремонтных сроков службы дорожных одежд и покрытий.) транспортных средств по осевым нагрузкам является важнейшим мероприятием для обеспечения сохранности автомобильных дорог в процессе эксплуатации.

Потребность в сезонном ограничении движения возникает в случаях, когда дорожные конструкции либо не рассчитаны на пропуск тяжеловесных нагрузок, либо их несущая способность (прочность) не отвечает требованиям, предъявляемым по условиям движения (при коэффициенте прочности, равном отношению фактического модуля упругости к требуемому, $K_{ПР} < 1$), и нет возможностей для своевременного осуществления ремонта (усиления) дорожной одежды.

3. Временное ограничение или запрещения дорожного движения на дорогах или отдельных участках дорог вводятся в случаях:

1) угрозы безопасности дорожного движения, в том числе жизни и (или) здоровью физических лиц;

2) угрозы сохранности дорог;

3) ДТП;

4) загрязнения атмосферного воздуха выше нормативов предельно допустимых концентраций химических и иных веществ;

5) стихийных бедствий, неблагоприятных дорожно-климатических условий;

6) проведения массовых, спортивных и иных мероприятий в целях создания необходимых условий для безопасного движения транспортных средств и пешеходов либо когда пользование транспортными средствами угрожает безопасности дорожного движения;

7) если железнодорожные переезды не отвечают требованиям обеспечения безопасности дорожного движения;

8) проведения на дорогах ремонтно-строительных и других работ;

9) проведения антитеррористической операции и (или) охранных мероприятий;

10) проведения мероприятий по предотвращению и (или) ликвидации чрезвычайных ситуаций социального, природного и техногенного характера и их последствий;

11) несоответствия показателей состояния конструктивных элементов дорог техническим нормам обеспечения безопасности дорожного движения;

12) сверхнормативной загрузки путем:

обеспечения платного доступа с целью обеспечения нормативной пропускной способности дорог;

ограничения или запрета въезда определенных категорий транспортных средств в установленное время;

ограничения движения грузовых и транзитных транспортных средств;

13) проведения мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения:

при сопровождении автомобилей особого назначения;

организованных автобусных колонн;

войсковых колонн.

Порядок прекращения или временного ограничения движения транспортных средств по дорогам

4. При наступлении случаев, предусмотренных пунктом 3 настоящих Правил, решение о введении временного прекращения или временного ограничения движения транспортных средств по дорогам принимается владельцами дорог совместно с уполномоченными органами в пределах их компетенции.

5. Владельцы дорог при наступлении случаев, предусмотренных пунктом 3 настоящих Правил, принимают немедленные меры по временному ограничению или прекращению дорожного движения, изменению его организации на дорогах или отдельных участках дорог с уведомлением об этом участников дорожного движения через средства массовой информации.

6. При наступлении случаев, предусмотренных пунктом 3 настоящих Правил, владельцы дорог осуществляют прием сообщений, обеспечивают информирование о временном ограничении или прекращении движения транспортных средств участников дорожного движения и территориальных подразделений уполномоченного органа по обеспечению безопасности дорожного движения, которые проводят организацию постов и установку знаков на дорогах. [2] <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1500000074>

Ориентировочно продолжительность неблагоприятного (весеннего) периода в сутках $T_{огр}$ в районах с сезонным промерзанием грунтов земляного полотна допускается определять по формуле

$$T_{огр} = h_{пр} / V_{от}$$

где

$h_{пр}$ - глубина промерзания грунта земляного полотна в см;

$V_{от}$ - среднесуточная скорость оттаивания, равная 1-3 см/сут (определяют по скорости опускания нулевой изотермы, приведённой в климатических справочниках).

Для определения даты начала периода ограничения движения возможно использовать специальные стационарные посты контроля температуры грунта земляного полотна. Оборудование стационарного поста включает измерительный прибор типа ЭТП-М и обсадные устройства (зонды), устанавливаемые в дорожную конструкцию в непосредственной близости от контрольной точки, используемой для испытания дорожной одежды нагрузкой.

[3] Справочная энциклопедия дорожника II том Ремонт и содержание автомобильных дорог, Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники

РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева МОСКВА 2004 стр 1016)

Дорожные знаки, ограничивающие осевые нагрузки транспортных средств в период сезонного ограничения движения, должны соответствовать наибольшему осевым нагрузкам грузовых автомобилей, допускаемых для проезда по недостаточно прочным участкам. Определение типов таких автомобилей осуществляют методом последовательного исключения из состава движения отдельных автомобилей, добиваясь примерного равенства допустимой и фактической интенсивности движения, приведённой к расчётным нагрузкам:

$$N_d = f \cdot N_{\phi} \sum_1^{\pi} \alpha_j \cdot p_j,$$

где

f - коэффициент, принимаемый в зависимости от количество полос движения на дороге (табл. 20.2);

N_{ϕ} - интенсивность движения транспортного потока после исключения тяжеловесных транспортных средств, авт/сут;

π - количество типов автомобилей, остающихся на дороге после исключения из состава движения тяжеловесных транспортных средств;

$\alpha_j; p_j$ - соответственно коэффициент приведения и доля j -того автомобиля, допускаемого для движения в период сезонного ограничения движения. Коэффициенты приведения автомобилей α_{jk} расчётным назначают с учётом типа дорожной одежды. [4] Справочная энциклопедия дорожника II том Ремонт и содержание автомобильных дорог, Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева МОСКВА 2004 стр 1019-1020)

Список использованной литературы:

1. Справочная энциклопедия дорожника II том Ремонт и содержание автомобильных дорог, Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева МОСКВА 2004, 1129 стр;

Список литературы

8. Автомобильные дороги. Строительство, ремонт, эксплуатация / Л.Г. Основина и др. - М.: Феникс, 2015. - 496 с.
9. Рассел, Джесси Классификация автомобильных дорог в России / Джесси Рассел. - М.: VSD, 2016. - 945 с.
10. Садило, М. В. Автомобильные дороги. Строительство и эксплуатация / М.В. Садило, Р.М. Садило. - М.: Феникс, 2018. - 368 с.
11. 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.

Лекция 5

Взаимосвязь эксплуатационных свойств дороги с тормозной динамичностью автомобиля

План

1. Тормозная сила
2. Замедление при торможении автомобиля
3. Время торможения
4. Тормозной путь
5. Распределение тормозной силы между мостами автомобиля

Тормозная сила

При торможении элементарные силы трения, распределенные по поверхности фрикционных накладок, создают результирующий момент трения, т.е. тормозной момент $M_{\text{тор}}$, направленный в сторону, противоположную вращению колеса. Между колесом и дорогой возникает тормозная сила $P_{\text{тор}}$.

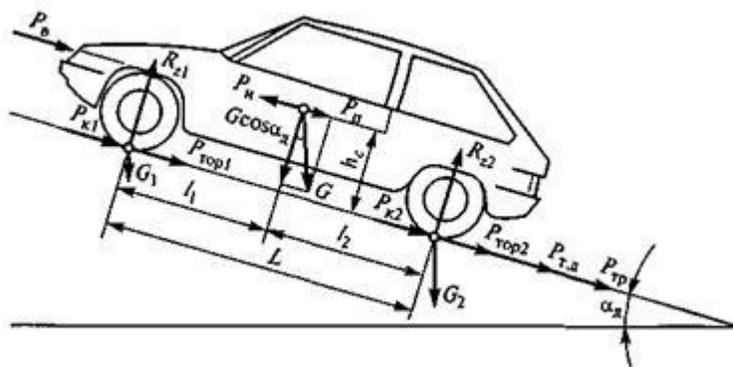
Максимальная тормозная сила $P_{\text{тор max}}$ равна силе сцепления шины с дорогой [от $\phi=0,1$ (при гололеде), до $\phi=1,0$ (шины с высокой проходимостью)]. Современные автомобили имеют тормозные механизмы на всех колесах. У двухосного автомобиля максимальная тормозная сила, H ,

Таблица 4

Дорожное покрытие		Коэффициент сцепления для шины		
Наименование	Состояние	высокого давления	низкого давления	высокой проходимости
Асфальтобетонное	Сухое	0,50—0,70	0,70—0,80 (1,00)	0,7—0,8 (1,00)
	Мокрое	0,35—0,45	0,45—0,55	0,50—0,60
Булыжное	Покрытое	0,25—0,45	0,25—0,40	0,25—0,45
	грязью	0,40—0,50	0,50—0,55	0,60—0,70
Щебеночное	Сухое	0,50—0,60	0,60—0,70	0,60—0,70
	Мокрое	0,30—0,40	0,40—0,50	0,40—0,55
Деревянные торцы	Сухие	0,50—0,70	0,60—0,75	0,60—0,70
	Мокрые	0,30—0,40	0,40—0,50	0,50—0,60
Грунтовая дорога	Сухая	0,40—0,50	0,50—0,60	0,50—0,60
	Увлажненная	0,20—0,40	0,30—0,45	0,35—0,50
Целина летом: песок	дождем	0,15—0,25	0,15—0,25	0,20—0,30
	В период распутицы	0,15—0,25	0,15—0,25	0,20—0,30
Суглинок	Сухой	0,20—0,30	0,22—0,40	0,20—0,30
	Влажный	0,35—0,40	0,40—0,50	0,40—0,50
Целина зимой: снег	Сухой	0,40—0,50	0,45—0,55	0,40—0,50
	Увлажненный	0,20—0,40	0,25—0,40	0,30—0,45
Обледенелая дорога и гладкий лед	до пластического состояния	0,15—0,20	0,15—0,25	0,15—0,25
	Увлажненный до текучего состояния	0,15—0,20	0,15—0,25	0,15—0,25
Обледенелая дорога и гладкий лед	Рыхлый	0,20—0,30	0,20—0,40	0,20—0,40
	Укатанный (укатанная дорога)	0,15—0,20	0,20—0,25	0,30—0,50
Обледенелая дорога и гладкий лед	Температура воздуха ниже 0° С	0,08—0,15	0,10—0,20	0,05—0,10

Торможение с блокировкой колес нежелательно и по условиям безопасности движения:

- Во-первых, на заблокированном колесе тормозная сила значительно меньше, чем при торможении на грани блокировки.
- Во-вторых, при скольжении шин по дороге автомобиль теряет управляемость и устойчивость.



$$P_{\text{тор max}} = P_{\text{тор1}} + P_{\text{тор2}} = \varphi_x (R_{z1} + R_{z2}) = \varphi_x G.$$

Силы, действующие на автомобиль при торможении на подъеме и другие параметры расчетной схемы показаны на рисунке, это такие как

$P_{\text{в}}$ – сила сопротивления воздуха;

$P_{\text{и}}$ – приведенная сила инерции;

$P_{\text{п}}$ – сила сопротивления подъему;

$P_{к1}, P_{к2}$ – силы, учитывающие потери энергии в шинах ведущих колес;

$P_{т.д.}$ – сила трения в двигателе, приведенная к ведущим колесам;

G – вес автомобиля;

$P_{тор1}, P_{тор2}$ – тормозные силы колес переднего и заднего мостов;

$P_{тр}$ – потери на трение в трансмиссии;

α_d – угол, характеризующий крутизну подъема дороги;

L – база автомобиля

Проецируя все силы, действующие на автомобиль при торможении, на плоскость дороги, получим в общем виде уравнение движения автомобиля при торможении на подъеме:

$$P_{тор1} + P_{тор2} + P_{к1} + P_{к2} + P_{п} + P_{в} + P_{m.д.} + P_{г} - P_{и} = P_{тор} + P_{д} + P_{в} + P_{m.д.} + P_{и} - P_{п} = 0,$$

где

$$P_{тор} = P_{тор1} + P_{тор2};$$

$P_{д} = P_{к1} + P_{к2} + P_{п}$ – сила сопротивления дороги;

$P_{т.д.}$ – сила трения в двигателе, приведенная к ведущим колесам.

Замедление при торможении автомобиля

Замедление при торможении определяют по формуле

$$a_z = (P_{тор} + P_{д} + P_{в} + P_{и}) / (\delta_{вр} m).$$

Если тормозные силы на всех колесах достигли значения сил сцепления, то, пренебрегая силами $P_{в}$ и $P_{и}$

$$a_z = [(\varphi_x + \psi) / \delta_{вр}] g.$$

Коэффициент φ_x обычно значительно больше коэффициента ψ , поэтому в случае полного торможения автомобиля величиной ψ в выражении можно пренебречь. Тогда

$$a_z = \varphi_x g / \delta_{вр} \approx \varphi_x g.$$

Если во время торможения коэффициент φ_x не изменяется, то замедление a_z не зависит от скорости автомобиля.

Время торможения

Остановочное время (общее время торможения) – это время от момента обнаружения водителем опасности до полной остановки автомобиля. Общее время торможения включает в себя несколько отрезков:

1) время реакции водителя t_p – время, в течение которого водитель принимает решение о торможении и переносит ногу с педали подачи топлива на педаль рабочей тормозной системы (в зависимости от его индивидуальных особенностей и квалификации составляет 0,4...1,5 с);

2) время срабатывания тормозного привода $t_{пр}$ – время от начала нажатия на тормозную педаль до начала замедления, т.е. время на перемещение всех подвижных деталей тормозного привода (в зависимости от типа тормозного привода и его технического состояния составляет 0,2...0,4 с для гидропривода, 0,6...0,8 с для пневмопривода и 1...2 с для автопоезда с пневмоприводом)

тормозов);

3) время t_y , в течение которого замедление увеличивается от нуля (начало действия тормозного механизма) до максимального значения (зависит от интенсивности торможения, нагрузки на автомобиль, типа и состояния дорожного покрытия и тормозного механизма);

4) время торможения с максимальной интенсивностью $t_{\text{тор}}$. Определяют по формуле

$$t_{\text{тор}} = v/a_{z \text{ max}} - 0,5t_y .$$

В течение времени $t_p + t_{\text{пр}}$ автомобиль движется равномерно со скоростью v , в период t_y – замедленно, а в течение времени $t_{\text{тор}}$ – замедленно до полной остановки.

Графическое представление о времени торможения, изменении скорости, замедлении и остановке автомобиля дает тормозная диаграмма.

Чтобы определить остановочное время t_o , необходимое для остановки автомобиля с момента возникновения опасности, нужно суммировать все названные выше отрезки времени:

$$t_o = t_p + t_{\text{пр}} + t_y + t_{\text{тор}} = t_p + t_{\text{пр}} + 0,5t_y + v/a_{z \text{ max}} = t_{\text{сум}} + v/a_{z \text{ max}},$$

$$\text{где } t_{\text{сум}} = t_p + t_{\text{пр}} + 0,5t_y .$$

Если тормозные силы на всех колесах автомобиля одновременно достигают значения сил сцепления, то, принимая коэффициент $\delta_{\text{вр}} = 1$, получим

$$t_o = t_{\text{сум}} + v/(\varphi_x g) .$$

Тормозной путь

Тормозной путь – это расстояние, которое автомобиль проходит за время торможения $t_{\text{тор}}$ с максимальной эффективностью. Этот параметр определяют, используя кривую $t_{\text{тор}} = f(v)$ и считая, что в каждом интервале скоростей автомобиль движется равнозамедленно. Примерный вид графика зависимости пути $S_{\text{тор}}$ от скорости с учетом сил $P_k, P_{\text{в}}, P_T$ и без учета этих сил показан на рис. 2.18, а.

Остановочный путь условно можно разделить на несколько отрезков, соответствующих отрезкам времени $t_p, t_{\text{пр}}, t_y, t_{\text{тор}}$:

$$S_o = S_p + S_{\text{пр}} + S_y + S_{\text{тор}} .$$

Путь, пройденный автомобилем за время $t_p + t_{\text{пр}}$ движения с постоянной скоростью v , определяют так:

$$S_p + S_{\text{пр}} = v(t_p + t_{\text{пр}}) .$$

Принимая, что при уменьшении скорости от v до v' автомобиль движется с постоянным замедлением $a_{\text{ср}} = 0,5 a_{z \text{ max}}$, получим путь, пройденный автомобилем за это время:

$$\Delta S_y = [v^2 - (v')^2] / a_{z \text{ max}} .$$



Тормозной путь при уменьшении скорости от v' до нуля во время экстренного торможения

$$S_{\text{тор}} = (v')^2 / (2a_{z \text{ max}})$$

Если тормозные силы на всех колесах автомобиля одновременно достигли значений сил сцепления, то тормозной путь автомобиля

$$S_{\text{тор}} = v^2 / (2\varphi_x g).$$

Тормозной путь прямо пропорционален квадрату скорости автомобиля в момент начала торможения, поэтому при увеличении начальной скорости тормозной путь возрастает особенно быстро.

Таким образом, остановочный путь можно определить так:

$$S_o = S_p + S_{\text{пр}} + S_y + S_{\text{тор}} = v(t_p + t_{\text{пр}}) + [v^2 - (v')^2] / a_{z \text{ max}} + (v')^2 / (2 a_{z \text{ max}}) = v t_{\text{сум}} + v^2 / (2a_{z \text{ max}}) = v t_{\text{сум}} + v^2 / (2\varphi_x g).$$

Замедление при торможении автомобиля

Время торможения

Тормозной путь

Распределение тормозной силы между мостами автомобиля

При торможении автомобиля сила инерции $P_{\text{и}}$, действуя на плече h_c , вызывает перераспределение нормальных нагрузок между передними и задними мостами; нагрузка на передние колеса увеличивается, а на задние – уменьшается. Поэтому нормальные реакции R_{z1} и R_{z2} , действующие соответственно на передние и задние мосты автомобиля во время торможения, значительно отличаются от нагрузок G_1 и G_2 , которые воспринимают мосты в статическом состоянии. Эти изменения оценивают коэффициентами изменения нормальных реакций m_{p1} , и m_{p2} , которые для случая торможения автомобиля на горизонтальной дороге определяют по формулам

$$m_{p1} = 1 + \varphi_x h_c / l_1; \quad m_{p2} = 1 - \varphi_x h_c / l_2.$$

Следовательно, нормальные реакции дороги

$$R_{z1} = m_{p1} G_1; \quad R_{z2} = m_{p2} G_2.$$

Во время торможения автомобиля наибольшие значения коэффициентов изменения реакций находятся в следующих пределах:

$$m_{p1} = 1,5...2; \quad m_{p2} = 0,5...0,7.$$

Максимальную интенсивность торможения можно обеспечить при условии полного использования сцепления всеми колесами автомобиля. Однако тормозная сила между мостами может распределяться неравномерно. Такую неравномерность характеризует *коэффициент распределения тормозной силы* между передними и задними мостами.

Этот коэффициент зависит от различных факторов, из которых основными являются: распределение веса автомобиля между его осями; интенсивность торможения; коэффициенты изменения реакций; виды колесных тормозных механизмов и их техническое состояние и т.д.

При оптимальном распределении тормозной силы передние и задние колеса автомобиля могут быть доведены до блокировки одновременно. Для этого случая

Большинство тормозных систем обеспечивает неизменное соотношение между тормозными силами колес переднего и заднего мостов (P_{top1} и P_{top2}), поэтому суммарная сила P_{top} может достигнуть максимального значения только на дороге с оптимальным коэффициентом φ_0 . На других дорогах полное использование сцепного веса без блокировки хотя бы одного из мостов (переднего или заднего) невозможно. Однако в последнее время появились тормозные системы с регулированием распределения тормозных сил.

Распределение общей тормозной силы между мостами не соответствует нормальным реакциям, изменяющимся во время торможения, поэтому фактическое замедление автомобиля оказывается меньше, а время торможения и тормозной путь больше теоретических значений этих показателей.

Для приближения результатов расчета к экспериментальным данным в формулы вводят коэффициент эффективности торможения K_3 , который учитывает степень использования теоретически возможной эффективности тормозной системы. В среднем для легковых автомобилей $K_3 = 1,1...1,2$; для грузовых автомобилей и автобусов $K_3 = 1,4...1,6$. В этом случае расчетные формулы имеют следующий вид:

$$a_3 = \varphi_x g / K_3;$$

$$t_0 = t_{\text{сум}} + K_3 v / (\varphi_x g);$$

$$S_{\text{top}} = K_3 v^2 / (2\varphi_x g);$$

$$S_0 = v t_{\text{сум}} + K_3 v^2 / (2\varphi_x g).$$

Список литературы

13. Автомобильные дороги. Строительство, ремонт, эксплуатация / Л.Г. Основина и др. - М.: Феникс, 2015. - 496 с.
2.

14. 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.
15. Постатейный комментарий к Федеральному закону в новой редакции "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности". - Москва: РГГУ, 2015. - 608 с.
16. Рассел, Джесси Классификация автомобильных дорог в России / Джесси Рассел. - М.: VSD, 2016. - 945 с.
17. Садило, М. В. Автомобильные дороги. Строительство и эксплуатация / М.В. Садило, Р.М. Садило. - М.: Феникс, 2018. - 368 с.
18. 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.
19. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения / под ред. И.И. Леоновича. Минск : Вышэйш. шк., 1988.

Лекция 6

Система управления состоянием и улучшения функционирования автомобильных дорог путем повышения их транспортно-эксплуатационных качеств

План:

- 1. Система управления состоянием автомобильных дорог**
- 2. Системный подход в решении задач повышения транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог**

1. Система управления состоянием автомобильных дорог

Систему управления состоянием автомобильных дорог можно рассматривать

как ряд последовательных этапов или действий, направленных на достижение конечных целей и задач управления (рис. 1.).

Рассмотрим систему управления состоянием дорог на примере сети автомобильных дорог федерального значения Российской Федерации. Целью системы управления состоянием автомобильных дорог общего пользования федерального значения является обеспечение безопасного, непрерывного и эффективного пропуска транспортных средств.

Одной из основных задач, позволяющих достичь указанную цель, является формирование среднесрочного трехлетнего опорного плана дорожно-ремонтных работ автомобильных дорог федерального значения на основе результатов их диагностики.

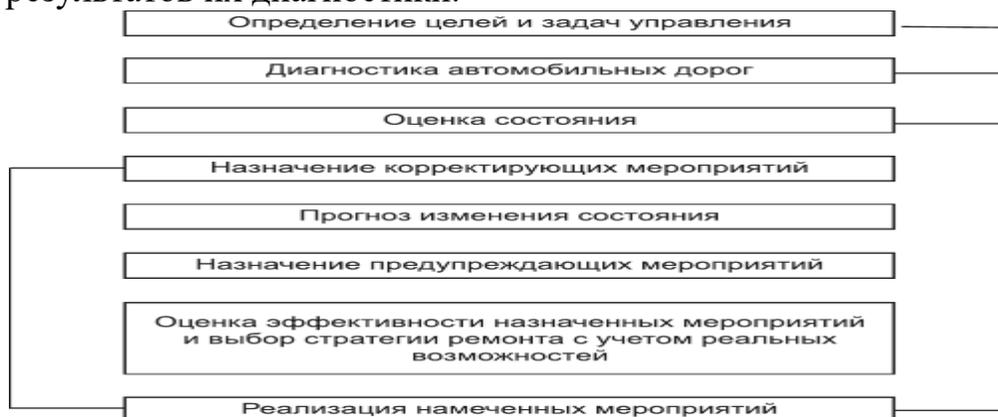


Рис. 1. Блок-схема управления состоянием дорог

Работы по диагностике и оценке состояния дорог выполняют специализированные организации, оснащенные соответствующими передвижными лабораториями, приборами и оборудованием.

При проведении диагностики автомобильных дорог используется стандартное, унифицированное, метрологически аттестованное оборудование. Перед проведением обследований выполняется калибровка измерительных приборов. Диагностика автомобильных дорог включает четыре последовательно выполняемых этапа:

- 1) подготовительные работы;
- 2) полевые обследования;
- 3) камеральная обработка полученной информации;
- 4) обновление отраслевого банка дорожных данных АБДД «Дорога».

После занесения результатов диагностики автомобильных дорог в отраслевой банк дорожных данных АБДД «Дорога» в автоматическом режиме производятся расчеты по оценке состояния обследованных дорог. Фактические показатели сравниваются с требуемыми, оценивается загрузка участков дорог движением, определяются участки концентрации ДТП, определяются коэффициенты расчетной скорости и т.д.

Диагностика и оценка состояния автомобильных дорог обычно выполняются одновременно и позволяют перейти к третьему этапу управления —

планированию ремонтных работ, т.е. назначению мероприятий по устранению выявленных повреждений и доведению параметров до требуемых значений. Для этого на основе результатов диагностики автомобильных дорог выполняют оценку потребности в ремонтных работах. При этом определяют все необходимые работы с указанием точных адресов и укрупненной стоимости каждой работы. После этого, ориентируясь на заданный годовой лимит денежных средств, направляемых на ремонт и капитальный ремонт автомобильных дорог федерального значения, и используя методы планирования при дефиците денежных средств, определяют перечень наиболее приоритетных работ на следующий после проведения диагностики дорог год, оформляя его в виде опорного плана ремонтных работ.

После этого, опираясь на опорный план ремонтных работ, учитывая средства, планируемые для ремонтных работ на следующие два года, а также спрогнозировав изменение основных транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог, определяют перечень ремонтных работ на второй и третий год после проведения диагностики дорог. Таким образом, формируется среднесрочная трехлетняя программа ремонтных работ на сети автомобильных дорог федерального значения. При этом выбор работ на каждый из трех лет производится с учетом их экономической эффективности.

После экспертной корректировки опорного плана, на следующий год после проведения диагностики дорог происходит реализация намеченных мероприятий. Опорные планы второго и третьего года среднесрочной программы корректируют по результатам повторной диагностики в соответствующие годы. Затем трехлетний цикл повторяется. Помимо описанного основного блока системы управления состоянием автомобильных дорог федерального значения в нее входят блоки: управление состоянием искусственных сооружений, управление безопасностью дорожного движения, управление экологической безопасностью.

Описанная система управлением состоянием автомобильных дорог федерального значения, постоянно совершенствуясь, функционирует уже более двух десятков лет. В последнее время совершенствование этой системы связано в основном с активным использованием ГИС технологий. Использование электронных карт с географической привязкой объектов, построение 3D-моделей местности, возможность непрерывного спутникового слежения за производством работ. Широкое использование этих технологий позволит заметно повысить эффективность системы управления состоянием автомобильных дорог федерального значения.

2. Системный подход в решении задач повышения транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог

Вопросы повышения транспортно-эксплуатационных качеств дорог являются актуальными в течение многих лет. Последнее вызвано тем, что дорожное

строительство весьма капиталоемко и возведение объектов на дальнюю перспективу требует значительных единовременных затрат. Это обуславливает необходимость использования научных подходов к решению задач составной части автоматизированного проектирования - имитационной подсистемы, позволяющей видеть дорогу в действии, прогнозировать комплекс транспортно-эксплуатационных качеств дороги в процессе проектирования по результатам моделирования на ЭВМ движения автомобилей и автомобильных потоков. При этом ЭВМ выступает в роли полигона для испытания проектируемой дороги.

К настоящему моменту сформировались новые отрасли лесного дорожного строительства, требующие глубинных изменений в процессах проектирования, строительства и эксплуатации дорог:

- сложность, иногда взаимная противоречивость требований, которые предъявляются

к дороге (безопасность движения, снижение стоимости строительства, снижение стоимости и

энергоёмкости перевозок, экономические требования, надежность дорожных сооружений и

т.п.);

- тенденция сокращения сроков реконструкции дорожных сооружений, вызванная

бурным ростом автомобилизации, требующая снижения сроков проектирования дороги.

Эти свойства дорожной отрасли сводят главную задачу проектировщика не только к расчету конструкции и выпуску чертежей, сколько к прогнозированию процесса функционирования, дороги как основной части автомобильного транспорта, и определению последствий проектных решений.

Решению этих проблем способствуют развивающиеся системы имитационного моделирования автомобильных лесовозных дорог. Центральное место занимает подсистема имитации процессов функционирования дороги и без этой подсистемы невозможно оценивать и

направленно формировать оптимальное проектное решение. Коренное отличие системного проектирования от эпизодического применения компьютерной техники при традиционном

проектировании заключается в том, что все подсистемы взаимосвязаны и результаты проектных разработок по одной из систем непосредственно используются в виде исходной информации для последующего проектирования без промежуточной переподготовки данных. Эти результаты, кроме того, могут выдаваться на экран монитора в виде цифровой или графической информации, которая при необходимости непосредственно корректируется инженером проектировщиком. Таким образом, осуществляется диалог инженера с компьютером.

Разработка систем имитационного моделирования является прогрессивным направлением повышения качества проектных решений.

Важнейшее место занимает система имитационного моделирования процессов функционирования проектируемой дороги, которая позволяет производить оценку транспортноэксплуатационных качеств пути на стадии применения проектных решений. Среди оригинальных работ в этом направлении необходимо выделить моделирование движения автомобилей с использованием результатов теории массового обслуживания работы В.В. Сильянова и исследователей МАДИ по имитационному моделированию

Одним из направлений оценки транспортно-эксплуатационных качеств АЛД в САПР является построение эпюр (скорости движения по Н.Ф. Хорошилову, Е.А. Бельскому, К.А. Хавкину, В.В. Сильянову; коэффициентов аварийности и коэффициентов безопасности движения по В.Ф. Бабкову; пропускной способности и уровня загрузки по В.В. Сильянову отдельных показателей).

Хотя проблемы, связанные с системами управления дорожным движением, постепенно решаются путем теоретического анализа и натуральных экспериментов, при рассмотрении крупномасштабных систем не всегда легко предложить достаточно точную теорию или провести адекватные их масштабу экспериментальные исследования. Поэтому важно уметь компенсировать недостаток средств для исследования путем использования нематематических моделей. Имеются некоторые примеры использования аналоговых моделей, основанных на применении специализированных вычислительных устройств, для целей подобного нематематического моделирования обычно применяют цифровые ЭВМ, поскольку малая общность аналоговых моделей делает невыгодными капиталовложения в разработку реализующих их средств вычислительной техники. Попытки подобного применения цифровых ЭВМ для имитационного моделирования дорожного движения предпринимались достаточно давно, поскольку модель автомобиля интуитивно понятна и сравнительно просто представляется кодами цифровой ЭВМ. Однако имитационное моделирование транспортного потока не является простым делом в связи со сложностью системы и невозможностью моделировать все факторы, воздействующие на нее. Поэтому, для того чтобы решить некоторую задачу методом моделирования, необходимо сузить как ее постановку, так и масштабы модели.

Теоретический анализ. Хотя методами моделирования были решены многие задачи, трудно представить себе универсальную программу имитационного моделирования; вместо этого имитацию обычно проводят с помощью моделей, служащих определенным конкретным целям, примерами которых могут служить:

-теоретические исследования транспортного потока (анализ интенсивности движения, задержек, обгонов, слияний, шума ускорения, потребления энергии, загрязнения окружающей среды);

- проектирование дорог (анализ пропускной способности дороги, конфигурации примыканий, въездов и съездов и т. д.);
- проектирование дорожных сетей (планирование прокладки новых дорог, прогнозирование транспортного спроса и т. д.);
- определение эффективности управления дорожным движением (оценка алгоритмов управления и схем организации движения);
- определение оптимальных управлений (поиск наборов оптимальных сдвигов);
- исследование свойств, присущих моделям дорожного движения (оценка точности, требуемой в модели для теоретического анализа или имитационного моделирования);
- оценка влияний различных типов транспортных средств.

Результаты моделирования на ЭВМ движения автомобилей в потоке при его различных режимах служат основой технико-экономического сравнения вариантов проектных решений плана и продольного профиля с оценкой показателей автомобильных потоков на участках стационарного и переходных режимов движения. Методики моделирования использованы при разработке алгоритмов и программ оценки транспортно-эксплуатационных характеристик дорог в системе автоматизированного проектирования лесовозных автомобильных дорог.

Методика. Имитационное моделирование должно планироваться в виде ряда последовательных этапов:

1. Постановка задачи.
2. Составление модели процесса (теория, измерение, сравнение, обработка).
3. Подготовка исходной информации.
4. Программирование
5. Контрольный счёт.
6. Моделирование.
7. Обработка.

Наиболее важным шагом из представленных выше является составление модели процесса. Модель, которая имитирует реальную систему, не может быть определена единственным образом, и даже очень сложная система может иногда с пользой имитироваться простой моделью с использованием техники округления и агрегирования. Это означает, что многочисленные элементы вводятся в модель в составе единственного блока. И наоборот, сложная модель может потребоваться для простой системы, если последняя должна подвергнуться детальному исследованию. Точность модели должна определяться в соответствии с целью моделирования и характеристиками имитирующей системы. С этой точки зрения мы можем разделить имитационные модели на три категории: представляющие индивидуальные транспортные средства (микроскопические модели); представляющие группы из нескольких автомобилей (макроскопические модели); рассматривающие транспортный поток как жидкость (жидкостная модель).

Еще одним фактором, влияющим на точность модели, является корректность учета случайных возмущений. Это, в первую очередь, относится к микроскопическим моделям; если ликвидировать в них элементы случайности, они начинают работать аналогично жидкостной модели. И наоборот, исследуя макроскопическую или жидкостную модель, можно до некоторой степени игнорировать случайные факторы, поскольку они уже вошли в эти модели в усредненном виде.

Далее различаются методы «продвижения» времени при имитационном моделировании, которые могут быть разделены на методы с периодическим продвижением и продвижением по событиям. При периодическом продвижении каждый автомобиль передвигается через каждый фиксированный интервал времени Δt , и процесс моделирования переходит к анализу ситуации, происходящей в следующем интервале Δt . При продвижении по событиям время в системе изменяется только в момент, когда происходит какое-либо качественно новое событие, и процесс моделирования продолжается путем розыгрыша появления следующего события.

Теперь рассмотрим организацию памяти в процессе моделирования. Существуют два метода хранения информации об автомобилях в системах имитационного моделирования на ЭВМ.

В первом из них дорога разделяется на блоки достаточной длины и для каждого блока отводится участок памяти. Существование автомобиля (скорость и направление), если он существует в данном блоке, запоминается в участке памяти, соответствующем месту нахождения автомобиля, и движение автомобилей представляется передачей информации между участками памяти. Во втором методе для каждого автомобиля отводится участок памяти, и индивидуальные характеристики автомобиля (место нахождения, скорость), хранятся в участках. Движение автомобилей представляется изменением содержимого участков памяти.

Экспериментальная часть. Имитационная модель скоростной дороги. Моделирование скоростных дорог и других внегородских автомобильных магистралей связано со взаимодействием автомобилей в процессе движения, поэтому в данном случае используется микроскопическая модель. Когда используется физическая модель, то дорога делится на участки протяженностью, равной средней длине автомобиля, и, если игнорируется распределение длин автомобилей, то каждый автомобиль представляется двоичной единицей. Если учитывается длина автомобилей, то дорога разбивается на участки меньшей длины и каждый автомобиль представляется цепочкой единиц. Поскольку автомобили «физической» модели обычно передвигаются на основе простых логических посылок, такая модель не может быть использована для детального исследования.

В математической модели автомобиль, попадающий на дорогу на въезде или в начале дороги (возможно фиктивной), получает идентификационный номер и

информация относительно места его нахождения, скорости и т. д. записывается в участок памяти, соответствующий данному номеру. Обгоны автомобилей могут представляться различными способами. Один из них состоит в использовании списочной структуры, в рамках которой вместе с информацией, относящейся к данному автомобилю, заполняются номера автомобилей, едущих впереди и сзади него. Другой заключается в подготовке перечня номеров автомобилей,

представляющего порядок их следования. «Математическая» модель может быть использована для имитационного моделирования таких сложных ситуаций. Для проведения имитационного моделирования должны быть определены следующие данные: параметры, связанные с индивидуальными автомобилями: делаемая скорость, тип или размер автомобиля, максимальное ускорение и т. д.; общие характеристики: характеристики следования за лидером, характеристики обгонов и т. д.; характеристики дороги: число полос, ограничение скорости, знаки, светофоры, расположение въездов и съездов и т. д.

Выводы. Техника имитационного моделирования на ЭВМ позволяет иметь дело с более детальными моделями, чем аналитические методы, и выполнять более безопасные, дешевые и быстрые эксперименты, чем при натурном экспериментировании.

Имитационное моделирование является мощным средством решения проблем, которые невозможно решить аналитически. Оно обладает следующими свойствами:

- возможность выполнения детального анализа явлений и проникновения в сущность исследуемого процесса, которые невозможны при обычном натурном эксперименте;
- появляется возможность выполнения таких экспериментов, которые невозможно проводить на реальных дорожных сетях, по соображениям, например, безопасности движения;
- появляется возможность прогнозирования и анализа разнообразных ситуаций, которые могут случиться в будущем, но еще не случались на практике;
- долговременные явления и процессы в реальной системе могут быть проанализированы за короткий промежуток времени;
- имитационное моделирование не так дорого, как выполнение натуральных экспериментов;
- возможность оценить важность отдельных параметров, что облегчает создание теоретических моделей;
- улучшается интуитивное восприятие системы при исследовании сложных ситуаций в дорожном движении.

Имитационное моделирование является мощным средством решения проблем, которые невозможно решить аналитически. Реализация такой методологии становится возможной, с одной стороны, вследствие насыщения более содержательными и близкими к объективной реальности математическими моделями, с другой – вследствие совершенствования интерактивных методов работы с моделями проектируемых объектов.

Список литературы

1. Автомобильные дороги. Строительство, ремонт, эксплуатация / Л.Г. Основина и др. - М.: Феникс, 2015. - 496 с.
2. 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.

Лекция 7

РОЛЬ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ СЛОЕВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ В ЕЕ ДЕФОРМАЦИИ

План

1. Дорожная одежда;
2. Материалы дорожных одежд.
3. Типы структур материалов слоев дорожных одежд
4. Механизм усталостного разрушения
5. Причины образования ямочности и выбоин

Дорожная одежда

Дорожная одежда-это совокупность конструктивных слоёв дорожного покрытия, выполненных из различных материалов. Дорожная одежда укладывают на подготовленное земляное полотно, обычно на ширину проезжей части. Основное назначение дорожной одежды - воспринимать нагрузку от проходящих автомобилей и передавать ее на земляное полотно в рассредоточенном виде и в размере, не превосходящем той допустимой величины, которую может оказывать грунт земляного полотна, подвергаясь давлению. Нагрузки, приходящиеся на каждое колесо автомобиля, обычно настолько велики, а сопротивление грунта настолько незначительно, что площадь восприятия земляным полотном нагрузки от колеса автомобиля нормально должна была бы выражаться в сотнях квадратных сантиметров. Фактически след колеса автомобиля на поверхности дороги (в месте соприкосновения пневматической шины с поверхностью проезжей части) составляет всего несколько десятков квадратных сантиметров. Отсюда видно, что задача дорожной одежды состоит в том, чтобы увеличить площадь сопротивления нагрузке во много раз (рисунок 1).

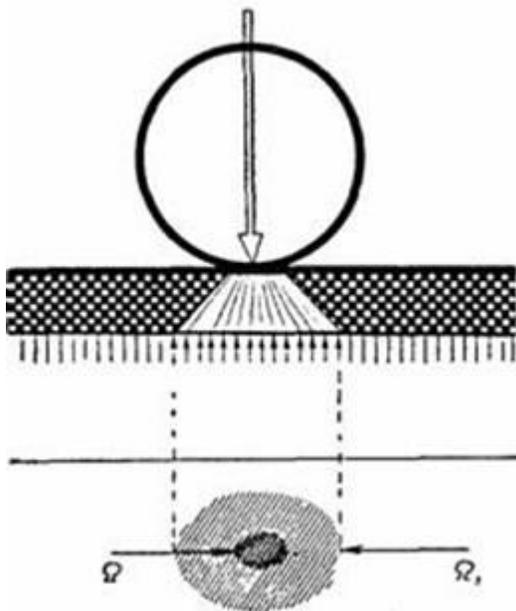


Рисунок 1 – Воздействие автомобильного колеса на одежду дороги

В противном случае временное сопротивление грунта будет превышено и сделается неизбежным появление повреждений дорожного полотна, образование на поверхности дороги рытвин и колей.

Дорожная одежда (рисунок 2), как правило, состоит из покрытия, основания и дополнительных слоев основания. Дорожную одежду считают прочной, если под действием многократно повторяющихся нагрузок от движущегося транспорта она сохраняет в течение заданного срока службы сплошную и

достаточно ровную поверхность покрытия.

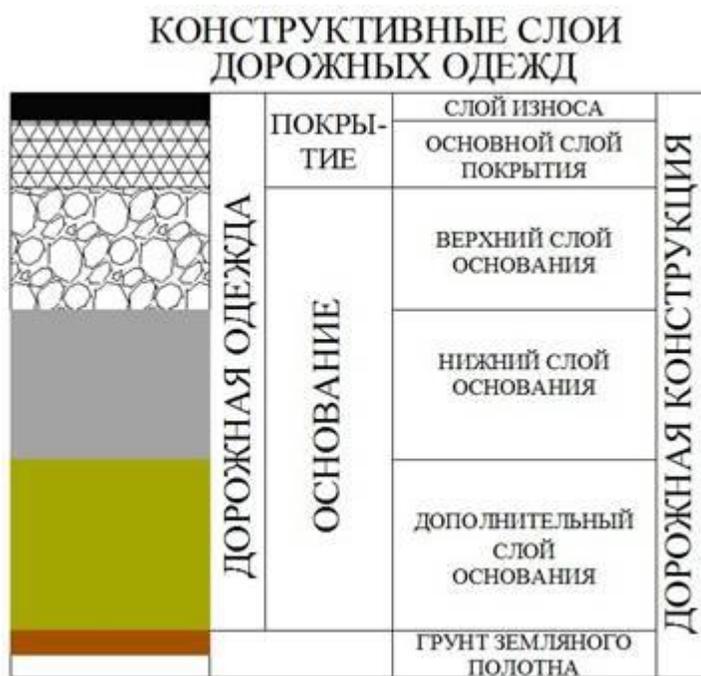


Рисунок 2 – Конструктивные слои дорожных одежд

Покрытие — верхний слой дорожной одежды, который может состоять из слоя износа, периодически возобновляемого по мере его истирания, и основного слоя, определяющего эксплуатационные свойства покрытия. Оно должно быть наиболее прочным, износо- и термостойким, водонепроницаемым, ровным и шероховатым.

Для снижения расхода дорожно-строительных материалов применяют покрытия, состоящие из двух слоев. Нижний слой непосредственно не подвергается воздействию колес автомобилей, строят из менее прочных материалов, чем верхний слой.

Основание — несущая часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием передачу нагрузок на грунт земляного полотна. Основание, как правило, состоит из двух или более прочных слоев, из которых верхние часто укреплены вяжущим с целью создания достаточно прочного слоя под покрытием. Для нижних слоев можно применять менее прочные и менее морозостойкие материалы, но при этом водоустойчивые и неразмокаемые.

Дополнительный слой основания — нижний конструктивный слой дорожной одежды, выполняющий наряду с передачей нагрузок на земляное полотно также функции морозозащитные, дренирующие, выравнивающие и защиты от заиливания. Дорожные одежды классифицируются по типам покрытия:

а) Капитальные:

- цементобетонные;
- асфальтобетонные из горячих плотных смесей I и II марок;

- асфальтобетонные из холодных смесей I марки;
- дегтебетонные из горячих плотных смесей I марки.

б) Облегченные:

- асфальтобетонные из горячих смесей III марки;
- асфальтобетонные из холодных смесей II марки;
- дегтебетонные из горячих и холодных смесей II марки;
- из каменных материалов, обработанных органическими вяжущими материалами (смешением в установке, на дороге, пропиткой);
- переходные с поверхностной обработкой.

в) Переходные:

- щебеночные;
- гравийные;
- булыжные из колотого камня;
- грунтовые, укрепленные вяжущими материалами,

г) Низшие:

- из малопрочных каменных материалов, шлаков;
- грунтовые, улучшенные различными местными материалами.

Дорожные одежды классифицируются по жесткости:

а) Жесткие дорожные одежды - железобетонные и бетонные покрытия и основания. Основным отличием жестких дорожных одежд от нежестких является повышенная прочность и износоустойчивость первых, высокие характеристики сопротивляемости при возникновении нагрузок.

б) Нежесткие дорожные одежды определяют слои, устройство которых может быть реализовано из различного вида асфальтобетона, грунтов, материалов, укрепленных зернистыми материалами (гравий, щебень и др.), цементом, битумом и другими материалами.

Материалы дорожных одежд

Конструирование дорожной одежды заключается в выборе для нее наиболее подходящих материалов исходя из местных ресурсов и соображений организации работ. Это наиболее творческая часть проектирования, она должна базироваться на учете опыта службы различных типов дорожных одежд в равных климатических условиях с учетом в каждом конкретном случае местных грунтовых и гидрологических условий, влияющих на службу дорожных одежд. Климатические условия влияют на выбор типов дорожной одежды также в связи с ограничением продолжительности строительного сезона для производства работ с дорожно-строительными материалами, приготовленными на различных вяжущих. Максимальное использование дешевых местных материалов – одно из основных требований при выборе конструкции дорожной одежды. Уменьшение дальности возки дорожно-строительных материалов дает возможность существенно снизить стоимость всего строительства.

Расчет дорожной одежды – заключается в обосновании необходимой толщины и устойчивости как всей дорожной одежды в целом, так и отдельных ее слоев. Он сводится к обеспечению равнопрочности всех сравниваемых вариантов одежды в соответствии с заданными условиями движения по ним. До расчета толщину конструктивных слоев назначают исходя из имеющегося опыта. При этом при последующих расчетах толщину наиболее прочных и дорогостоящих верхних слоев одежды не меняют, а толщину отдельных слоев основания определяют окончательным расчетом. Как правило, в конкретных условиях движения городского транспорта может быть назначено несколько конкурирующих вариантов конструкций дорожных одежд. При этом возникает необходимость оценить технико-экономические преимущества того или иного варианта по сравнению с другими.

Типы структур материалов слоев дорожных одежд

Деформации дорожной одежды, возникающие под действием транспортных нагрузок и природно-климатических факторов, во многом зависят от вида и структуры материалов слоев, составляющих эту одежду. Слои дорожных одежд могут иметь структуру контактного, коагуляционного или кристаллизационного типа. При *контактном типе* структуры, характерном для слоев из щебня, гравия и песка, минеральные частицы взаимодействуют между собой непосредственно. Такие слои не обладают связностью и практически не проявляют вязких свойств. Для покрытий с контактным типом структуры наиболее характерными являются деформации в виде волн, выбоин, а также повышенный износ. Для нижних слоев из материалов контактного типа характерными являются просадки, которые происходят за счет доуплотнения и дезинтеграции (размельчения) фракций.

При каждом прогибе дорожной одежды отдельные зерна минеральных материалов, взаимно действуя друг на друга, истираются, обламываются, раскалываются, что приводит к их размельчению и образованию мелких частиц и зерен. Раскалывание (дробление) щебенки происходит потому, что в точках контакта щебенки друг с другом возникают (концентрируются) большие напряжения сжатия, которые могут превышать предел прочности каменного материала на сжатие или раскалывание. Особенно интенсивно происходят эти процессы в слоях дорожных одежд из малопрочных каменных материалов.

В частицах размерами менее 0,071 мм, образующихся при размельчении крупных зерен щебня, может наблюдаться капиллярное поднятие и длительное удержание воды. Превращаясь во влажную пластическую массу между отдельными твердыми зернами, мелкие частицы вместе с водой действуют как смазка, облегчая перемещение зерен, увеличивая размеры прогиба одежды под колесами автомобилей и вызывая более ускоренное дальнейшее измельчение материалов.

В слоях дорожной одежды, устроенных из материалов *коагуляционного*

типа, минеральные частицы покрыты пленками органического вяжущего. К таким материалам относят укрепленные органическим вяжущим грунты, битумо-минеральные смеси и асфальтобетон. Материалы, обработанные органическим вяжущим, отличаются повышенной связностью и под действием нагрузки проявляют как упругие, так и вязкие свойства. Особенностью дорожных одежд, построенных с применением органических вяжущих материалов, является то, что их эксплуатационные характеристики в течение срока службы подвержены непрерывным изменениям, обусловленным нестационарностью температурного режима и воздействием транспортных нагрузок, а также непрерывным изменением свойств вяжущего в процессе эксплуатации, носящим обратимый и необратимый характер. В зависимости от температуры, свойств вяжущих и характера воздействия транспортных средств покрытия с органическими вяжущими будут обладать свойствами упругих, упруговязких или пружинно-вязкопластичных сред. Чем ниже температура и менее продолжительна длительность действия нагрузки, тем выше упругие свойства покрытия. По мере повышения температуры и увеличения продолжительности действия нагрузки все больше начинают преобладать пластические свойства покрытия (рис. 3).

При отрицательных температурах покрытия из материалов, содержащих органическое вяжущее, приобретают свойства хрупкого тела. Значительно повышаются модули упругости и сопротивление сжатию, но одновременно снижается их способность деформироваться без нарушения сплошности при невозможности изменения размеров. По данным Н.Н. Иванова и Н.М. Распопова, колебания предельных значений относительных удлинений асфальтобетона при 0 °С находятся в пределах 0,006...0,002, а при -20 °С — в пределах 0,0015...0,0006. Большие значения получены для мелкозернистых смесей с менее вязким битумом, а меньшие значения — для крупнозернистых смесей с более вязким битумом.

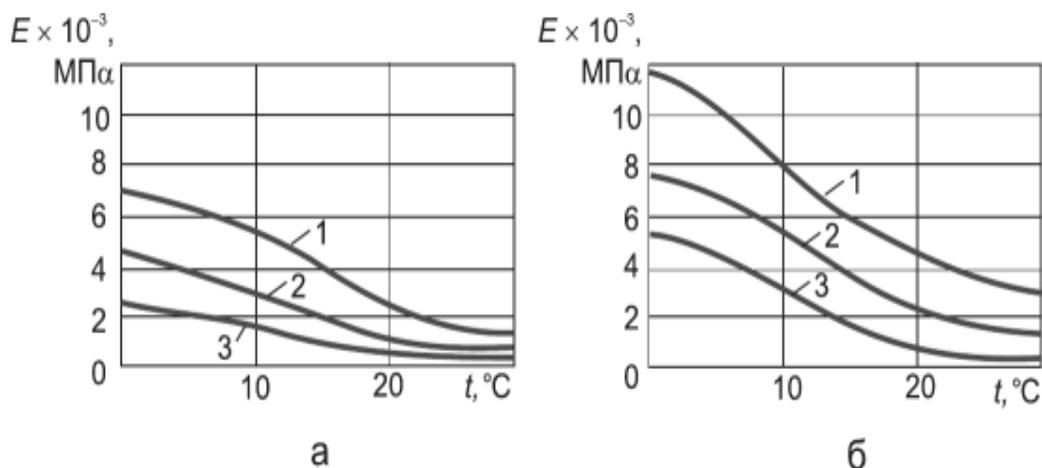


Рисунок 3 - Зависимость модуля упругости асфальтобетона от его температуры

(данные А. О. Салля): а — продолжительность действия нагрузки 1 с; б — продолжительность действия нагрузки 0,1 с; 1, 2, 3 — для асфальтобетона на битуме марки БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 30/200 соответственно смесей, а также материалов, обработанных жидким битумом, предельные относительные удлинения будут выше.

Поэтому при оценке прочности существующих дорожных одежд необходимо принимать за расчетные значения модулей упругости и сопротивления растяжению при изгибе асфальтобетонов и дегтебетонов, приведенные в нормативных документах по расчету прочности дорожных одежд. Их назначают в зависимости от характера действия транспортной нагрузки (кратковременное, длительное) с учетом расчетной для данной зоны температуры воздуха и покрытия. Для слоев с коагуляционным типом структуры наиболее характерны разрушения в виде усталостных и температурных трещин и деформации в виде сдвигов и наплывов. Физико-механические свойства материалов, обработанных битумом, определяются особенностями связей, возникающих между отдельными минеральными зернами, и зависят от свойств битума, толщины его пленки, покрывающей минеральные зерна, а также от изменения со временем химического состава битума, т.е. перехода части масел в смолы, а части смол — в асфальтены.

Наибольшую опасность представляет резкое понижение температур и покрытия зимой, а также медленное и глубокое промерзание дорожной конструкции, способствующее неравномерному пучению земляного полотна и поднятию проезжей части, особенно на участках с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями. Указанные явления при недостаточном предельном относительном удлинении покрытия приводят к образованию в нем трещин независимо от характера и интенсивности движения.

Существенное влияние на деформативные свойства слоев дорожной одежды из материалов с органическими вяжущими в процессе эксплуатации оказывает процесс старения вяжущего и увеличения его вязкости, которая может возрастать в слое покрытия на порядок. Основным фактором, определяющим интенсивность старения битума в покрытии в процессе эксплуатации, является пористость дорожного покрытия. При пористости асфальтобетона менее 2% старение битума можно не учитывать, так как изменение свойств в этом случае незначительно по сравнению с изменениями, происходящими на этапе приготовления смеси и ее укладке. На процесс старения вяжущих влияют также адсорбция и абсорбция их компонентов минеральными материалами, вызывающие нарушение структуры вяжущего. При старении материалов типа асфальтобетона под действием воды и кислорода воздуха выявляются три стадии (рис. 3).

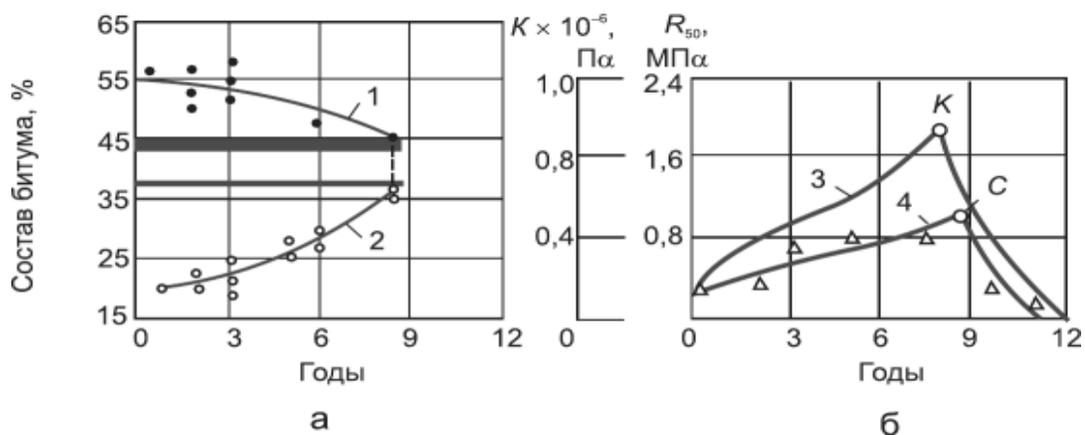


Рисунок 3 - Влияние старения битума на срок службы покрытий (данные Ю.В. Слободчикова): а — изменение группового химического состава битума: 1 — масла; 2 — асфальтены; б — изменение когезионной прочности битума (3) и прочности покрытия с применением битума (4), K и C — точки резкого падения прочности покрытий

На *первой стадии* в течение длительного времени происходит нарастание прочности, водостойкости и уменьшение деформативных свойств материала. Это происходит за счет уменьшения количества масел, увеличения смол и особенно асфальтенов, а также за счет повышения вязкости и когезии битума в результате процессов взаимодействия битума с минеральными материалами.

На *второй стадии* старения снижается водо- и морозоустойчивость битумо-минерального материала без заметного изменения его прочности.

Третья стадия сопровождается резким снижением прочности материала, повышением его водонасыщения, набухания и уменьшением водо- и морозоустойчивости. Это приводит к коррозии покрытия, усиленному выкрашиванию минеральных частиц и образованию выбоин и разрушений.

При одном прогибе дорожных одежд, минеральный материал которых обработан органическими вяжущими, эти изменения могут быть бесконечно малыми. Однако за время службы одежды число прогибов измеряется миллионами, поэтому величины остаточных деформаций возрастают.

Кристаллизационный тип структуры характерен для цементобетонов, каменных материалов и грунтов, укрепленных цементом и другими минеральными вяжущими. Связь между частицами материала осуществляется в результате спаек, образованных кристаллами вяжущего.

Для таких материалов характерна повышенная жесткость и прочность, упругие свойства выражены достаточно четко. 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). Для слоев и покрытий с кристаллизационным типом наиболее характерными являются восстанавливающиеся упругие деформации, а также разрушения в виде трещин

и сколов. На покрытиях возникают преимущественно разрушения — трещины, проломы, шелушение, истирание [1]. Существенные напряжения в цементобетонных покрытиях возникают от воздействия нагрузок и изменяющейся температуры. При изменении температуры воздуха, сопровождающемся нагреванием или охлаждением покрытия, оно стремится изменить свои размеры, но из-за сопротивления сил трения нижней поверхности покрытия о грунт (или другой материал основания) это становится затруднительным, и в покрытии возникают температурные напряжения. К температурным относят также напряжения, возникающие в покрытии в результате неравномерного распределения в нем температур по толщине, обуславливающие стремление его к короблению и противодействия этому собственной массы. Кроме того, температурными можно условно считать напряжения, возникающие при неравномерном поднятии покрытия в процессе зимнего вспучивания земляного полотна. Температурные напряжения совместно с напряжениями от воздействия нагрузок от транспортных средств приводят к образованию и развитию трещин в бетонном покрытии. Кроме перечисленных причин деформаций и разрушений дорожных одежд и покрытий могут быть отступления от нормативных требований к технологии и организации работ при строительстве или ремонте, нарушения требований к материалам и составам смесей и т.д.

Механизм усталостного разрушения

Хотя растягивающие напряжения при проходе одного автомобиля значительно меньше критических, из-за неоднородности материала локальные напряжения могут существенно отклоняться от среднего значения. В местах, где они превышают предел упругости пленок битума, связи рвутся. Повторные приложения нагрузок приводят к накоплению разорванных связей. В результате через определенное число циклов приложения нагрузок в нижней части покрытия по полосам наката возникают продольные волосяные трещины, объединяющиеся затем в большие, образуется сетка трещин. Трещины растут одновременно в двух направлениях: вверх и по длине. При дальнейших нагружениях трещина проходит сквозь покрытие и становится видимой на его поверхности.

Другая часть трещин зарождается на поверхности покрытия или другого слоя и развивается сверху вниз. Это температурные трещины и трещины, возникающие в зоне выпуклого изгиба покрытия под действием колес автомобилей. Большую долю трещин на поверхности покрытия составляют отраженные трещины. Это трещины старого покрытия, на котором уложен новый слой асфальтобетона. Опыт показывает, что трещины старого покрытия в процессе эксплуатации начинают проявляться уже через один-два года, а по истечении пяти-семи лет могут полностью повториться на новом покрытии. Существует много причин образования трещин:

- недостаточная прочность дорожной одежды и земляного полотна, не соответствующая фактическим нагрузкам от автомобилей, вследствие чего возникают большие прогибы и растягивающие напряжения в слоях дорожной одежды;
- большие перепады температур от положительных к отрицательным, при которых возникают знакопеременные напряжения; особенно опасны низкие отрицательные температуры, которые сопровождаются возникновением очень высоких растягивающих напряжений в слоях дорожной одежды; недостаточная трещиностойкость асфальтобетонных покрытий, обусловленная несоответствием деформативных свойств битума реальным температурным условиям работы покрытий;
- различие теплофизических свойств материалов слоев смежных покрытий, вследствие чего возникают дополнительные напряжения по плоскостям сопряжения слоев при температурных перепадах;
- неравномерное уплотнение земляного полотна и слоев дорожной одежды;
- образование пучин, сопровождающееся возникновением сетки трещин в дорожной одежде.

Появление и развитие трещин не имеет взрывного характера, но происходит достаточно быстро. Исключение составляют трещины в местах образования пучин, которые возникают зимой в момент поднятия бугра при промерзании дорожной одежды и земляного полотна, или весной в момент полного оттаивания грунта, когда проезжающие автомобили могут полностью разрушить ослабленную дорожную одежду. В этом случае сетка трещин может образоваться в течение одного зимне-весеннего периода.

В условиях континентального климата первыми, как правило, появляются зимой температурные поперечные трещины на расстоянии 40—50 м одна от другой. Они могут появляться уже в первый год службы дорожной одежды или покрытия. Продольные трещины, трещины по полосам наката и трещины произвольного направления возникают обычно через четыре года и чаще на новом покрытии. Отраженные трещины могут появиться через один-два года после устройства нового слоя.

Наиболее быстро развиваются трещины весной и осенью, а наиболее широко раскрываются зимой и весной. В летний период многие мелкие трещины закрываются за счет размягчения битума и расширения материала в покрытии или закатываются колесами автомобилей.

Трещины в цементобетонных покрытиях образуются в разное время, в различных местах плит, имеют разное очертание и направление, а также неодинаковую глубину.

Число, протяженность и ширина трещин пропорциональны сроку службы покрытия.

Трещины имеют различные размеры по ширине, длине и глубине. Однако общепринятая классификация трещин отсутствует. Наиболее часто разделяют

трещины по ширине, при этом в разных странах критерии отнесения трещин к тому или иному классу различаются. Обобщая различные источники, можно предложить следующую классификацию трещин по ширине: узкие — до 5 мм; средние — 5—10; широкие — 10—30 и очень широкие — более 30 мм. В начальной стадии образования трещины практически не оказывают влияния на условия движения автомобилей до тех пор, пока трещины не переходят в выбоины. Наличие трещин на покрытии и в дорожной одежде оказывает очень большое влияние на прочность и срок службы дорожной одежды по следующим причинам: • трещины нарушают целостность и монолитность дорожной одежды, разделяя ее на отдельные, не связанные между собой блоки. В результате нагрузка от колеса автомобиля передается на значительно ослабленную конструкцию, распределяется на меньшую площадь, создавая в них повышенные напряжения и деформации; • через трещины вода проникает в основание и земляное полотно и значительно ослабляет их прочность и несущую способность; • при наезде колес на кромки трещины отдельные части покрытий обламываются, стенки трещины перемещаются одна относительно другой в вертикальной плоскости. В результате кромки обламываются и разрушаются, стенки раскрашиваются и постепенно трещина превращается в выбоину. Процесс превращения трещин в выбоины неизбежен, если не предпринять своевременных мер по ремонту трещин. Важно и то, что попавшая в раскрытую трещину вода при замерзании увеличивает темп роста трещин по ширине и длине.

Таким образом каждая своевременно не устраненная трещина, а тем более сетка трещин рано или поздно превратится в выбоину.

С позиций восприятия водителем состояния поверхности покрытия и его влияния на условия движения автомобиля к выбоинам и ямочности можно отнести местные посадки, проломы, места с сильным выкрашиванием материала покрытия, а также крупные трещины.

Причины образования ямочности и выбоин

Одной из главных причин является недостаточная прочность дорожной одежды, а наличие широких трещин и тем более сетки трещин служит явным признаком этого. Опыт показывает, что с уменьшением прочности дорожной одежды площадь ямочности в процессе эксплуатации резко увеличивается (рис. 15.3). Как следует из этого графика, среднегодовая площадь ямочности на восьмой год эксплуатации дорожной одежды капитального типа с асфальтобетонным покрытием при коэффициенте запаса прочности 1,5 составляет около 0,1% от общей площади, а при коэффициенте запаса прочности 1,0 составляет около 2%, т.е. в 20 раз больше. В большинстве случаев начальная стадия возникновения выбоин и ямочности совпадает с периодом неблагоприятных погодных условий, особенно с весенним периодом частого перехода от положительной к отрицательной температуре воздуха, избыточного увлажнения грунта земляного полотна и слоев дорожной одежды.

Вода, попадая в трещины, усиливает коррозионные физико-химические процессы в материалах дорожной одежды, а при замерзании оказывает растягивающее действие на стенки трещин и отдельные частицы материалов.

В сочетании с динамическим воздействием от транспортных нагрузок материал покрытия в зоне образования трещины начинает разрушаться и выбиваться, а трещина быстро перерастает в выбоину. Поэтому незаделанная трещина всегда является потенциальным источником появления выбоин.

Другим источником возникновения выбоин являются неровности дорожного покрытия, начиная от неровностей, допущенных при устройстве слоев дорожной одежды, когда не соблюдаются требования к ровности и однородности в процессе разравнивания и уплотнения материалов, и включая неровности в виде трещин, сдвигов и наплывов, которые возникают в процессе эксплуатации асфальтобетонных покрытий из смесей с повышенной пластичностью. В любом случае выбоины и ямы необходимо заделывать на ранней стадии их образования. Опыт показывает, что каждая незаделанная выбоина увеличивается в размерах и способствует появлению новых выбоин. Вначале этот процесс идет медленно, а затем приобретает лавинообразный характер. Если стоимость работ по ямочному ремонту, выполненному ранней весной, принять за единицу, то с опозданием ремонта на два-три месяца эта стоимость может возрасти в 3—5 раз.

Дисциплина: Эксплуатация автомобильных дорог

Контрольные вопросы:

1. Классификация дорожной одежды по типам покрытия;
2. Конструктивные слои дорожной одежды;
3. Главные причины образования ям и выбоин на дорогах.

Список литературы

1. Автомобильные дороги. Строительство, ремонт, эксплуатация / Л.Г. Основина и др. - М.: Феникс, 2015. - 496 с.

2. 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.

Лекция 8

Общие понятия о деформации и разрушения автомобильных дорог

План

- 1 Процесс деформирования дорожной конструкции под воздействием автомобилей и природных факторов
- 2 Напряженно-деформированное состояние дорожных конструкций, процесс их разрушения.
- 3 Деформации и разрушения земляного полотна и водоотводных сооружений
- 4 Деформации и разрушения дорожных одежд и покрытий
- 5 Износ покрытий и его причины

1 Процесс деформирования дорожной конструкции под воздействием автомобилей и природных факторов

Под деформацией понимают изменение размеров или формы тела без уменьшения его массы и потери сплошности, разрушение – изменение размеров и формы тела с изменением (уменьшением) его массы или с потерей сплошности. Под воздействием многократно повторяющихся нагрузок от автомобилей и природных факторов в дорожной конструкции возникают напряжения и деформации, которые накапливаясь, могут привести к разрушению дорожной одежды.

На правильно спроектированной, построенной и эксплуатируемой дороге не должно быть разрушений, кроме износа покрытий. Но могут возникать деформации в допустимых пределах под влиянием эксплуатационных и природно-климатических факторов, проектных и строительных недостатков.

Главная причина деформаций и разрушений автомобильной дороги – это их воздействие на дорожную одежду. При движении по горизонтальному участку с ровной поверхностью колеса автомобилей передают на дорожную конструкцию вертикальные (нормальные) и горизонтальные (касательные) усилия. При ровном покрытии дорожные одежды испытывают давление колес как кратковременную статическую нагрузку. Продолжительность ее действия колеблется от 0,01 – 0,5с в зависимости от скорости. При высокой интенсивности и скорости движения нагрузки могут повторяться через каждые 1,5-6сек.

На неровной поверхности давление колес на покрытие то возрастает по сравнению со статическим, то убывает. Отношение напряжения (деформации), вызванного динамическим действием нагрузки, к напряжению, вызванному статическим действием той же нагрузки, называют коэффициентом динамичности нагрузки. При движении по ровному покрытию коэффициент динамичности не выходит за пределы 1,15. На неровной проезжей части с повышением скорости до 80км/час этот коэффициент возрастает до 3,0. При дальнейшем увеличении скорости коэффициент динамичности остается постоянным. Характер нагружения дорожной одежды зависит от интервалов действия нагрузки. Особенно большое влияние оказывает на коэффициент динамичности доля тяжелых автомобилей. Установлено, что проезд одного автомобиля МАЗ-500А с осевой нагрузкой 100кН равноценен 5,2 проезда автомобиля ЗИЛ-130 с осевой нагрузкой 70кН.

2 Напряженно-деформированное состояние дорожных конструкций, процесс их разрушения.

Под нагрузкой от колес автомобиля дорожная одежда прогибается, затем постепенно восстанавливается. Прогиб от колеса тяжелого грузового автомобиля распространяется во все стороны, образуя чашу прогиба радиусом до 3-4м, которая перемещается по ходу движения автомобиля. Чаши прогиба частично перекрывают друг друга, охватывая всю ширину полосы движения. При этом в слоях одежды возникают напряжения сжатия, растяжения, изгиба и сдвига. Чрезмерные напряжения от нагрузок приводят к возникновению деформаций. Слои дорожной одежды имеют структуру контактного, коагуляционного или кристаллизационного типов.

При структуре контактного типа, характерным для слоев щебня, гравия и песка, минеральные частицы взаимодействуют непосредственно. Такие слои не обладают связностью и практически не проявляют вязких свойств. При структуре коагуляционного типа минеральные частицы покрыты пленками воды или органического вяжущего. К таким материалам относят грунты, связные и укрепленные органическим вяжущим, битумо-минеральные смеси и асфальтобетон. Материалы, обработанные органическими вяжущими, отличаются повышенной связностью и под действием нагрузки проявляются как упругие, так и вязкие свойства. Кристаллизационный тип характерен для

цементобетонных, каменных материалов и грунтов, укрепленных цементом и другим минеральным вяжущим. Связь между частицами материала осуществляется через спайки, образованные кристаллами вяжущего. Для таких материалов характерна повышенная жесткость и прочность, упругие свойства выражены достаточно четко. Для слоев одежды из монолитных материалов наиболее опасны растягивающие напряжения, возникающие в слое при изгибе, а для слоев из слабосвязных материалов (зернистых) – напряжения сдвига (касательные).

При старении материала типа асфальтобетона под действием воды и кислорода выявляются три стадии (рис.5.2). На первой стадии длительное время нарастает прочность, водоустойчивость, уменьшаются деформативные свойства материала. Это происходит за счет уменьшения количества масел, увеличения смол, особенно асфальтенов, повышения вязкости и когезии битума в результате взаимодействия битума с минеральным материалом. На второй стадии старения снижаются водо- и морозоустойчивость битумо-минерального материала без заметного изменения его прочности. Третья стадия сопровождается резким снижением прочности материала, повышением его водонасыщенности, набухания и уменьшением водо- и морозоустойчивости. Это приводит к коррозии покрытия, усиленному выкрашиванию минеральных частиц и образованию выбоин и разрушений. При одном прогибе дорожной одежды эти изменения могут быть бесконечно малыми. Однако за период службы одежды число прогибов измеряется миллионами, поэтому остаточные деформации возрастают. Механизм усталостного разрушения состоит в следующем. Хотя максимальные растягивающие напряжения при проходе одного автомобиля значительно меньше критических, из-за неоднородности материала локальные напряжения могут существенно отклоняться от среднего значения. В местах, где они превышают предел упругости пленок битума, связи рвутся. В результате через определенное число циклов приложения нагрузки в нижней части покрытия по полосам наката появляются продольные тонкие трещины, объединяющиеся затем в большие, которые растут одновременно в двух направлениях: вверх и по длине. При дальнейших нагружениях трещина проходит сквозь покрытие и становится видимой на поверхности.

Разрушение асфальтобетона зависит от скорости нагружения и температуры и может носить как хрупкий, так и вязкий характер. Критическим периодом работы покрытия является весенний, когда в результате снижения прочности грунта земляного полотна прогиб дорожной одежды максимальный, а температура покрытия часто колеблется от 0 до +10 градусов С.

3 Деформации и разрушения земляного полотна и водоотводных сооружений

Для земляного полотна типичны осадки, просадки, пучины и деформации обочин, расползание насыпей, сползание и размывы откосов, выдувание обочин

и откосов из несвязных и слабосвязных грунтов. Осадки возникают вследствие недостаточного уплотнения или переувлажнения грунтов, особенно часто в местах повышенного увлажнения, при применении недоброкачественных грунтов для высоких насыпей. Просадка насыпей образуются на участках со слабыми подстилающими грунтами – на болотах, просадочных грунтах, карстах и т.д. Сползание происходит на косогорных участках из-за недостаточного сопротивления сдвигу основания насыпей или на оползневых участках. Причинами этих деформаций являются недоброкачественная подготовка основания (отсутствие уступов, недостаточное уплотнение), наличие в основании слабопрочных грунтов, повышенное увлажнение и недоуплотнение нижних слоев насыпи. Оползание откосов наблюдается при применении слабых грунтов, их переувлажнении и недоуплотнении. Кроме того, сползание может быть из-за, превышения норм крутизны откосов, присыпки земляного полотна при уширении без устройства уступов или с недостаточным уплотнением. Размывание и выдувание обочин и откосов происходит вследствие водной и ветровой эрозии, когда земляное полотно возведено из несвязных или слабосвязных грунтов при недостаточном эффективном укреплении откосов и обочин. Деформации и разрушения водоотводных сооружений различны по характеру и причинам возникновения. Грунтовые каналы и лотки подвергаются размыву в первую очередь в местах больших продольных уклонов, заиливаются и зарастают при малых уклонах. Канавы и лотки, укрепленные плитами, каменными и другими материалами, могут размываться водой в местах стыков плит, разрушений укрепляющих устройств. Дренажные и подземные водосточные трубы засоряются грунтом и случайно попавшими предметами (соломой, травой, корягами), из-за чего прекращается их работа. Раковины и выщелачивание – разрушение материала конструкции вследствие выветривания наружных слоев бетона под действием грунтовой и поверхностной воды, частично растворяющих и вымывающих вяжущие. Вымывание грунта из насыпи происходит при нарушении изоляции стыков между звеньями. В образовавшиеся щели вода выносит грунт, образуя пустоты за трубой. Трещины в бетоне и сдвиги звеньев возникают при неравномерном, иногда одностороннем давлении грунта на трубу. Деформации оголовков могут быть вызваны неравномерной осадкой фундаментов оголовков и звеньев, их подмывом, увеличением горизонтального давления на оголовки при переувлажнении грунта насыпи и сползании откосов. Просадки – вертикальные неравномерные смещения звеньев вследствие неодинакового давления насыпи по длине трубы (большее давление на средние звенья). Этому обстоятельству способствует применение при возведении насыпи слабопрочных грунтов (торфяных, илистых) и вымывание грунта в основании звеньев.

4 Деформации и разрушения дорожных одежд и покрытий

Деформации и разрушения могут быть покрытий и всей дорожной одежды в

целом. К первым относят износ, шелушение, выкрашивание, выбоины, сдвиги, волны, гребенки и трещины покрытия. Ко вторым – пучины, просадки, проломы колеи и разрушения кромок дорожных одежд. Шелушение – отделение чешуек и частиц материала и разрушение поверхности покрытия под действием колес автомобилей, воды и отрицательной температуры воздуха с образованием микронеровностей глубиной до 5мм.

Выкрашивание – отделение зерен минерального материала из покрытия и образование мелких раковин глубиной от нескольких миллиметров до 20см. Постепенно развиваясь, выкрашивание распространяется на значительную площадь и является признаком начала поверхностного разрушения покрытия.

Выбоины – местные разрушения покрытия глубиной от 20 до 100мм и более с резко очерченными краями. Они возникают прежде всего из-за недостаточной связи между минеральными и органическими материалами, недоуплотнения покрытия, загрязнения, использования недоброкачественных материалов (пережог асфальтобетонной смеси, попадание необработанного щебня или песка в смесь). Особенно процесс образования выбоин развивается в весенний период, чему способствует чередование положительных и отрицательных температур воздуха и покрытия, наличие воды в порах покрытия. Проникая в раковины и микротрещины покрытия, вода оказывает расклинивающее воздействие, которое значительно увеличивается при ее замерзании. Связи между частицами материала ослабляются, и под влиянием колес автомобиля образуется выбоина, которая затем быстро увеличивается. Наезжая на выбоину, колесо получает толчок, что приводит к повторному динамическому удару на некотором расстоянии за выбоиной (рис.5.6). При многократном повторении этой нагрузки образуется следующая раковина или трещина, которые затем сливаются в одну большую выбоину.

Сдвиги – неровности, вызванные смещением материала покрытия при устойчивом основании; чаще всего образуется в местах торможения автомобиля (остановки, перекрестки). Под действием касательных сил происходит сдвиг верхнего слоя либо его сдвиг по поверхности нижнего слоя с образованием поперечных трещин на полосах наката. Этому способствует повышенная пластичность верхнего слоя (избыток вяжущего или недостаточная теплоустойчивость при высокой температуре). Смещаемый колесом поверхностный слой образует складки и наплывы.

Волны и гребенки – неровности в виде поперечных гребней и впадин с пологими краями. Закономерно чередуясь вдоль покрытия, они формируются, как и сдвиги, в местах торможения автомобилей практически всех типов покрытий, кроме цементобетонных. Основная причина волнообразования – излишняя пластичность материала, избыток вяжущего или низкая теплоустойчивость смеси, недостатки уплотнения. На покрытиях переходного типа, преимущественно гравийных, поперечные волны образуют гребенку – правильные четко выраженные поперечные выступы, чередующиеся

углублениями. Трещины на покрытиях бывают различных размеров и формы (рис.5.7). На асфальтобетонных и других покрытиях, построенных с применением органического вяжущего, трещины могут быть одинаково поперечные, продольные, косые и в виде сетки. Трещины поперечные сквозные на всю ширину покрытия (температурные) возникают осенью и в начале зимы вследствие резких перепадов температуры воздуха и недостаточной сопротивляемости температурным напряжениям. Они располагаются по проезжей части на определенном расстоянии друг от друга (5-10м). Продольные трещины, расположенные через 20-40см друг от друга на полосах наката, в сочетании с поперечными трещинами, через 1-4м на всю ширину проезжей, часто бывают на покрытиях, содержащих органическое вяжущее. Эти покрытия построены на непрочных основаниях из грунтов или каменных материалов, укрепленные минеральными вяжущими (цемент, известь, золы уноса). Продольные трещины на асфальтобетонных покрытиях часто появляются на стыке двух полос укладки покрытия при плохом сопряжении. Сетка трещин с мелкими ячейками на полосах наката размером сторон 10-20см бывает на покрытии при недостаточной прочности основания. Главная причина большинства трещин – усталость дорожных одежд, их недостаточная прочность. Разрушение стыков – обламывание кромок и выбивание заполняющей мастики. Основными причинами являются удары колес автомобилей, недоброкачественная цементобетонная смесь, неудовлетворительная нарезка и отделка швов. Просадки – впадины глубиной 50-100мм и более с пологой поверхностью, но без выпучивания и образования трещин на прилегающих участках. Они возникают в местах пониженной прочности слоев одежды и грунта при увлажнении. Просадки могут в первые годы эксплуатации дороги при неблагоприятных грунто-гидрогеологических условиях, вследствие недостаточного уплотнения грунта земляного полотна и слоев одежды, а также при проезде тяжелых автомобилей. Проломы – разрушения одежды в виде более или менее длинных прорезей глубиной до 100мм по полосам наката и выпучиваний сбоку проломов высотой 50-100мм. Мокрые проломы образуются вследствие переувлажнения и пластического течения материала. Колеи – деформации и разрушения дорожной одежды в виде небольших углублений по полосам наката, при интенсивном движении тяжелых автомобилей колеи могут превратиться в проломы.

5 Износ покрытий и его причины

На износ покрытий наибольшее влияние оказывает движущиеся автомобили. Под нагрузкой шина деформируется, в зоне контакта с покрытием сжимается, а вне контакта растягивается. При прохождении шины по поверхности покрытия происходит одновременно качение и проскальзывание. Под воздействием усиленных касательных напряжений в плоскости следа истираются покрытие и шина. Износ покрытия от грузовых автомобилей примерно в 2 раза больше в

сравнении с легковыми автомобилями. Чем больше прочность, тем меньше и равномернее износ покрытия по ширине. Средний износ по всей площади покрытия определяется по формуле

$$h_{cp} = Kh_n$$

где K - коэффициент неравномерности износа, в среднем $K = 0,6-0,7$; h_n - износ в полосе наката, мм.

Износ усовершенствованных покрытий измеряют в миллиметрах, а покрытий переходного типа также и по объему потери материала.

6 Особенности износа шероховатых покрытий

Их износ проявляется в уменьшении высоты и шлифовании неровностей макрошероховатости. Уменьшение макрошероховатости покрытий под действием колес автомобиля происходит в два этапа. На первом этапе сразу после окончания строительства шероховатость покрытия уменьшается за счет погружения щебня в нижележащий слой покрытия. Размер этого погружения зависит от интенсивности и состава движения, крупности щебня и твердости покрытия. Твердость покрытия определяют глубиной погружения иглы твердомера: асфальтобетонные покрытия могут быть очень твердые – 0-2мм; твердые – 2-5мм; нормальные – 5-8мм; мягкие – 8-12мм; очень мягкие – 12-18мм. Цементобетонные покрытия обладают абсолютной твердостью. По данным к.т.н. М.В. Немчинова общее уменьшение макрошероховатости может быть описано уравнением:

$$R = ae^{-bM} + c$$

где M – число прошедших автомобилей; a , b , c – коэффициенты, зависящие от размера щебня, твердости покрытия, состава транспортного потока.

7 Определение износа покрытий расчетом

Среднее значение уменьшения толщины покрытий в год вследствие износа можно определить по формуле проф.М.Б.Корсунского

$$h = a + bB$$

или $h = a + bN / 1000$, (6.3)

где a - параметр, зависящий в основном от погодоустойчивости покрытия и климатических условий; b - показатель, зависящий от качества (в основном от прочности) материала покрытия; B - грузонапряженность движения, млн.т.брутто в год; N - интенсивность движения, авт/сут ($N = 0,001 B$).

Износ покрытия за T лет с учетом изменения состава и интенсивности потока в перспективе по геометрической прогрессии

$$h = aT + \frac{bN_1 [(Kq_1)^T - 1]}{1000(Kq_1 - 1)},$$

где N_1 - интенсивность движения в исходном году, авт.сут; K - коэффициент, учитывающий изменение состава потока, $K = 1,05-1,07$; q_1 - показатель ежегодного роста интенсивности движения, $q_1 > 1,0$.

В последние годы для повышения устойчивости движения автомобилей стали применять шины с шипами и цепями. Асфальтобетонные покрытия при эксплуатации с цепями и шипами изнашиваются в 2-3 раза быстрее. На автомобильных дорогах ФРГ, на покрытиях из высокопрочного литого асфальтобетона, где используются шины с шипами, через одну-две зимы образуются колеи по полосам наката глубиной до 10мм. Поэтому использование шин с шипами на дорогах общего пользования должно быть ограничено. В качестве критерия предельного состояния покрытия по износу можно принять

размер допустимого износа H_{\max} для покрытий: асфальтобетонных – 10-20мм; щебеночных (гравийных), обработанных органическими вяжущими – 30-40мм; щебеночных из прочного щебня – 40-50мм; гравийных- 50-60мм. Ежегодный износ цемента-, асфальтобетонных и других монолитных покрытий измеряют при помощи реперов, закладываемых в толщу покрытия, и износомера. При этом способе измерения износа в покрытие предварительно закладывают реперы-стаканчики из латуни. Дно стакана служит поверхностью, от которой выполняют отчет. Износ измеряют также с помощью пластин (мерок) трапецеидальной формы из известняка или мягкого металла, заделываемых в покрытие и истирающихся совместно с ним. Для определения износа покрытия можно использовать различного рода электрические приборы для измерения толщины слоев в слоистых пространствах. Например, в ФРГ используют прибор стратотест, основанный на отражении электромагнитных волн. Подобный прибор был разработан в свое время в Ленинградском филиале СоюздорНИИ.¹

¹ http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/@Ekspluatatsiya_avtomobil@mn@ih_dorog/teory/lec6.htm

Истирание (износ) покрытия

Усиленное и чаще всего неравномерное истирание наблюдается: на участках торможения автомобилей, на спусках, перед кривыми, в населенных пунктах, перед перекрестками и на участках с интенсивным тяжелым движением



Выкрашивание, шелушение

Поверхностное и послойное разрушение покрытия и отслаивание вяжущего от минерального материала. Наблюдается на покрытиях, содержащих вяжущие материалы.



Выбоины

Местные разрушения покрытия, имеющие вид углубления с резко очерченными краями. Наблюдаются на всех видах покрытий.



Волны

Закономерное чередование (через 0.4-2.0 м) на покрытии гребней и впадин вдоль дороги. Наблюдаются на покрытиях, содержащих органическое вяжущее, а также на гравийных покрытиях, не обработанных вяжущим, - чаще всего в местах остановок транспортных средств, вблизи пересечений в одном уровне, на крутых спусках.



Сдвиги

Смещения покрытия по основанию, сопровождающиеся часто напылом слоя по слою. Наблюдается на покрытиях, содержащих органическое вяжущее, на крутых спусках, в местах остановок и торможения автомобилей



Трещины на покрытиях



Трещины на цементобетонных покрытиях



Просадки

Резкие искажения профиля покрытия, имеющие вид впадин с округлой поверхностью. На покрытиях, содержащих органическое вяжущее, нередко сопровождаются сеткой трещин.





Контрольные вопросы

1. Виды деформации и разрушения
2. Причины деформации и разрушения
3. Виды износа
4. Особенности износа

Список литературы

1. Автомобильные дороги. Строительство, ремонт, эксплуатация / Л.Г. Основина и др. - М.: Феникс, 2015. - 496 с.

2. 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.

Лекция 9

Назначение дорожных одежд и их классификация

План

1. Дорожная одежда
2. Классификация дорожных одежд и покрытий
- 3.Расчет дорожных одежд на прочность

Дорожная одежда

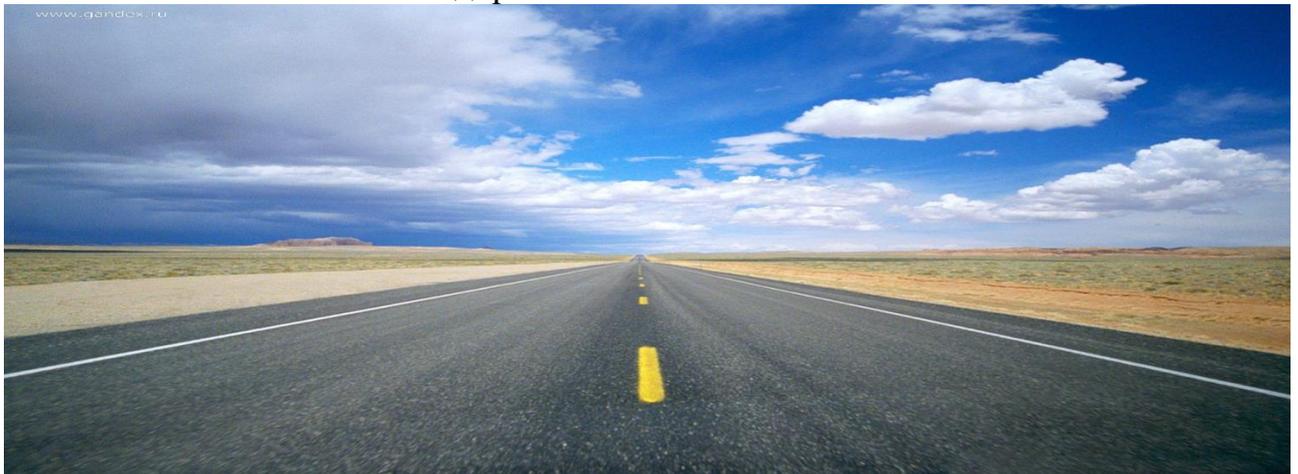
Конструкции поперечных профилей дорожных одежд. Способы устройства корыта; поправки.

Подготовка поверхности земляного полотна (дна корыта) к строительству дорожной одежды.

Назначение дополнительных слоев оснований и материалы, применяемые для их строительства. Технология строительства дополнительных слоев оснований из различных материалов.

Контроль качества работ.

Дорожная одежда – это многослойная конструкция, предназначенная для распределения давления на грунт от действия транспортной нагрузки, обеспечивающая повышение сроков службы и транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги.



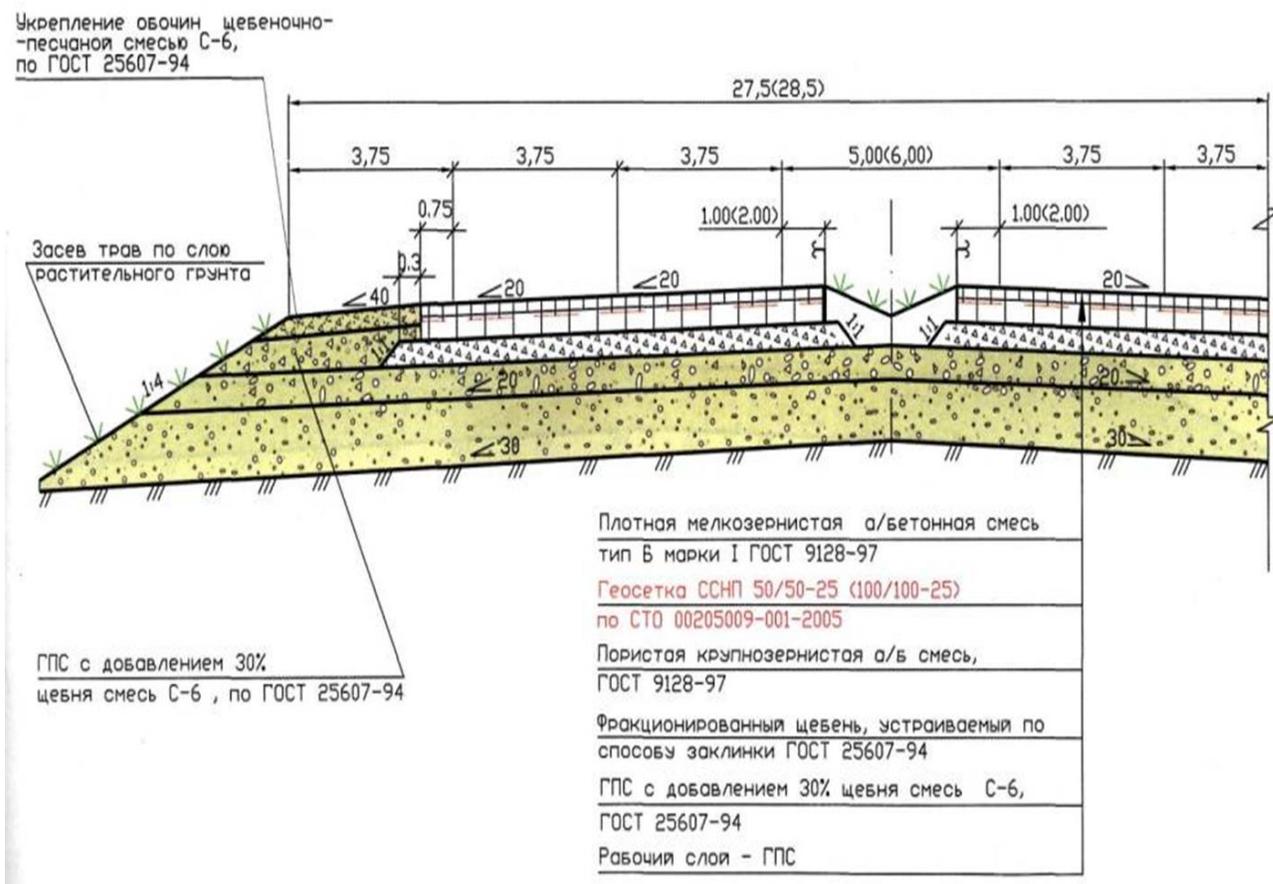
Покрытие - верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колес транспортных средств и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов.

По поверхности покрытия могут быть устроены слои поверхностных обработок различного назначения (слои для повышения шероховатости, защитные слои и т.п.).



Основание - часть конструкции дорожной одежды, расположенная под покрытием и обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение напряжений в конструкции и снижение их величины в грунте рабочего слоя земляного полотна (подстилающем грунте), а также морозоустойчивость и осушение конструкции.

Следует различать несущую часть основания (несущее основание) и дополнительные слои основания. Несущая часть основания должна обеспечивать прочность дорожной одежды и быть морозоустойчивой.



Дополнительные слои основания - слои между несущим основанием и

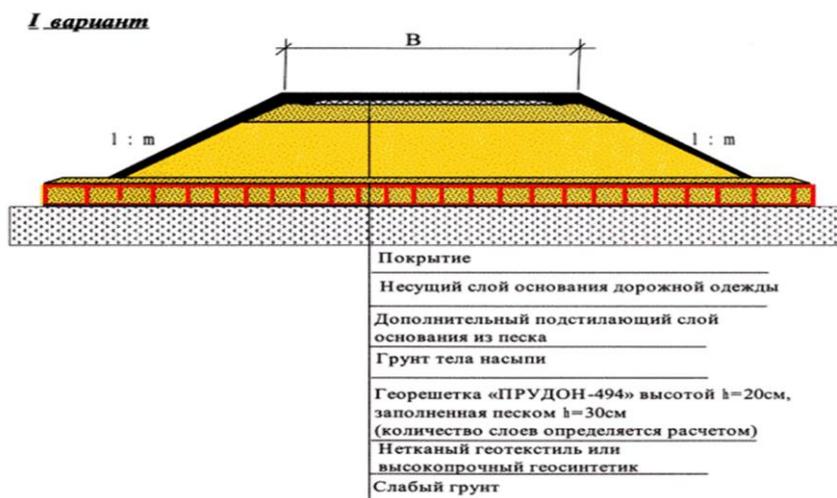
подстилающим грунтом. Предусматривают при наличии неблагоприятных погодных-климатических и грунтово-гидрологических условий.

Эти слои совместно с покрытием и основанием обеспечивают морозоустойчивость и дренирование конструкции и создают условия для снижения толщины вышележащих слоев из дорогостоящих материалов.

В соответствии с основной функцией, которую выполняет дополнительный слой, его называют морозозащитным, теплоизолирующим, дренирующим.

К дополнительным слоям и прослойкам относят также гидро- и пароизолирующие, капиллярно-прерывающие, противозаиливающие слои.

Дополнительные слои устраивают из песка и других местных материалов в естественном состоянии или укрепленных органическими, минеральными или комплексными вяжущими, из местных грунтов, обработанных вяжущими, из укрепленных смесей с добавками пористых заполнителей и т.д., а также из различного рода специальных промышленно выпускаемых материалов (геотекстиль, пенопласт, полимерная пленка и т.п.).



Классификация дорожных одежд и покрытий

Типы дорожных одежд	Основные виды покрытий
Капитальные	Цементобетонные монолитные
	Железобетонные, монолитные и сборные или из предварительно напряженного железобетона, армобетонные сборные и монолитные
Облегченные	Асфальтобетонные
	Асфальтобетонные

	Из щебня, гравия и песка, обработанных вяжущими
Переходные	Щебеночные и гравийные; из грунтов и каменных материалов, обработанных вяжущими или армированных геосинтетическими материалами
Низшие	Из грунтов, армированных геосинтетическими материалами или улучшенных добавками

Типы дорожных одежд	Основные виды покрытий
Капитальные	Цементобетонные монолитные
	Железобетонные или армобетонные сборные
	Асфальтобетонные
Облегченные	Асфальтобетонные
	Дегтебетонные
	Из щебня, гравия и песка, обработанных вяжущими

Переходные	Щебеночные и гравийные из грунтов и местных малопрочных каменных материалов, обработанных вяжущими
Низшие	Из грунтов, укрепленных или улучшенных добавками

- Дорожные одежды устраивают на всю ширину проезжей части (с присыпными обочинами) ил в случае дорог низких категорий на всю ширину земляного полотна (серповидный профиль).
- Определение кода ресурсов, номера расценки, состава работ и нормы расходов осуществляют по РСН 8.03.127-2007 «Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы» (сб. 27 «Автомобильные дороги»)
- РАСЧЕТ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА ПРОЧНОСТЬ
- Под прочностью дорожной одежды понимают способность сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием касательных и нормальных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от расчетной нагрузки (кратковременной, многократной или длительно действующей однократной), приложенной к поверхности покрытия.
- Дорожную одежду следует проектировать с требуемым уровнем надежности, под которой понимают вероятность безотказной работы в течение межремонтного периода.
- Отказ конструкции по прочности физически может характеризоваться образованием продольной и поперечной неровности поверхности дорожной одежды, связанной с прочностью конструкции (поперечные неровности, колея, усталостные трещины), с последующим развитием

других видов деформаций и разрушений (частые трещины, сетка трещин, выбоины, просадки, проломы и т.д.).

- Контрольные вопросы
- 1. Определение дорожной одежды
- 2. Покрытие дорожной одежды
- 3. Основание дорожной одежды

Список литературы

1. Автомобильные дороги. Строительство, ремонт, эксплуатация / Л.Г. Основина и др. - М.: Феникс, 2015. - 496 с.

2. 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.

Лекция 10

Роль уплотнения грунта в обеспечении устойчивости земляного полотна и прочности дорожных одежд

План

1. Общие положения
2. Устойчивость земляного полотна
3. Причины нарушения устойчивости земляного полотна
4. Технологические меры

Общие положения

Уплотнение грунта в сооружаемой конструкции земляного полотна является одной из наиболее ответственных технологических операций. Качество уплотнения грунта в насыпи или в рабочем слое выемок определяет устойчивость земляного полотна, что в конечном итоге обеспечивает надежность, прочность и долговечность дорожной

Устойчивость земляного полотна

Под устойчивостью земляного полотна понимают способность сооружения сопротивляться внешним и внутренним усилиям без разрушения, сохранять первоначальную форму и положение в пространстве, а также равновесие в напряженном состоянии.

В процессе эксплуатации автомобильных дорог приходится во многих случаях уширять земляное полотно, устраивать дополнительные полосы на подъемах, переходно-скоростные полосы, площадки для остановки автомобилей и т.д. Во всех этих случаях необходимо соблюдать требования к уплотнению, увлажнению, однородности грунтов. Необходимо понимать, что хорошая дорога включает в себя хорошо уплотненное и сухое земляное полотно, состоящее из однородных, непучинистых грунтов.

Причины нарушения устойчивости земляного полотна

Причинами нарушения устойчивости земляного полотна могут быть недостаточная плотность грунта, приданная ему при строительстве или полученная в ходе эксплуатации вследствие отрицательного воздействия факторов водно-теплового режима земляного полотна и нагрузки от транспортных средств.

Технологические меры

К числу основных технологических мер, обеспечивающих устойчивость земляного полотна, относят: послойное и равномерное уплотнение грунта уплотняющими машинами и механизмами, реализацию мероприятий по регулированию водно-теплового и технологических режимов земляного полотна дороги.

Контрольные вопросы

1. Чем является уплотнение грунта в сооружаемой конструкции земляного полотна
2. Что является причинами нарушения устойчивости земляного полотна
3. Технологические меры обеспечивающие устойчивость земляного полотна

Список литературы

1. Автомобильные дороги. Строительство, ремонт, эксплуатация / Л.Г. Основина и др. - М.: Феникс, 2015. - 496 с.
2.
2. 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.

Лекция 11

Теория по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах

План

1. Профилографы или колеемеры
2. Лазерные профилографы

Под совместным воздействием движения тяжелых и многоосных автомобилей и природно-климатических факторов на покрытиях дорожных одежд могут накапливаться дефекты и деформации, одним из видов которых является колея. Получение полных и достоверных данных о параметрах колееобразования требует большого количества измерений. Специальные автоматизированные передвижные лаборатории с лазерным, ультразвуковым и другим оборудованием широко применяются во многих странах мира.

В мировой практике отказались от ручных методов измерения ровности проезжей части в поперечном направлении с применением реек. Измерение параметров поперечной ровности и колеи выполняют с использованием ультразвуковых и лазерных датчиков, которые размещают на несущей балке, прикрепленной к передней части автомобиля. Это так называемые профилографы или колеемеры.



Рис.1. Профилограф для измерения поперечной ровности (глубины колеи)

Выпускается широкий спектр таких установок (рис.1). Ультразвуковые профилографы измеряют просветы на ширине 2—2,5 м и более при помощи ультразвуковых датчиков, число которых в поперечном направлении колеблется от 12 до 30. Измерения производятся через каждые 3 м вдоль дороги с точностью 0,1 мм. Скорость движения профилографов может изменяться в пределах 20...80 км/ч.

Лазерные профилографы измеряют просветы на ширине 2,7 м и более с помощью 15 датчиков через каждые 5 м вдоль дороги с точностью 0,1 мм. Имеются модификации профилографов, которые снимают отсчеты через каждые 20 см вдоль дороги.

Скорость движения лазерных профилографов в процессе измерений может изменяться в пределах 20...80 км/ч.



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. 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.

Лекция 12

Теоретические основы формирования мониторинга состояния автомобильных дорог

План

- 1 Введение
- 2 Обзор передвижных дорожных лабораторий
- 3 Диагностика автомобильных дорог



Диагностика автомобильных дорог

Диагностика автомобильных дорог является важнейшим этапом в системе

управления транспортно-эксплуатационным состоянием дорог. К обследованию дорог преимущественно прибегают:

- для наполнения автоматизированного банка данных (АБДД) по транспортно-эксплуатационному состоянию дорог (ТЭСАД) и разработки перспективных планов финансирования и улучшения состояния дорог во времени;
- на стадии приемки в эксплуатацию построенных участков дорог или участков дорог после проведения дорожно-ремонтных работ с целью оценки качества проведенных работ;
- при разработке рекомендаций по пропуску по существующим автомобильным дорогам большегрузных, сверхнормативных транспортных средств;
- в целях определения соответствия дорог нормативным требованиям и ежегодного планирования работ по реконструкции, капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог.

Работы по диагностике автомобильных дорог

Работы по диагностике автомобильных дорог включают подготовительные работы, непосредственно полевые обследования и камеральную обработку полученной информации. Полевые обследования проводят в теплый период года, как правило, комбинированным способом, используя визуальное обследование с простейшими измерениями и детальное обследование с применением передвижных специализированных лабораторий, приборов и оборудования. Для визуального обследования целесообразно также использование специализированных лабораторий типа GERPHO (Франция), оснащенных кино- или видеокамерами, позволяющими осуществлять съемку поверхности дороги на скорости движения до 60 км/ч.



К обследованию дорог преимущественно прибегают

- для наполнения автоматизированного банка данных (АБДД) по транспортно-эксплуатационному состоянию дорог (ТЭСАД) и разработки перспективных планов финансирования и улучшения состояния дорог во времени;

на стадии приемки в эксплуатацию построенных участков дорог или участков дорог после проведения дорожно-ремонтных работ с целью оценки качества проведенных работ; при разработке рекомендаций по пропуску по существующим автомобильным дорогам большегрузных, сверхнормативных транспортных средств;

в целях определения соответствия дорог нормативным требованиям и ежегодного планирования работ по реконструкции, капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог.

В процессе полевых обследований определяют и уточняют:

- длину дороги и ее характерных участков, длины прямых и кривых в плане, радиусы кривых в плане, углы поворота трассы, наличие на кривых в плане виражей и их уклоны;
- продольные уклоны и видимость поверхности дороги;
- высоту насыпей, тип местности по увлажнению;
- ширину проезжей части, краевых укрепительных полос, обочин, в том числе ширину укрепленной поверхности и неукрепленной части обочин, ширину полос загрязнения у кромок проезжей части;
- тип и состояние дорожной одежды и покрытия на проезжей части, на краевых полосах и обочинах;
- показатель продольной и поперечной ровности и коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытием;

- дефектность покрытия на всем протяжении дороги;
- прочность дорожной конструкции на участках с неудовлетворительной ровностью и на участках, где визуально установлено наличие характерных дефектов (сетки трещин, ямочность, глубокая колея и т.д.);
- интенсивность и состав движения;
- фактические габариты и длину мостов.

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. 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.

Лекция 13

Требования к эксплуатационным свойствам дороги и их характеристики

План

1. Карта автомобильных дорог
2. Основные требования к автомобильным дорогам
3. Продольные уклоны
4. Пересечение и примыкание АД
5. Элементы автомобильной дороги



Основные требования к автомобильным дорогам

Дороги общего пользования (федеральные, региональные и муниципальные) предназначены для пропуска транспортных средств с габаритными размерами:

- длиной одиночных автомобилей – 12 м;
- автопоездов – до 20 м;
- шириной – 2,5 м;
- высотой до 4 м для дорог I-IV категорий и 3,8 м для дорог V категории;

АД I-II категорий строятся в основном под осевую нагрузку до 10 т, дороги III-V категорий – под нагрузку до 6 т.

Автомобильные дороги

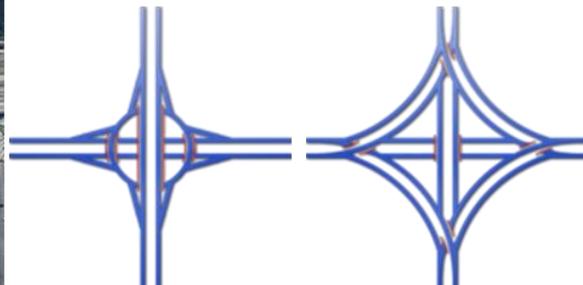
При проектировании АД следует принимать следующие нормативы:

- продольные уклоны не более 30‰;
- расстояние видимости для остановки автомобиля – не менее 450 м;
- радиусы кривых в плане – не менее 3000 м.
- проектная скорость движения – до 150 км/ч

Продольные уклоны



Продольный уклон характеризует величину проектных уклонов отдельных участков АД и расположение проезжей части относительно естественной поверхности земли, определяется тангенсом угла наклона α . Значение угла в промилле показывает, на сколько метров повышается или понижается трасса оси дороги на протяжении 1000 м. Транспортная развязка — комплекс дорожных сооружений (мостов, туннелей, дорог), предназначенный для минимизации пересечений транспортных потоков и, как следствие, для увеличения пропускной способности дорог. Преимущественно под транспортными развязками понимаются транспортные пересечения в разных уровнях, но термин используется и для специальных случаев транспортных пересечений в одном уровне. Транспортные развязки следует проектировать с таким расчетом, чтобы на дорогах I и II категорий не было левых поворотов, а также въездов и съездов с левыми поворотами, при которых пересекались бы в одном уровне потоки основных направлений движений.



Пересечение и примыкание АД

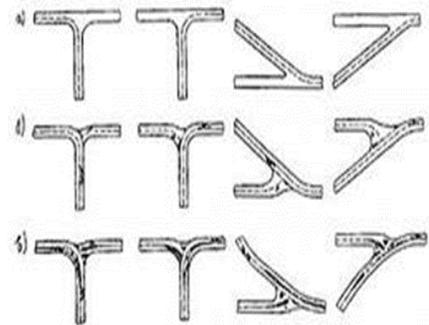
На дорогах I и II категорий при соответствующем обосновании допускается устройство примыканий дорог III категорий в одном уровне (при обязательном отгоне «уширении») полосы движения).

Число пересечений и примыканий в одном уровне должно быть возможно меньшим!!!

Пересечения и примыкания на АД I категорий вне пределов населенных пунктов надлежит предусматривать, как правило, не чаще чем через 10 км, на II категорий – 5 км, а на дорогах III категорий – 2 км

Пересечения и примыкания рекомендуется выполнять под прямым или близким к нему углом при пересечении транспортных потоков!!!

В случаях, когда транспортные потоки не пересекаются, а разветвляются или сливаются, допускается устраивать пересечения дорог под любым углом с учетом обеспечения видимости!!!

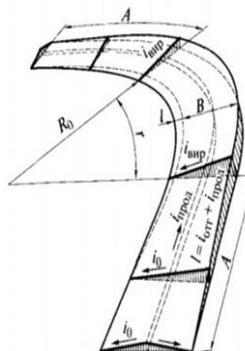


Элементы автомобильной дороги

B – ширина проезжей части, м; i_0 – поперечный уклон двухскатного профиля;

$i_{\text{вир}}$ – поперечный уклон виража; l – уширение; r – круговая кривая,

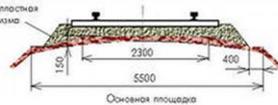
R_0 – радиус закругления; A – отгон виража.



Уклон проезжей части на вираже делают не менее, чем поперечный уклон покрытия с 2-х скатным профилем. При проезде автомобиль занимает полосу

проезжей части большей ширины, чем на прямом участке (I).

Переход к полному уширению происходит на длине, называемой отводом уширения или отгоном вираж



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. 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.

Лекция 14

Методы оценки транспортно-эксплуатационных свойств автодороги

План:

1. Методы, инструменты и способы определения эксплуатационных качеств автомобильных дорог и улиц.

2. Оценка уровня безопасности автомобильных дорог.

Качество дороги

Качество дороги – степень соответствия всего комплекса показателей технического уровня, эксплуатационного состояния, инженерного

оборудования и обустройства, а также уровня содержания дорог нормативным требованиям. Работу по оценке качественного состояния дорог, улиц и дорожных сооружений проводят:

- *проектные и научно-исследовательские организации* с целью выработки обоснованных рекомендаций по совершенствованию конструкций дорог, повышению качества строительства, реконструкции и ремонта дорог, совершенствованию нормативных документов;
- *дорожно-строительные организации* с целью контроля качества их строительства;
- *дорожно-эксплуатационные и коммунальные организации* с целью планирования работ по содержанию и ремонту дорог и улиц;
- *соответствующие органы государственного надзора*, в том числе подразделения Госавтоинспекции с целью контроля за соблюдением правил, нормативов и стандартов при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонте и содержании дорог;
- *следственные органы* при установлении причин и ответственных за возникновение дорожно-транспортных происшествий.

Методы оценки эксплуатационного состояния дорог

Для оценки технического уровня и эксплуатационного состояния дорог и улиц применяют методы:

- камеральный;
- натурное визуальное обследование с применением измерительных инструментов и геодезических приборов;
- обследование с применением специальных передвижных лабораторий, в том числе с применением фото-, кино-, видеосъемки;
- с применением аэрофотосъемки дорог.

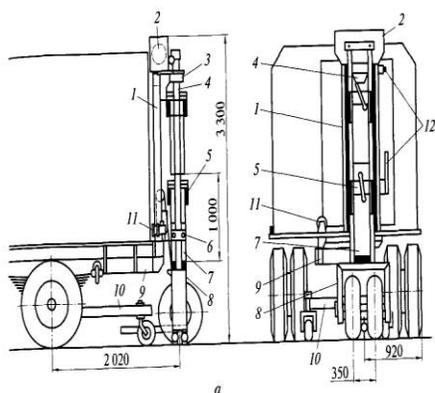
Показатели эксплуатационного состояния дороги

К показателям эксплуатационного состояния дороги в первую очередь относят показатели, характеризующие состояние дорожной одежды, главным образом, покрытия:

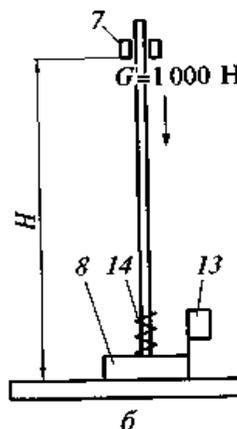
- *прочность,*
- *ровность,*
- *шероховатость,*
- *коэффициент сцепления,*
- *износостойкость*

Прочность дорожных одежд

Для оценки прочности дорожных одежд применяют оборудование, позволяющее осуществлять кратковременное воздействие нагрузки на дорожное покрытие с измерением прогиба покрытия специальным прибором – прогибомером.



Установка динамического нагружения (навесная) УДН-НК

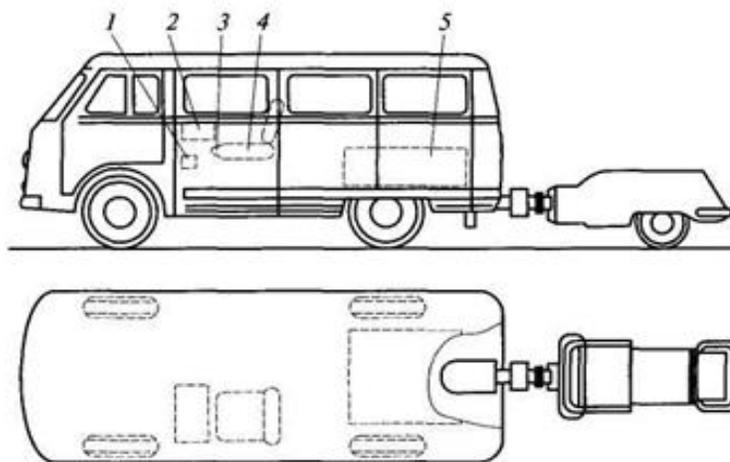


Прогибомер

Прибор оценки ровности покрытия дороги

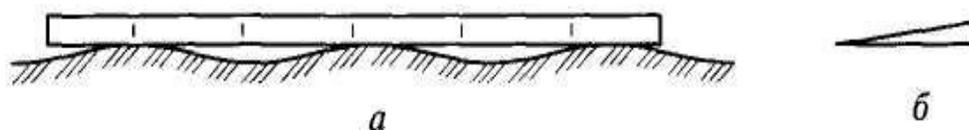
Приборы для оценки ровности дорожного покрытия по сумме сжатия рессор называют толчкомерами.

Динамометрическая установка ПКРС-2 состоит из прицепного одноколесного прибора, оборудованного датчиком.



1 - тормозная педаль прицепа; 2 - пульт управления; 3 - рычаг водополива; 4 - место оператора; 5 - бак для воды

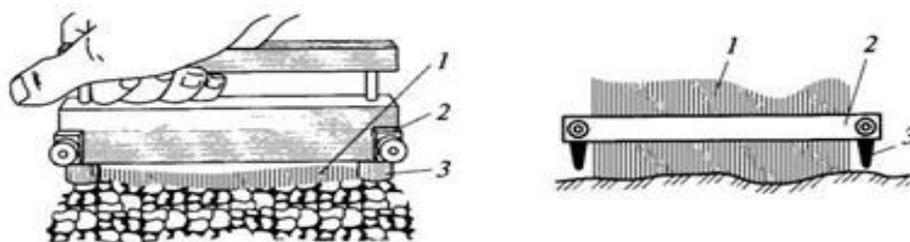
Простейшим прибором для определения ровности дорожного покрытия является трехметровая рейка с мерным клином. Степень ровности дорожного покрытия оценивается по зазору между нижней плоскостью рейки, уложенной на проезжую часть, и поверхностью дорожного покрытия.



Просветы под трехметровой рейкой измеряются с помощью клина (б) в пяти контрольных точках, расположенных на расстоянии 0,5 м от концов рейки и друг от друга. Места приложения рейки должны равномерно располагаться по длине участка измерений. Общее число измерений просветов под рейкой на участке измерений должно быть не менее 120. Максимальный просвет под рейкой допускается не более 5 мм.

Шероховатость дорожного покрытия

Для оценки **шероховатости** применяют микропрофилографы, игольчатые приборы, метод "песчаного пятна". Шероховатость оценивают по средней глубине впадин между выступами шероховатости.



Прибор игольчатый типа ПКШ-4

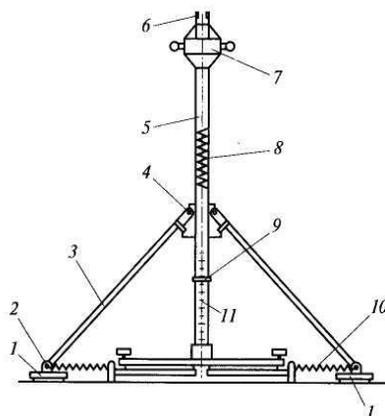
1 - игла-щуп; 2 - зажимные планки; 3 – опо

Прибор игольчатый типа ПКШ-4

1 - игла-щуп; 2 - зажимные планки; 3 – опоры

Коэффициент сцепления

При измерении коэффициента сцепления *портативными приборами* не требуется специальных установок и автомобилей. С помощью этих приборов возможно измерение коэффициента продольного сцепления на площадях ограниченного размера. Портативный прибор ППК-2 разработки **МАДИ - ВНИИБД** состоит из штанги 5 со скользящим по ней грузом 7 массой 9 кг, подвижной муфты 4 и пружины 10, соединяющей два резиновых имитатора 1.



Оценка уровня безопасности автомобильных дорог
 Состояние безопасности движения на дороге оценивают:

- коэффициентом происшествий K_n ,
- коэффициентом аварийности K_a ,
- коэффициентной безопасности K_b .

Коэффициент происшествий – показатель, характеризующий уровень аварийности на дороге. Представляет собой количество происшествий совершенных за год и приходящихся на один миллион прошедших автомобилей на данном участке.

$$K_n = \frac{10 \times A}{365 \times L \times N}, \text{ где}$$

A - количество ДТП, совершенных за год.

L - длина участка дороги, км.

N - суточная (в среднем за год) интенсивность движения, авт/сут.

Этот показатель позволяет оценивать степень опасности отдельных участков дорог.

Коэффициент аварийности K_a - безразмерный показатель, применяемый для выявления опасных участков дорог, имеющих различные комбинации условий движения. Представляет собой произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние отдельных элементов плана и профиля.

$$K_a = K_1 \times K_2 \dots K_n$$

Коэффициент безопасности - отношение скорости движения по опасному участку дороги к скорости на предыдущем участке. Более подробно мы изучим эти коэффициенты в теме 6. Участки дорог с коэффициентом безопасности:

- более 0,8 считаются безопасными;
- 0,6 - 0,8 – малоопасными;
- 0,4 - 0,6 – опасными;

- менее 0,4 - очень опасными.

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. Федеральный закон от 25.12.1995 г. №196-ФЗ «О безопасности дорожного движения».
2. ГОСТ Р50597-93 «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения».
3. ОДН 218.0.006–2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог».
3. СНиП 3.06.03-«Автомобильные дороги».
4. Приказ МВД № 410 от 08.06.1999г. «О совершенствовании нормативно-правового регулирования деятельности службы ДИ и ОД ГИБДД МВД РФ».
5. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. М., Транспорт, 2001г.
6. «Организация дорожного движения» курс лекций под редакцией В.А. Кудина. С-Пб университет МВД России, 2011г.
7. Методика и приборы контроля транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог. Методическое пособие для сотрудников дорожной инспекции ГАИ. 1996г.
8. Каталог типичных дефектов содержания конструктивных элементов автомобильных дорог.

Лекция 15

ОСНОВЫ БОРЬБЫ С ЗИМНЕЙ СКОЛЬЗКОСТЬЮ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

План:

- 1 теоретические основы борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах
- 2 особенности организации зимнего содержания автомобильных дорог и городских улиц в зарубежных странах

Зимняя скользкость включает в себя все виды снежно-ледяных образований на поверхности дороги, приводящие к снижению коэффициента сцепления: различные виды естественного обледенения, которые в метеорологии объединяют понятием гололедицы, и искусственное обледенение в виде снежного наката.

Формирование зимней скользкости на автомобильных дорогах зависит от метеорологических условий и теплофизических свойств дорожной одежды. Частота ее появления зависит от климатических условий и колеблется от пяти до 50 случаев в году. Наиболее общим случаем является образование гололеда на покрытии в результате замерзания капель дождя, мороси, тумана непосредственно на покрытии или в приземном слое воздуха, в котором при пониженной температуре содержится паровоздушная смесь в состоянии, близком к насыщению: ледяная корка образуется в зимний период при температуре воздуха от +4 до -20 °С: 55% случаев приходится на период 0...-5 °С; 80% на период +2...-6 °С; 90% на период +2...-15 °С. Относительная влажность воздуха оказывает важное влияние на формирование условий льдообразования. Гололед на покрытиях в 95% случаев возникает при $\rho_0 = 70 + 100\%$, 90% случаев при $\rho = 80 + 100\%$.

При высокой влажности и отрицательной температуре (в приземном воздухе) до -5 °С еще содержится незамерзшая вода в виде капель диаметром около 2 мм. Чем холоднее воздух, тем меньше диаметр незамерзших частиц: при $t_B = -10$ °С в воздухе находится морось — незамерзшая парообразная вода диаметром частиц около 0,3 мм; при $t_B = -30$ °С парообразная влага представляет собой переохлажденный туман.

По характеру образования различают **пять групп** обледенения поверхности автомобильных дорог. К *первой группе* относят все виды обледенения, возникающие с понижением температуры воздуха и замерзанием

имеющейся на покрытии воды. Это гидратационный тип гололедообразования, который возникает от внезапного снижения температуры воздуха до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже, когда замерзает вода, находящаяся на покрытиях после дождя, таяния снега, поверхностного стока. Осадки при этом могут отсутствовать. Другой путь обледенения мокрого покрытия — выпадение мокрого снега или дождя при положительной температуре воздуха и дальнейшее замерзание при понижении температуры до отрицательных значений. Область образования льда зависит от толщины пленки воды, отрицательной температуры воздуха t_B , скорости ветра v_B , теплового сопротивления дорожной конструкции R . Время промерзания или время льдообразования в этом случае

$$T = \frac{ah_T R}{t_B K_B}, \quad (8.1)$$

где a — коэффициент, учитывающий гидрофобные свойства покрытия; h_T — толщина гололеда;

K_B — коэффициент, учитывающий скорость ветра, возрастающий с увеличением v_B .

Скорость гололедообразования зависит от тепловых свойств дорожной одежды и полотна. Чем «теплее» дорожная конструкция (больше R), тем медленнее остывает покрытие после внезапного похолодания, тем продолжительнее время промерзания воды на покрытии. Толщина слоя льда в этом случае может быть от 1 мм до 2—3 см и зависит от микрошероховатости и ровности покрытий и слоя воды. Этот тип гололеда характеризуется очень низким коэффициентом сцепления (около 0,08—0,15), однородностью стекловидного льда, однородностью структуры по всей толщине ледяного слоя. Плотность льда достигает $0,9\text{ г/см}^3$.

К *второй группе* относят те виды обледенения, которые образуются на сухой поверхности в результате кристаллизации водяного пара из воздуха и образования инея при радиационном охлаждении покрытия ниже температуры точки росы. Температурный диапазон образования инея от -7 до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Образование инея возможно при относительной влажности воздуха 80—100% в ясную безветренную погоду, при которой имеет место отрицательный баланс тепла. Осадки при этом отсутствуют.

К *третьей группе* относят виды скользкости, возникающие при замерзании осадков, выпадающих на покрытие, охлажденное ниже температуры замерзания воды, в результате чего образуется твердый налет. Различают налет зернистый и ледяной. Зернистый налет возникает при замерзании на переохлажденное

покрытие влаги из тумана в начале оттепели, создается ледяная корка с шероховатой поверхностью. Ледяной налет образуется из-за замерзания капель воды при кратковременном дожде или мороси на охлажденном покрытии, когда температура воздуха не более $-2... -3$ °С. Длительный дождь приводит к прогреванию верхних слоев покрытия, и капли воды не замерзают.

К *четвертой группе* относят те виды обледенения, которые возникают при выпадении на покрытие переохлажденных капель влаги. Жидкая фаза на сухом или мокром покрытии образуется за счет выпадения капель переохлажденной жидкости из приземного слоя. Переохлажденные дожди наблюдаются при температуре до -5 °С, а переохлажденная морось — до -10 °С. Температура переохлажденных капель в зависимости от их диаметра может изменяться от -1 до -10 °С. Крупные капли воды (диаметром более $2—3$ мм) при ударе о покрытие быстро растекаются и промерзают, образуя практически однородную структуру ледяной корки. Мелкие капли (диаметром $1—2$ мм и менее) с меньшей температурой промерзания медленнее садятся на покрытие, они удлиняют период льдообразования. Однако скорость образования гололеда высокая — $1—5$ ч. Льдообразование возникает сразу на больших территориях. Толщина корки льда небольшая обычно $1—3$ мм, реже до 5 мм, плотность льда $0,7—0,9$ г/см³. Это гидратационное гололедообразование. К этой же группе относят конденсационный тип гололедообразования, когда на покрытие оседают не переохлажденные, капли жидкости, а кристаллы льда и мороси.

Покрытия имеют микропоры, которые сорбируют водяной пар, и в результате образуются вогнутые мениски. Давление водяного пара над такой поверхностью меньше, чем над плоской, что способствует сорбции пара в менисках и конденсации в пленочную воду. Высокая влажность воздуха способствует этому процессу. Возникающие переохлажденные капли создают очаги последующей конденсации — агрегаты, которые кристаллизуются.

Подобные конденсационные процессы возникают и в приземном слое воздуха при $t_B = +4...-6$ °С и $\psi = 70 + 95\%$. Переохлажденные капли сорбируют водяной пар и морось. Такие агрегаты в кристаллизационном состоянии оседают и одновременно с конденсационными агрегатами, возникающими непосредственно в микропорах покрытий, образуют конденсационный тип гололеда, имеющий специфические особенности: матово-белый цвет, неоднородную рыхлую слоистую структуру льда, малую плотность ($0,5—0,7$ г/см³), большую неоднородность толщины ($3—10$ мм), более высокий коэффициент сцепления ($0,15—0,20$).

Характерная особенность метеорологических условий для этого типа гололеда: оттепель после длительных морозов; слабоморозная погода, ($t_B = 1...6$ °С) и туманы; низкая положительная температура ($t_B = +4...+ 1$ °С), и туманы при температуре дорожных покрытий $\%_{ок} = -1--5$ °С.

Пятую группу составляют те виды скользкости, которые образуются от уплотнения на покрытии слоя снега, т.е. искусственная скользкость. Снег

обладает свойством изменять свои физические характеристики (плотность, прочность) под воздействием колес движущегося автомобиля. Процесс формирования снежного наката включает три стадии:

- 1) механическое уплотнение снега, в результате образуется накат плотностью $0,35—0,5 \text{ г/см}^3$. При этом коэффициент сцепления колеса с покрытием может достигать $0,20—0,25$;
- 2) постепенное формирование льда на его поверхности в результате периодического замерзания и оттаивания верхнего слоя наката. Тонкая пленка воды образуется от трения колес автомобиля по поверхности уплотненного снега; затем происходит кристаллизация ее в лед за счет большой теплоемкости снежных отложений. Плотность такого отложения $0,6—0,65 \text{ г/см}^3$;
- 3) дальнейшее уплотнение и промерзание наката до превращения его в сплошной лед плотностью $0,9 \text{ г/см}^3$. Коэффициент сцепления снижается до $0,1—0,15$.

На процесс образования данного вида обледенения влияет температура воздуха: если она ниже $-10 \text{ }^\circ\text{C}$, уплотнение снега замедляется. Быстрее всего формируется слой наката при температуре воздуха, близкой к $0 \text{ }^\circ\text{C}$. При малой скорости ветра снег откладывается на проезжей части, если скорость выше 6 м/с , имеет место перенос снега, что препятствует его отложению на дороге. Быстрому уплотнению снега способствует высокая интенсивность движения. Водная пленка на снежной или ледяной поверхности образуется в период оттепелей, когда на покрытии возникает плотный снежный накат или гололедица. При этом коэффициент сцепления достигает минимальных значений — $0,03—0,15$.

Сцепные качества покрытий снижаются не только из-за образования снежного наката, но и отложения на них рыхлого, особенно влажного снега, когда коэффициент сцепления может составлять всего $0,1—0,2$. Большое разнообразие условий образования зимней скользкости на дорогах существенно усложняет разработку методов, ее прогнозирования и технологий ликвидации [3, 7].

Есть и другая более упрощенная теория образования зимней скользкости, в которой под зимней скользкостью понимают ледяные и снежные отложения на поверхности дорожного покрытия, приводящие к снижению коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорогой. При этом различают два вида зимней скользкости: естественная скользкость и искусственная скользкость. Естественная скользкость это стекловидный лед, рыхлый снег (или снежная каша). Искусственная скользкость — это снежный накат (или уплотненный снег). Стекловидный лед — слой льда в виде гладкой стекловидной пленки толщиной от 1 до 3 мм или в виде матово-белой корки толщиной до 10 мм и более. Плотность стекловидного льда составляет $0,7—0,9 \text{ г/см}^3$, а матово-белой корки — $0,5—0,7 \text{ г/см}^3$. Коэффициент сцепления при обоих видах скользкости

равняется 0,08—0,15. Наибольшее влияние на образование зимней скользкости оказывают следующие факторы: температура, давление и влажность воздуха; осадки; ветер (скорость и направление); температура и влажность покрытия, а также теплоинерция дорожной одежды. Наличие или отсутствие гололеда на поверхности покрытия автомобильных дорог связано с комплексом метеорологических факторов, способствующих образованию льда на различных типах покрытий. Одним из таких условий является выпадение жидких осадков, т.е. при наличии переохлажденного дождя, талого снега на поверхности покрытия при отрицательных температурах следует ожидать появления льда в 90 случаях из 100. Наибольшая вероятность начала образования гололедных отложений наблюдается через 2-3 часа после изменения погодных условий. Вероятность образования льда на поверхности асфальтобетонного покрытия при температурах в интервале от 0 °С до –8 °С близка к 100 %, а ее зависимость от влажности окружающей среды незначительна. При температурах воздуха –8 °С и ниже вероятность образования льда резко уменьшается. Вода успевает перейти из жидкого состояния в парообразное прежде, чем наступит процесс ее замерзания.

Борьба с зимней скользкостью ведется по трем направлениям: улучшение сцепления колес автомобилей с покрытием; удаление снежно-ледяных образований с дорожного покрытия; предотвращение образования скользкости. Основные способы борьбы: фрикционный, химический, тепловой и механический. Широко распространен фрикционный способ, заключающийся в рассыпании по поверхности обледенелого слоя материалов, повышающих коэффициент сцепления шин с дорогой (песка, шлака, золы и т. д.). В табл. 1 приведен усредненный тормозной путь легкового автомобиля с начальной скоростью 40 км/час при использовании абразивных антигололедных реагентов.

Таблица 1

Тормозной путь автомобиля после применения абразивов

Состояние покрытия	Коэффициент трения	Тормозной путь, м
Снежный накат, ниже –15 °С	0,18	35,0
Свеженанесенный абразивный материал (300 кг/км)	0,40	15,7
Покрытие после прохода нескольких автомобилей	0,23	29,5

Недостатками фрикционного способа являются значительные транспортные расходы на перевозку и распределение материалов. Обычно песок наносится на покрытие в количестве до 340 кг на км на 1 полосу движения. Песок предназначен для временного увеличения сцепления между колесами

транспортных средств и покрытием.

Большое распространение получил комбинированный химико-фрикционный метод, когда фрикционные материалы (песок) смешиваются с твердыми хлоридами в различных соотношениях. Применение пескосоляной смеси (фрикционных материалов) считается неэкономичным из-за засорения водостоков в городах и большого расхода материалов: для неопасных участков - 0,1 – 0,2 м³ на 1000 м² покрытия (от 100 до 400 г/м²), на опасных - от 0,3 до 0,4 м³ на 1000 м².

Песок или высевки могут быть применены «напрямую», могут быть предварительно увлажнены растворами солей (в хранилище или при погрузке в пескораспределитель) или поставляться смешанными с солью (с соотношением песок:соль от 1:1 до 4:1). Получаемые выгоды являются временными, если не заставить абразивы задерживаться на снеге или льду. Крупный песок дает больший прирост коэффициента сцепления при низких температурах, в то время как мелкий песок предпочтительнее при температурах ближе к точке плавления льда. Улучшение сцепления в основном зависит от расхода материала (до 580 кг/км/полоса движения). Существует три способа удержать абразивы на дорожном покрытии: предварительное увлажнение абразивов растворами жидких противогололедных реагентов, нагрев абразивов до применения, смешивание абразивов с водой до применения. Жидкость (раствор $NaCl$ или $CaCl_2$) добавляется в количестве до 50 л/т абразивов. Такой способ увлажнения задерживает до 96 % материала на поверхности покрытия. Кроме того, увлажнение растворами хлоридов дает толчок к частичному таянию наката. Другой способ – *нагрев абразивов* до высокой температуры при погрузке или в распределителе. Горячие абразивы должны растапливать незначительное количество снега или вмерзать в накат. Талая вода повторно замерзает вокруг абразива и «приклеивает» его к поверхности снега или льда. В теории, примерзшая частица абразива останется на месте намного дольше, чем абразивы, распределяемые обычным методом. Третий способ - *смешивание абразивов с водой* перед распределением. Небольшое количество воды на частице абразива заставит частицу быстро примерзнуть к дорожной поверхности, в результате чего она дольше останется на месте. Механический способ борьбы с зимней скользкостью предусматривает использование самоходных и прицепных машин и механизмов ударного, скребкового, вибрационного или срезающего действия для разрушения и отделения льда и уплотненного снега от покрытия. Применение таких машин

пригодно для складывания и срезания толстых уплотненных снежно-ледяных корок. Для удаления тонких ледяных пленок механический способ является неприемлемым. Это связано со значительной прочностью контакта смерзания льда с бетоном и асфальтобетоном. Под действием нагрузки разрушение льда часто происходит не по контакту «лед – покрытие», а по льду. Механический способ борьбы с зимней скользкостью применяется чаще всего в сочетании с химическим, когда химическими веществами предварительно ослабляют снежно-ледяной слой, а затем его удаляют с дороги машинами. Основной путь повышения эффективности борьбы с зимней скользкостью – полное удаление ледяного или снежно-ледяного слоя тепловыми или химическим способом. Тепловой способ применяется в двух видах: удаление снежно-ледяных отложений путем подогрева покрытий нагревательными элементами, закладываемыми в покрытия и удаление снежно-ледяного слоя с покрытий с помощью тепловых машин. Нагревательные системы, применяемые для покрытий, используют токопроводящий кабель с высоким сопротивлением или трубы, содержащие горячий теплоноситель. Токопроводящий бетон можно разделить на два типа: железобетон, содержащий токопроводящее фиброволокно и бетон, содержащий токопроводящие заполнители. Первый тип имеет более высокую механическую прочность, но низкую проводимость с удельным сопротивлением приблизительно 100 Вт*см из-за слабого контакта поверхностей «волокну к волокну». Второй тип имеет более высокую проводимость с удельным сопротивлением от $10 - 30 \text{ Вт*см}$, но относительно низкий предел прочности при сжатии. Ослабление механической прочности возникает из-за содержания токопроводящих добавок, увеличивающих водопоглощение (типа сажи и кокса). Можно использовать токопроводящий слой бетона для борьбы с обледенением настилов мостов. Другой источник энергии – микроволновый нагрев. При прямом электрическом нагреве постоянный ток подводится к токопроводящему верхнему слою бетона на поверхности моста, чтобы получить температуру, достаточную для плавления льда. Эта схема подобна процессу нагрева в микроволновой печи. Выполнимость этого подхода зависит от свойств токопроводящей бетонной смеси.

Контрольные вопросы

1. Чем характеризуется группы обледенения

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. 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.

