

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

И.А. Оденбах, Е.Б. Таурит

УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Учебное пособие

Рекомендовано учёным советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 08.03.01 и 08.04.01 Строительство

2-е издание, переработанное и дополненное

Оренбург

2021

УДК 625.7/8(075.8)
ББК 39.311я73
О41

Рецензент – заместитель начальника управления Муниципального Бюджетного Учреждения «Управление Капитального Строительства» администрации г. Оренбурга С.П. Рукин

Оденбах, И.А.
О41 Управление работой автомобильных дорог: учебное пособие / И.А. Оденбах, Е.Б. Таурит; Оренбургский гос. ун-т. – 2-е изд., перераб. и доп. – Оренбург : ОГУ, 2021. – 202 с.

Учебное пособие по управлению работой автомобильных дорог предназначено для обучающихся строительных и инженерных направлений очной, заочной и ускоренной форм обучения, для магистрантов и слушателей межотраслевого регионального центра повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов заочной формы обучения и для самостоятельной работы обучающихся.

Настоящее пособие позволит освоить курсы «Текущий ремонт и содержание автомобильных дорог», «Основы проектирования городских дорог», «Изыскания и проектирование автомобильных дорог», «Проектирование и строительство автомобильных дорог», «Реконструкция автомобильных дорог», «Эксплуатация транспортных сооружений», обучающимся всех профилей университета, которые изучают эти курсы по очной, заочной и ускоренной формам обучения, магистрантам и обучающимся межотраслевого регионального центра повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов заочной и ускоренной форм обучения.

УДК 625.7/8(075.8)
ББК 39.311я73

ISBN

© Оденбах И.А., 2021
Таурит Е.Б.
© ОГУ, 2021

Содержание

Введение	5
1 Автомобильные дороги и дорожная служба	6
1.1 Автомобильный транспорт и дорожная сеть России	6
1.2 Общие требования к техническому уровню и эксплуатационному состоянию дорожной сети.....	10
1.3 Требования к транспортно-эксплуатационным показателям и состоянию дорог.....	11
1.4 Роль дорожных условий в обеспечении безопасности движения и надежности работы водителя	24
1.5 Основные задачи и функции дорожной эксплуатационной службы	39
1.6 Организация службы ремонта и содержания дорог, её производственные подразделения	43
2 Воздействие автомобилей и природных факторов на дорогу и условия движения	45
2.1 Взаимодействие автомобиля и дороги	45
2.2 Воздействие автомобильных нагрузок на дорожные одежды	58
2.3 Воздействие природных факторов на дорогу	62
2.4 Деформации и разрушения земляного полотна.....	67
2.5 Деформации и разрушения дорожных одежд и покрытий.....	70
2.6 Влияние климата и погоды на состояние дорог и условия движения автомобилей.....	75
3 Оценка транспортно-эксплуатационных качеств дорог	82
3.1 Оценка скорости, пропускной способности и степени загрузки	82
3.2 Комплексная оценка состояния дорог по коэффициенту обеспеченности расчётной скорости	88
3.3 Схемы и принципы действия приборов и оборудования для оценки транспортно-эксплуатационных качеств дорог.....	101
3.4 Прочность и морозоустойчивость дорожной одежды. Методы определения	109
3.5 Ровность, шероховатость и сцепление	121
3.6 Истирание и определение коэффициента изношенности покрытия	123
3.7 Оценка ровности покрытия автомобильных дорог универсальной трехметровой рейкой	125
4 Система мероприятий по ремонту и содержанию дорог	128
4.1 Классификация и состав работ	128
4.2 Межремонтные сроки службы дорожных одежд и покрытий	131

4.3 Принципы планирования работ.....	138
4.4 Оценка эффективности дорожно-ремонтных работ	148
5 Обеспечение безопасности и организация движения на дорогах	153
5.1 Оценка влияния дорожных условий на безопасность движения в различные периоды года	153
5.2 Методы повышения удобства и безопасности движения на дорогах ...	159
5.3 Обеспечение ровности и шероховатости покрытий	179
5.4 Обеспечение безопасности движения на пересечениях и в населённых пунктах.....	182
5.5 Организация и обеспечение безопасности движения в сложных погодных условиях	186
5.6 Организация движения в местах производства ремонтных работ	195
Список использованных источников	199
Приложение А	200
Приложение Б	201
Приложение В	202

Введение

Настоящее учебное пособие является расширенным курсом лекций, которые читаются авторами в Оренбургском государственном университете.

Автомобильные дороги – это важное звено общей транспортной системы страны, без которого не могут функционировать отрасли народного хозяйства. Уровень развития и техническое состояние дорожной сети влияют на экономическое и социальное развитие страны и её отдельных регионов, так как надёжные транспортные связи повышают эффективность использования производственных фондов, трудовых, материальных и технических ресурсов, повышению производительности труда.

Дорожное хозяйство находится на сложном этапе развития, когда от строительства новых дорог дорожные организации постепенно и неуклонно переходят к повышению технического уровня и эксплуатационного состояния существующих дорог, капитальности дорожных одежд, реконструкции дорог и мостов. На первые места выдвигаются задачи повышения скорости, удобства и безопасности движения, инженерного оборудования и обустройства дорог, архитектурно и эстетического оформления. Данная закономерность проявляется всё более значительно, так как имеет место ежегодный прирост сети дорог с твёрдым покрытием за счёт нового строительства и реконструкции. Большинство автомобильных перевозок осуществляется по старым дорогам, от состояния которых зависит эффективность работы автомобильного транспорта.

Темпы роста объёмов автомобильных перевозок, выпуска грузовых и легковых автомобилей опережают темпы роста протяжённости дорог с твёрдым покрытием, что приводит к нарастанию интенсивности движения на дорогах.

Существенным также является то, что большая часть протяжённости дорог имеет тонкослойную одежду [1, с. 4].

1 Автомобильные дороги и дорожная служба

1.1 Автомобильный транспорт и дорожная сеть России

Общая характеристика и задачи развития. Автомобильный транспорт и дорожная сеть страны развиваются быстрыми темпами. Увеличивается грузооборот автомобильного транспорта, перевозки грузов, производство грузовых и легковых автомобилей. В стране увеличилась протяжённость сети дорог общего пользования и ведомственных дорог с твёрдым покрытием.

Перевозки грузов и пассажирооборот автобусного парка общего пользования будут увеличиваться, также будет повышаться эффективность использования транспортных средств за счёт применения прицепов и полуприцепов, сокращения непроизводительных простоев, порожних пробегов, нерациональных перевозок.

Будет улучшаться структура автомобильного парка пополнением его автобусами большой вместимости и повышенной комфортабельности, увеличиваться выпуск большегрузных карьерных автомобилей, автомобилей повышенной грузоподъёмности и грузовых автомобилей.

Предусмотрено дальнейшее развитие дорожного хозяйства, в том числе в сельской местности; построить и реконструировать автомобильные дороги с твёрдым покрытием, в том числе дорог общего пользования и дорог внутрихозяйственного назначения на селе, связывающие их с административными центрами районов; улучшить эксплуатационные качества автомобильных дорог, оснащённость их объектами для обслуживания пассажиров и водителей [1, с. 5].

Классификация автомобильных дорог. По хозяйственному и административному значению автомобильные дороги могут быть общего пользования и ведомственные. Дороги общего пользования обслуживают перевозки грузов всех отраслей хозяйства и пассажиров, а ведомственные – перевозки грузов, как правило, какой-либо одной отрасли [1, с. 5].

К ведомственным автомобильным дорогам относят:

– дороги на территориях промышленных и других предприятий и организаций, которые обслуживают их производственные и технологические перевозки, включая предприятия лесозаготовительной и горнодобывающей промышленности, промышленные комплексы, и подъезды к предприятиям и организациям;

– внутрихозяйственные дороги предприятий и организаций, которые соединяют их с отделениями, комплексами, фермами, станами, пунктами и другими объектами, а также дороги, соединяющие отделения, фермы и другие объекты с дорогами общего пользования между собой;

– служебные и патрульные дороги вдоль каналов, трубопроводов, линий электропередач и других коммуникаций, служебные подъезды к гидротехническим и другим сооружениям.

Дороги общего пользования делятся на группы:

–автомобильные дороги общегосударственного значения, которые соединяют столицы государств, промышленные и культурные центры, а также подъезды к этим центрам на 25 км, обходы этих центров; соединяющие города; дороги, важные для освоения богатств страны; обеспечивающие транспортные связи с зарубежными странами; туристские дороги, а также дороги государственных заповедников; оборонные дороги; подъезды на 15 км к важным железнодорожным станциям, портам, пристаням, аэропортам, хозяйственным, культурным и историческим центрам;

– автомобильные дороги, которые соединяют административные центры областей, включая обходы их и подъезды к ним протяжённостью 10 км; дороги, по которым осуществляют междугородные перевозки грузов и пассажиров, межобластные автотранспортные связи, дороги и подъезды к ним, соединяющие аэропорты, порты и пристани; автомобильные дороги, связывающие курорты, места массово отдыха и туризма, спортивные комплексы, заповедники, исторические и культурные памятники, научные центры; дороги, которые свя-

зывают эти объекты с ближайшими железнодорожными станциями, аэропортами, портами, автомобильными дорогами;

- автомобильные дороги областного значения;

- автомобильные дороги местного значения, которые соединяют административные центры районов и округов, населённые пункты с административными центрами, подъезды протяжённостью на 5 км к дорогам общего пользования.

Как правило, все автомобильные дороги областного и местного значения относят к местным дорогам.

Состояние сети дорог и её соответствие требованиям автомобильного транспорта. Эффективное функционирование автомобильного транспорта возможно, если количественное развитие, качественный уровень и техническое состояние автомобильных дорог соответствуют требованиям автомобильного транспорта. В свою очередь эффективное развитие и состояние дорожной сети возможно, когда технический уровень и эксплуатационные характеристик автомобилей соответствуют требованиям, учитывающим параметры существующих дорог [1, с. 7].

Дороги общего пользования предназначены для пропуска транспортных средств с определёнными габаритами. Транспортные средства, которые превышают допустимые габариты для дороги данной категории, могут быть пропущены по дорогам общего пользования при наличии специального разрешения и при условии предусмотрения мероприятий по безопасности движения.

Автотранспортные средства в зависимости от осевой нагрузки делят на группы:

- с осевой нагрузкой более 60 кН, предназначенные для эксплуатации на дорогах I–IV категорий, которые имеют капитальные или облегчённые типы одежд;

- с осевой нагрузкой менее 60 кН, предназначенные для эксплуатации на дорогах любой категории [1, с. 7].

В зависимости от расстояния между крайними осями ограничивается полная нагрузка транспортных средств.

Один из недостатков дорожной сети – это недостаточно прочные одежды на дорогах и недостаточно высокая несущая способность старых мостов. Это объясняется тем, что растёт интенсивность автомобилей с большей осевой нагрузкой. Поэтому возможны ежегодные ограничения движения тяжёлых автомобилей в весенний период, иначе автомобильные дороги относительно быстро изнашиваются и разрушаются.

Ещё одна проблема – это состояние мостов, которые были построены несколько десятилетий назад. Их габариты и техническое состояние могут не удовлетворять современным параметрам и нагрузкам автомобилей, а также требованиям безопасности движения. На дорогах есть деревянные мосты, которые пригодны для пропуска одиночных автомобилей малой и средней грузоподъёмности. Все они должны быть перестроены. Немало железобетонных мостов, которые проработали по 35 лет и более без капитального ремонта. Поэтому транспортные средства, которые пропускают по мостам, иногда ограничивают по общей массе.

В связи с тем, что мосты на дорогах построены в разное время по различным техническим нормам и находятся в различном состоянии, одни и те же нагрузки могут быть для одних мостов неконтролируемые, для других контролируемые массовые.

Дорожная сеть нагружена, быстро изнашивается и требует повышенных объёмов работ по ремонту и содержанию. Ежегодно в стране капитально ремонтируют около 8 % общей протяжённости дорог с твёрдым покрытием.

Расходы на ремонт и содержание дорог в стране почти в 2 раза превышают затраты на строительство новых и составляют около 85 % всех затрат на дорожное хозяйство.

Чтобы привести состояние всей сети автомобильных дорог к современным требованиям, необходимо каждый год увеличивать объём капитального ремонта почти на 20 %.

1.2 Общие требования к техническому уровню и эксплуатационному состоянию дорожной сети

Конечная цель деятельности дорожно-эксплуатационной службы – это поддержание и непрерывное повышение качества дорог, т. е. их технического уровня и эксплуатационного состояния или транспортно-эксплуатационного состояния, в соответствии с ростом интенсивности движения и нагрузки на дороги при минимальных затратах трудовых, материальных, технических и энергетических ресурсов.

Технический уровень – это степень соответствия постоянных, т. е. не меняющихся в процессе эксплуатации или меняющихся при реконструкции и капитальном ремонте, геометрических параметров, характеристик дороги и её сооружений нормативным требованиям.

Эксплуатационное состояние – это степень соответствия переменных параметров и характеристик дороги, инженерного оборудования, организации и условий движения, которые изменяются в процессе эксплуатации из-за воздействия транспортных средств, метеорологических условий и уровня содержания нормативным требованиям.

К основным транспортно-эксплуатационным показателям автомобильных дорог и дорожных сооружений относят обеспеченную скорость и пропускную способность, уровень загрузки дороги, непрерывность и безопасность движения, допустимую осевую нагрузку и грузоподъёмность или общую массу автомобилей и автомобильных поездов.

Скорость, пропускная способность, безопасность и непрерывность движения автомобилей – это важные обобщающие показатели, которые отражают транспортно-эксплуатационное состояние автомобильных дорог в различные периоды года, погодные и климатические условия, а также эффективность мероприятий и работ по ремонту и содержанию дорог и организации движения. Транспортно-эксплуатационные показатели дорог зависят от их технического уровня и эксплуатационного состояния.

Расчётная скорость – это максимальная обеспеченная по условиям безопасности движения, взаимодействия с дорогой и динамическим характеристикам скорость легкового автомобиля на увлажнённом покрытии в эталонных условиях погоды, которым соответствует летний сезон при температуре воздуха +20 °С, относительной влажности воздуха 50 %, отсутствии ветра и при атмосферном давлении 1013 МПа.

В неблагоприятных погодных-климатических условиях допускается снижать максимальную обеспеченную скорость по сравнению со скоростью, которая принята для проектирования элементов плана и продольного профиля на 25 % в расчётные по условиям движения осенне-весенний период и 50 % в зимний период при гололёде, метелях и снегопадах [1, с. 10].

Технический уровень и эксплуатационное состояние дорог должны соответствовать требованиям, которые установлены к основным транспортно-эксплуатационным показателям проектируемых дорог и дорожных сооружений. Эти требования, которые относятся к строительству и реконструкции дорог, распространены на всю сеть дорог, и часть которых построена по устаревшим техническим нормативам и может не удовлетворять современным требованиям.

В соответствии со сложившейся и перспективной интенсивностью движения и другими экономическими данными каждой дороге, а при необходимости и отдельным её участкам присваивают определённую техническую категорию. Категорией, которую присвоили дороге, руководствуются при разработке проектов реконструкции и капитального ремонта её отдельных участков, мостов и дороги в целом. Это обеспечивает комплексность и увязку ремонтных работ и исключает переделки ранее отремонтированных участков.

1.3 Требования к транспортно-эксплуатационным показателям и состоянию дорог

Автомобильная дорога должна функционировать в любой сезон года и в любых погодных условиях.

Скорость автомобилей оценивают по эксплуатационному коэффициенту обеспеченности расчётной скорости

$$K_{расч.скор.эсп.} = \frac{V_{факт.мах}}{V_{расч.}} \quad (1)$$

где $V_{факт.мах}$ – фактическая максимальная скорость, которая обеспечивается на каждом участке при характерных для данного сезона года погодных условиях и уровне содержания дороги, км/ч;

$V_{расч.}$ – расчётная скорость для дороги данной категории и рельефа местности, км/ч.

При оценке состояния дорог для упрощения расчётов принимают базовую расчётную скорость для всех категорий дорог $V_{расч.}^{баз.} = 120$ км/ч, а коэффициент обеспеченности

$$K_{расч.скор.} = \frac{V_{факт.мах}}{V_{расч.}^{баз.}} \quad (2)$$

В этом случае эксплуатационный коэффициент обеспеченности расчётной скорости

$$K_{расч.скор.эсп.} = \frac{V_{расч.}^{баз.} \cdot K_{расч.скор.}}{V_{расч.}} = \frac{120 \cdot K_{расч.скор.}}{V_{расч.}} \quad (3)$$

Если известны $K_{расч.скор.}$ или $K_{расч.скор.эсп.}$, то максимальную скорость вычисляют

$$V_{факт.мах} = 120 \cdot K_{расч.скор.} \quad (4)$$

или

$$V_{\text{факт.мах}} = K_{\text{расч.скор.эсп.}} \cdot V_{\text{расч.}} \quad (5)$$

Допустимые пределы обеспеченной скорости на эксплуатируемых дорогах с учётом их состояния установлены в технических правилах ремонта и содержания автомобильных дорог.

По степени обеспеченности расчётной скорости разработаны основные показатели оценки условий движения и уровня содержания дорог в неблагоприятные периоды года (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели оценки условий движения и уровня содержания дорог в неблагоприятные периоды года [1, с. 12]

Показатели	Коэффициент $K_{\text{расч.скор.}}^{\text{баз.}}$ для дорог							
	I – III категорий				IV и V категорий			
	1	0,75	0,5	0,24	0,67	0,5	0,33	0,16
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
Условия движения	Нормальные	Трудные	Очень трудные	Недопустимые или допустимые в особых случаях	Нормальные	Трудные	Очень трудные	Допустимые в особых случаях
Состояние дорог в неблагоприятных условиях погоды	Нормальное	Удовлетворительное	Неудовлетворительное	Аварийное	Нормальное	Удовлетворительное	Неудовлетворительное	Аварийное
Метеорологические явления и условия	Не опасные или малоопасные	Опасные	Особо опасные	Стихийное бедствие	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Требуемый уровень содержания дорог	Нормальный	Усиленный	Аварийный с привлечением собственных средств	Полная мобилизация с привлечением средств сторонних организаций	Нормальный	Усиленный	Аварийный с привлечением собственных средств	Полная мобилизация или закрытие движения
Фактический уровень содержания	Нормальный	Удовлетворительный	Неудовлетворительный	Недопустимый или допустимый в особых случаях	Нормальный	Удовлетворительный	Неудовлетворительный	Недопустимый или допустимый в особых случаях

Пропускная способность и степень загрузки дороги. Степень загрузки дороги движением определяют отношением фактической интенсивности движения, приведённой к легковому автомобилю, к пропускной способности

$$Z = \frac{N_{\text{сезон.легк.}}}{P_{\text{сезон.}} \cdot n}, \quad (6)$$

где $N_{\text{сезон.легк.}}$ – интенсивность движения в данный сезон года, приведённая к легковому автомобилю, авт./ч;

$P_{\text{сезон.}}$ – пропускная способность;

n – число полос движения

$$N_{\text{сезон.легк.}} = N_{\text{сезон.}} \cdot \gamma_{\text{ср.взв.}} \quad (7)$$

ИЛИ

$$N_{\text{сезон.легк.}} = N_1\gamma_1 + N_2\gamma_2 + N_3\gamma_3 + \dots + N_i\gamma_i \quad (8)$$

где $N_{\text{сезон.}}$ – сезонная интенсивность движения, авт./ч;

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots, \gamma_i$ – коэффициенты приведения различных автомобилей к легковому (таблица 2);

$\gamma_{\text{ср.взв.}}$ – средний коэффициент приведения различных автомобилей к легковому.

Таблица 2 – Параметры основных типов транспортных средств, которые используют на сети дорог общего пользования

Транспортное средство	Грузоподъёмность, т	Осевая нагрузка, кН	Коэффициент приведения
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Легковые автомобили	-	-	1
Автобусы, троллейбусы	-	45 - 93	2,5
Грузовые автомобили	0,35 - 10	30,7 - 140	2,65
Грузовые автомобили-самосвалы	2,25 - 10	1,3 - 146,8	2,65
Автомобильные поезда на седельном тягаче	4,3 - 26,2	33 - 180	4,6
Автомобильные поезда с прицепом	11,5 - 20	57,5 - 140	4

Степень загрузки Z не должна превышать:

0,5 – на подъездах к аэропортам, причалам;

0,6 – на внегородских автомобильных магистралях, дорогах I категории;

0,65 – на входах в города, обходах и кольцевых дорогах вокруг городов;

0,70 – на дорогах II и III категорий;

0,75 – на дорогах IV категории [1, с. 11].

Безопасность движения на дорогах. Безопасность оценивают для каждого периода года по показателю относительной аварийности – это коэффициент происшествий, коэффициент аварийности и коэффициент безопасности.

Обеспечение непрерывности проезда. На дорогах I, II и III категорий перерывы движения не допускаются, кроме случаев стихийных бедствий, аварий, катастроф и выполнения ремонтных работ [1, с. 13].

На дорогах IV и V категорий, кроме перечисленных случаев, допустимо закрытие или ограничение движения в следующих случаях: в весенний период на участках пучинистых и с недостаточной прочностью дорожной одежды; на участках, где ожидается затопление или разрушение земляного полотна и искусственных сооружений при паводке; в зимний период на участках, где движение автомобилей полностью прекращается из-за отсутствия перевозок или может быть организовано по не заносимому снегом маршруту, а также на других участках в период метелей и снегопадов. Закрытие или ограничение движения производят в установленном порядке.

Геометрические параметры эксплуатируемых дорог. Ширина проезжей части, краевых укрепленных полос и укрепленных обочин должна соответствовать нормам категории, которую устанавливают для данной дороги при строительстве, реконструкции или капитальном ремонте. Кромки покрытия проезжей части, краевых укрепленных полос и укрепленных обочин должны быть ровными в плане, иметь правильные и четкие очертания без изломов, разрушений и деформаций.

Прочность дорожной одежды. По прочности устанавливают соответствие дороги требованиям движения, необходимость ремонта или усиления проезжей части. Дорожную одежду считают прочной, если под действием расчётного движения, погодных и климатических факторов сохраняется сплошность и ровность покрытия.

В качестве эксплуатационного показателя прочности применяют значение обратимого прогиба или эквивалентного модуля упругости дорожной одежды и земляного полотна. Прочность дорожной одежды считают достаточной, если её фактический модуль упругости $E_{факт.}$, который установлен в результате полевых испытаний, не меньше требуемого по типу покрытия и условиям движения $E_{треб.}$, т. е. коэффициент прочности

$$K_{прогиб} = \frac{E_{факт.}}{E_{треб.}} \geq 1, \quad (9)$$

или

$$K_{\text{прогиб}} = \frac{[\lambda]}{\lambda} \geq 1. \quad (10)$$

Для капитальных дорожных одежд нежёсткого типа, которые работают только в стадии упругих деформаций, дополнительными критериями служат

$$K_{\text{проч.}} = \frac{[p]}{p}, \quad (11)$$

$$K_{\text{изгиб}} = \frac{[R_{\text{изгиб}}]}{\sigma_r}, \quad (12)$$

где $K_{\text{проч.}}$ – коэффициент прочности одежды по упругому прогибу;

$[\lambda]$ – допустимый относительный обратимый прогиб с учётом усталостных явлений в материале покрытия;

λ – фактический или ожидаемый упругий прогиб дорожной одежды;

$K_{\text{проч.}}$ – коэффициент прочности конструкции по сдвигу в подстилающем одежду грунте и в слоях из слабосвязных материалов;

$K_{\text{изгиб}}$ – коэффициент прочности по растяжению при изгибе монолитных слоёв дорожной одежды;

$[p]$ – давление на покрытие, при котором достигается местное предельное равновесие по сдвигу в подстилающем одежду грунте или в слабосвязном материале промежуточного слоя, МПа;

p – давление на покрытие от расчётной нагрузки, МПа;

$[R_{\text{изгиб}}]$ – допустимое растягивающее напряжение при изгибе с учётом усталости, МПа;

σ_r – наиболее растягивающее напряжение в покрытии или в промежуточном монолитном слое, МПа.

Требуемые модули упругости нежёстких дорожных одежд назначают с учётом норм межремонтных сроков службы одежд до капитального ремонта,

значений расчётной нагрузки и интенсивности движения расчётных автомобилей, вида покрытия, дорожно-климатической зоны, грунтовых и гидрологических условий, общей толщины дорожной одежды, её конструкции и эксплуатационной надёжности на обследуемом участке.

Требуемый модуль упругости назначают по перспективной интенсивности движения, приведённой к расчётным нагрузкам

$$N_{\text{привед.}} = \frac{\gamma \cdot q \cdot N_{\text{факт.}} \cdot (q^{t_i} - 1)}{q - 1}, \quad (13)$$

где γ – параметр для дорожных покрытий:

- для капитальных дорожных покрытий $\gamma = 0,12$;
- для облегчённых дорожных покрытий $\gamma = 0,15$;
- для переходных дорожных покрытий $\gamma = 0,17$;

q – показатель фактического роста интенсивности движения, $q > 1$;

$N_{\text{факт.}}$ – приведённая к расчётному грузовому автомобилю фактическая интенсивность движения автомобилей на момент полевых испытаний, авт./сут.;

t_i – перспективный период до капитального ремонта дорожной одежды от года проведения полевых испытаний, годы [1, с. 13].

Требуемый модуль упругости корректируют с учётом надёжности дорожной одежды в условиях эксплуатации [1, с. 13]

$$E_{\text{треб.}} = E_{\text{всн}} \cdot (1 - 0,2 \cdot b_E). \quad (14)$$

Коэффициент b_E зависит от уровня надёжности, назначают по таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициента b_E

q	Коэффициент b_E при перспективной интенсивности, авт./сут.					
	10	100	300	1000	5000	10000
l	2	3	4	5	6	7
1,02	0,50	0,60	0,70	0,80	1,05	1,10
1,10	0,55	0,65	0,75	0,85	1,10	1,15
1,20	0,60	0,70	0,80	0,90	1,15	1,20

Приведённую к расчётному грузовому автомобилю определяют по результатам наблюдений в период полевых испытаний или с применением данных учёта движения на дороге

$$N_{\text{факт.}} = N_{\text{сут.}} \cdot K_{\text{сезон.}} \cdot f_n \cdot \prod_1^{\omega} \alpha_j \cdot P_j, \quad (15)$$

где $N_{\text{сут.}}$ – среднегодовая суточная интенсивность движения транспортного потока, авт./сут.;

$K_{\text{сезон.}}$ – коэффициент сезонности – отношение интенсивности движения в расчётный весенний период к среднегодовой суточной интенсивности движения;

f_n – коэффициент, учитывающий число полос движения на обследуемой дороге;

ω – число типов автомобилей в транспортном потоке;

α_j – коэффициент приведения j -ого типа автомобиля к расчётному;

P_j – доля j -ого типа автомобиля в транспортном потоке [1, с. 13].

Для нежестких дорожных одежд коэффициент приведения α_j определяют по таблице 4.

Таблица 4 – Значения коэффициента приведения α_j

Группа расчётной нагрузки	Тип покрытия	Коэффициент приведения α_j при осевой нагрузке, кН										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
А	Капитальный	-	-	0,01	0,04	0,12	0,23	0,39	0,66	1	1,24	1,7
	Облегченный	-	-	0,04	0,11	0,23	0,36	0,52	0,75	1	1,17	1,5
	Переходный	0,01	0,06	0,14	0,26	0,41	0,55	0,68	0,85	1	1,09	1,24
Б	Облегченный	0,01	0,08	0,26	0,56	1	1,57	2,25	3,04	3,92	4,88	5,9
	Переходный	0,07	0,22	0,44	0,71	1	1,31	1,67	1,95	2,27	2,58	2,9

Коэффициент прочности для одежд для одежд с цементобетонными покрытиями и основаниями

$$K_{проч.} = \frac{[Q]}{Q}, \quad (16)$$

где $[Q]$ – допустимая нагрузка для данной конструкции, с учётом температурных напряжений и усталостных явлений;

Q – нагрузка на колесо наиболее тяжёлого транспортного средства [1, с. 14].

В качестве показателя прочности допустимо применять значение растягивающего напряжения при изгибе цементобетонного покрытия.

Одежды на дорогах I, II и III категорий должны иметь прочность, которая обеспечивает в расчётный период беспрепятственный пропуск автомобилей с осевой нагрузкой 100 кН, а на дорогах IV и V категорий с твёрдыми покрытиями – до 60 кН. Учитывая тенденцию перехода к выпуску всё более тяжёлых ав-

томобилей и автомобильных поездов и необходимость снижения последующих затрат на восстановление износа и разрушений, целесообразно при реконструкции и капитальном ремонте дорог IV и V категорий строить или перестраивать дорожные одежды в расчёте на пропуск автомобилей с осевой нагрузкой 100 кН.

Ровность, шероховатость и сцепные качества дорожных покрытий.

Основными показателями для оценки ровности покрытий служат:

– размер и число просветов, мм, под трёхметровой рейкой, которую прикладывают к покрытию в продольном направлении на расстоянии 1 м от кромки покрытия;

– сумма сжатия рессор автомобиля или прицепа, см/км, при движении со скоростью 50 км/ч.

На эксплуатируемых дорогах просветы под трёхметровой рейкой не должны превышать:

- 5 мм – на капитальных покрытиях;
- 7 мм – на облегчённых покрытиях;
- 15 мм – на переходных покрытиях [1, с. 14].

Допустимые показатели ровности при измерении толчкомером приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Допустимые значения ровности [1, с. 14]

Тип дорожной одежды	Ровность, см/км, при интенсивности движения, авт./сут.					
	500	500 - 1000	1000 - 3000	3000 - 5000	5000 - 7000	> 7000
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
Капитальный	-	230	150 – 230	130 – 150	130	120
Облегченный	-	300	200 – 300	-	-	-
Переходный	400	-	-	-	-	-

Предельное состояние покрытий по ровности зависит от расчётной надёжности дорожных одежд и может быть уточнено на основании техниче-

ских и экономических расчётов с учётом норм межремонтных сроков службы до капитального ремонта.

Основным эксплуатационным показателем является коэффициент ровности

$$K_{\text{ровность}} = \frac{S_{\text{норм.}}}{S_{\text{факт.}}}, \quad (17)$$

где S – предельная допустимая ровность, которая нормируется для различных типов покрытия;

S – фактическая ровность, которую определяют с помощью толчкомера.

Покрытие считается ровным, если $K_{\text{ровность}} \geq 1$.

Для оценки сцепных свойств покрытий служат:

- коэффициент продольного сцепления;
- шероховатость поверхности, которую характеризуют средней глубиной

впадин шероховатости.

Предельные допустимые в процессе эксплуатации покрытий коэффициенты сцепления и средняя глубина впадин шероховатости не должны быть ниже указанных в таблице 6.

Таблица 6 – Допустимые значения коэффициентов сцепления и параметров шероховатости

Условия движения	Коэффициент сцепления при скорости 60 км/ч	Средняя глубина впадин шероховатости, мм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Лёгкие	0,28	0,30
Затруднённые	0,30	0,40
Опасные	0,32	0,40

Примечание: Значения коэффициентов сцепления даны для мокрого покрытия и применении измерительных колёс с гладкими шинами.

Основным показателем сцепных качеств и шероховатости покрытий является коэффициент относительного сцепления колёс с покрытием – коэффициент скользкости

$$K_{\text{скольз.}} = \frac{\varphi_{\text{факт.}}}{\varphi_{\text{норм.}}}, \quad (18)$$

где $\varphi_{\text{факт.}}$ – фактическое значение коэффициента продольного сцепления;

$\varphi_{\text{норм.}}$ – допустимое значение коэффициента продольного сцепления.

Покрытие по сцеплению соответствует требованиям, если $K_{\text{скольз.}} \geq 1$.

Чтобы обеспечить безопасность встречных автомобилей на дорогах с двумя полосами и движущихся по смежным полосам дорог с более, чем две полосы, а также при съездах автомобилей на укрепленные полосы или прикромочные зоны обочин изменение коэффициента сцепления в поперечном профиле полотна дороги не должно превышать указанного в таблице 7.

Таблица 7 – Предельные нормы изменения коэффициента сцепления

Категория дороги	В пределах проезжей части	На краевых укрепленных полосах и прикромочных зонах обочин по сравнению с проезжей частью
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
I	0,04	0,08
II	0,08	0,10
III	0,08	0,15
IV	0,10	0,20

Примечание: Значения коэффициента сцепления приведены для гладких шин.

Состояние земляного полотна и водоотвода. Состояние земляного полотна и водоотвода оценивают по сохранности геометрической формы земляного полотна в плане, продольном и поперечном профилях, по устойчивости откосов, прочности грунтов под дорожной одеждой и обочинами, надёжности работы дренажных, водоотводных и водосборных систем.

Системы дренирования, сбора и отвода поверхностных и грунтовых вод должны обладать работоспособностью, которая соответствует местным условиям увлажнения, исключать застой воды на обочинах, откосах, в резервах и обеспечивать осушение грунта.

Обочины должны быть укреплены с учётом грунтовых, гидрологических и климатических условий, режима движения транспортных средств по дороге, иметь соответствующие уклоны для отвода поверхностных вод. Ровность и сцепные качества покрытия обочин должны обеспечивать безопасный наезд транспортных средств на обочины без существенного изменения скорости.

Сужение земляного полотна между осью и бровкой не должно составлять более 10 см по сравнению с проектной или нормативной шириной.

Крутизна откосов насыпей и выемок не должна отличаться от проектной более чем на 10 %, также должна обладать необходимой устойчивостью, не иметь деформаций и разрушений поверхности. Укрепления на откосах должны соответствовать местным грунтовым и климатическим условиям, обеспечивать сток поверхностных или дренирование грунтовых вод, не допуская избыточного увлажнения грунтов.

Резервы около трасс должны иметь профиль, уклоны и чистые поверхности для исключения застоя в них воды.

1.4 Роль дорожных условий в обеспечении безопасности движения и надёжности работы водителя

1. Проблема обеспечения безопасности движения стала особенно острой из-за роста интенсивности движения на дорогах и увеличения в транспортном потоке доли легковых автомобилей, значительно усложняющих процесс движения смешанного транспортного потока на дорогах.

Для решения проблемы повышения безопасности движения уже недостаточно сведений, что может служить причиной ошибочных выводов. Изменение скорости и траектории движения – последняя фаза в сложном процессе воспри-

ятия водителем окружающей обстановки. Нередко реакция водителя на какой-либо элемент дорожной обстановки направлена не на снижение скорости движения, а на усиление эмоциональной напряженности, влияние которой сказывается не в момент появления её первых признаков, а по мере распространения возбуждения в коре головного мозга. Поэтому водители часто допускают ошибки не в момент возникновения аварийной ситуации, а через некоторое время, после, казалось бы, благополучного выхода из нее. Этим, в частности, объясняется концентрация дорожно-транспортных происшествий не на самом опасном участке дороги, а на некотором удалении от него.

Недостаток сведений о психологических возможностях водителя уже длительное время испытывается при нормировании параметров элементов и проектировании автомобильных дорог. По мере развития технических возможностей дорожных исследований эти сведения пополнялись, но постоянно повышающийся уровень автомобилизации во всем мире ставит новые задачи в части организации и повышения безопасности движения.

На всех этапах развития дорожного строительства потребность изучения роли психофизиологических возможностей водителя в обеспечении безопасности движения определялась общим уровнем развития дорожной науки, а также её неотложными задачами, которые ей приходилось решать.

Изучение человеческого фактора в дорожном движении и выявление его роли в обеспечении безопасности движения состоит из трех крупных этапов.

Первый этап связан с началом развития автомобилизации и переходом от гужевого транспорта к автомобилю, характеризуется постоянным отказом от заимствованных у гужевых дорог чисто геометрических концепций проектирования трассы дороги и использованием при расчете параметров элементов дорог. В связи с постоянно увеличивающейся скоростью и интенсивностью движения в проектировании дорог возникла необходимость учета возможностей человека в обнаружении опасности и принятии ответных мер. В связи с этим появилось понятие "необходимое расстояние видимости", включающий в себя не только тормозной путь автомобиля, но и путь, проходимый автомобилем за

время реакции водителя.

Возможность выбора параметров расчетных формул с позиций удобства движения появилась после введения коэффициента поперечной силы, позволяющего количественно выразить ощущение человеком нагрузок при движении автомобиля по закруглению.

Расчётная формула для определения минимального радиуса кривой в плане с учетом заданной степени комфортабельности движения, предложенная А.В. Макаровым в 1939 году, используется и в настоящее время.

Для второго этапа, начавшегося в послевоенные годы, характерно более глубокое изучение степени воздействия дорожных условий на аварийность и удобство движения. Это было вызвано тем, что, не смотря на соблюдение при проектировании дорог требований технических условий в части назначения минимальных параметров трассы и поперечного профиля, на вновь построенных дорогах в процессе эксплуатации выявилось много участков с повышенной аварийностью и неравномерной скоростью движения. Это свидетельствовало о недостаточном отражении в принятых нормах и методах проектирования дорог особенностей восприятия водителем дорожной обстановки.

К работам этого периода относятся исследования характеристик комфортабельного движения, времени реакции водителя, ширины проезжей части, расстояний видимости, изучение статистики и причин дорожно-транспортных происшествий и разработка методов проектирования дорог, позволяющих получать оптимальную пространственную плавность дорог. По мере выполнения этих работ совершенствовались отечественные нормы на проектирование дорог. И, в настоящее время, СП по основным своим положениям соответствует нормам, принятым в странах, наиболее развитых в дорожном отношении.

Принцип подхода к обоснованию элементов трассы и их взаимному сочетанию на основании анализа работ по изучению психофизиологии водителя и причин дорожно-транспортных происшествий сформулирован В.Ф. Бабковым и заключается в требовании сохранения в процессе проезда по дороге оптимальной психической напряженности водителей путем устранения мест, вызываю-

щих резкое её повышение, и искусственной активизации внимания водителей на участках, где возможны её спады. В выполнении этих требований имеются трудности, вызванные главным образом отсутствием строгих математических обоснований целого ряда положений ландшафтного проектирования и количественных показателей, позволяющих объективно оценивать трассу дороги в процессе её проектирования.

Третий период характеризуется непосредственным изучением восприятия водителем дорожной обстановки. Необходимость в работах такого рода существует практически с момента появления массового автомобиля. Контроль за движением, оценка дорожно-транспортной ситуации полностью лежат на человеке. Но вся сенсорная система, все психические функции формировались под воздействием скоростей поступления к нему информации и необходимой быстроты ответной реакции, которые характерны для естественного перемещения с помощью собственных конечностей. Сенсорные и моторные возможности человека превышают практически необходимые, создавая определенный запас в скорости приема информации и быстроте реагирования, позволяющий ему сопротивляться среде в экстремальных условиях. Однако эти возможности не безграничны и исчерпываются, как правило, уже при средних скоростях движения 60-70 км/час.

В настоящее время проблема изучения процесса восприятия водителем дорожной обстановки стала интернациональной. Проблема человеческого фактора в обеспечении безопасности движения заключается в необходимости выяснения механизмов и количественных характеристик восприятия и переработки водителем информации о дорожной обстановке, установлении влияния на продуктивность и надёжность деятельности водителя дорожных условий и разработке показателей и методов, позволяющих учитывать психофизиологические возможности водителя при проектировании дорог и организации движения.

2. Проблема надёжности водителя сложна своей многоплановостью. Применительно к дорожному движению проблема надёжности для своего ре-

шения требует знаний связи между психофизиологическими показателями работы водителя и дорожными условиями, поскольку такие сведения могут быть добыты только эмпирически, от исследователей, занимающихся вопросами надежности в плане повышения безопасности движения, требуется проведение широких экспериментальных работ, которые охватывают почти все аспекты деятельности водителя. Более того, ввиду еще не достаточной изученности психофизиологических показателей человека только эмпирическим путем можно определить большинство характеристик надежности работы водителя.

Официальная статистика считает причинами большинства дорожно-транспортных происшествий ошибки водителей или несоблюдение ими правил движения. Несмотря на меры, принимаемые по организации движения, аварийность на дорогах, как двух полосных, так и многополосных остается высокой. Официальной статистикой считается, что чаще всего виновен водитель. Но водитель— это тот же самый человек, что и оператор высоконадёжных комплексов, таких, как авиация, космонавтика, морское дело. Почему же тогда один и тот же человек, как оператор космического корабля показывает очень высокую надежность непрерывной работы в течение многих суток, а став водителем, начинает совершать дорожно-транспортные происшествия. Видимо, главная причина этого кроется в условиях работы. Биологи и психологи считают, что человек как биологическая система совершенен и обладает высокой надежностью при выполнении любых операций. При детальном анализе причин было установлено, что около 46% всех дорожно-транспортных происшествий связано с геометрическими характеристиками дорог, а остальные 54 % приходятся на долю водителя, автомобиля, погодных условий и прочих факторов. Инженерный анализ причин аварийности на дорогах показывает решающую роль дорожных условий в обеспечении безопасности движения, и чем выше интенсивность и скорость движения, тем эта роль значительнее. Если предположить, что уровень местных ограничений скорости соответствует дорожным условиям, то отношение его к величине скорости на подходах, названное В.Ф. Бабковым коэффициентом безопасности, характеризует степень обеспеченности безопасно-

сти движения самой дороги. Чем ниже ограничение скорости и меньше величина коэффициента безопасности, тем большая доля вины в дорожно-транспортных происшествиях приходится на дорожные условия. Что же касается причины несоблюдения ограничений, то ею не всегда бывает недисциплинированность водителя. Анализ показывает, что до 27 % случаев нарушения вызваны объективными причинами - плохой видимостью дорожных знаков, ошибками в определении скорости движения. Детальный анализ причин дорожно-транспортных происшествий показывает, что за исключением случаев управления автомобилем в нетрезвом состоянии, значительная доля происшествий приходится на дорожные условия.

3. Количество происшествий, в которых ошибки водителя являются основной или сопутствующей причиной, остается все же довольно высоким. Эти причины можно разделить на две группы, связанные с дисциплинированностью водителя и особенностями работы сенсорной системы.

Первая причина субъективная и является задачей, решаемой при профотборе водителей, а также в процессе надзора и управление движением органами ГИБДД. Вторая причина – объективная, не зависящая от воли и желания водителя, и происшествия, вызываемые ее, могут быть исключены, если устранить условия, при которых психофизические особенности водителя будут причиной несвоевременного обнаружения и расшифровки сигнала или могут вызвать ошибку в восприятии дорожных условий.

Безопасность движения определяют надёжностью работы всех элементов комплекса "автомобиль-водитель-дорога". Как качественная характеристика надёжность – это способность системы выполнять требуемые функции в заданные интервалы времени. В количественном определении надёжность – это вероятность того, что система или её элемент будут выполнять требуемые функции в течение заданного времени и в заданных условиях.

Под надёжностью автомобильной дороги понимают её способность обеспечивать безопасное расчётное движение со скоростью, близкой к оптимальной, в течение заданного срока службы, а под количественной оценкой надёж-

ности дороги – вероятность безопасного движения при определенных скоростях в течение заданного времени.

Применительно к водителю понятия надёжности и отказа имеют более широкое значение, чем для механических систем. Они охватывают не только отказ из-за перегрузки, но и изменение состояния организма водителя и его психофизиологических показателей под влиянием дорожных условий.

Основные психофизиологические функции человека, которые обеспечивают надёжность его работы объединены в группы:

– факторы, определяющие инженерно-психологическое соответствие средств информации производственным задачам и индивидуальным особенностям водителя:

- условия работы,
- качества средств информации,
- квалификация водителя,
- индивидуальные качества водителя,
- работоспособность,
- дисциплинированность,
- устойчивость внимания,
- переключаемость внимания,
- долговременная выносливость,
- помехоустойчивость
- выносливость к напряжению.

Сегодняшний уровень познания психики человека, механизмов восприятия и переработки информации еще не позволяет дать количественную однозначную оценку надёжности работы водителя. Поэтому при решении данной проблемы приходится прибегать к косвенным показателям, таким, как скорость переработки информации и время простой и сложной реакций. Большинство исследований в организации движения направленно именно на изучение этих показателей. Результаты исследований, совместно проводимых инженерами и психологами, представляют значительный интерес для дорожников, тем более,

что, зная закономерности изменения отдельных показателей надёжности работы водителя, можно уже на стадии проектирования дороги устранять опасные места и исключать ситуации, которые снижают показатели работы водителя.

4. Надёжность работы водителя и безопасность движения зависят от того, насколько своевременно и точно водитель может определить появление какого-либо объекта, оценить его скорость и направление движения, а также расстояние до него. Поскольку успешность этих действий связана с продуктивностью зрительного процесса при восприятии дорожной обстановки, пути повышения безопасности движения следует искать, прежде всего, в создании инженерными методами оптимальных условий восприятия. В связи с этим особое значение для совершенствования норм и методов проектирования дорог и организации движения приобретает решение пороговой проблемы зрительного восприятия водителем элементов дорожной обстановки.

Техническим критерием достаточности совершенствования норм на проектирование дорог в отношении элементов, имеющих непосредственное отражение в реакции водителя, в надёжности и удобстве его работы, является порог восприятия изменений дорожных условий или ощущений дискомфорта. По этой схеме изучались и нумеровались кривые в плане, ширина проезжей части, время реакции водителя, а также скорости движения и обгоны.

Поиск оптимальных с позиций удобства и безопасности движения параметров и сочетаний элементов автомобильных дорог практически постоянно связан с изучением реакции водителя на изменение дорожной обстановки, и надёжность получаемых результатов определяется, прежде всего, тем, насколько полно и глубоко можно проанализировать сам процесс восприятия водителем дорожных условий. Относительно решения подобных проблем, которые связаны с сенсорным процессом, Б.Ф. Ломов считает, что вычленив из этого процесса компоненты, позволяющие однозначно судить о характеристиках сенсорной функции – это дело трудное. Во всяком случае, для этого требуется иметь в распоряжении более или менее адекватную модель всего процесса. Поиск такой модели для описания процесса восприятия водителем дорожных

условий – это основной путь решения проблемы учёта человеческого фактора в проектировании дорог и организации движения.

Анализ результатов и методик проведенных ранее исследований показывает, что одной из основ теории восприятия водителем дорожных условий является существование связи между появлением нового ощущения и величиной приращения стимула, получившей в современной психофизике название пороговой проблемы.

В настоящее время под порогом понимается минимальная величина раздражителя, вызывающая едва заметное ощущение. Таких порогов различают несколько: абсолютный (ниже которого восприятие невозможно), дифференциальный (позволяющий оценивать приращение раздражителя), порог оптимального различия, при котором точность работы человека наибольшая.

Понятие порога впервые было определено И. Гербертом в 1824 году как граница между сферами сознания и бессознательного. Он отметил два важных момента, составивших впоследствии основу пороговой концепции. Во-первых, это представление о пороге как о рубеже, разделяющим весь круг рассматриваемых явлений на два взаимоисключающих подкласса. Во-вторых, это представление о принципиальной преодолемости порога, в результате чего содействие одних и тех же причин может давать то ниже пороговый, то выше пороговый эффект.

Считается, что современное понятие порога, используемое в психофизике и инженерной психологии, было создано еще Г. Фехнером. В книге К.В. Бардина порогу дано следующее определение: начиная с Г. Фехнера, понятие порога используется в науке для обозначения критической величины раздражителя, выше которого его действие вызывает у человека ощущение, а ниже которой этого ощущения не возникает. Применительно к разностному порогу это та минимальная разница между двумя различными раздражителями, выше которой человек замечает различие между ними и ниже которой эти раздражители кажутся ему одинаковыми.

Согласно Г. Фехнеру зависимость ощущений от силы раздражителя вы-

ражается следующей формулой

$$Y = k \cdot (\lg G - \lg B), \quad (19)$$

где Y – величина ощущения;

G – величина действующего раздражителя;

B – абсолютный порог;

k – константа.

Формула (19) отражает смысл определения порога, данного Г. Фехнером: при величине раздражителя, равной абсолютному порогу, ощущение равно нулю. Однако по мере накопления психометрических данных и развития психофизики как науки точка зрения на природу порога и на его существование вообще постепенно менялась. В настоящее время имеется несколько теорий, объясняющих существование порога восприятия.

Согласно утверждению Стивенса связь между порогом и ощущением более верно описывается не логарифмической зависимостью, а произведением

$$Y = k \cdot (G - B) \cdot n, \quad (20)$$

где n – экспериментально определяемый показатель, принимающий значение от 0,33 до 3,5.

Это не главное возражение, так как формула (20) не противоречит закону Г. Фехнера в основных его позициях: отсутствие ощущений в случае равенства силы стимула и порога и "сжатие" физических величин, трансформации при их отражении. Более серьезным является возражение относительно константности порога. Это возражение основано на том, что в одном и том же опыте разные временные выборки дают разные значения порога.

Наиболее существенны разногласия относительно дискретности ощущения как функции силы раздражителя. В психофизике имеется целое направление, придерживающееся мнения о непрерывности ощущения, зависящего от

двух переменных – силы раздражителя и степени готовности сенсорной системы к его восприятию в данный момент. Готовность сенсорной системы к восприятию, ее предрасположенность к данному раздражителю зависят от сочетания целого ряда случайных факторов. Общее их количество, названное в работах разных авторов, превышает 20 и это, по словам К.В. Бардина, ещё не предел. Факторы делятся на четыре группы: физические, физиологические, психологические и методические.

Физические факторы в процессе опыта в лаборатории могут быть нейтрализованы практически полностью, поэтому они могут иметь значение лишь при оценке восприятия в реальных условиях. Следует отметить, что в исследованиях работы водителя выявлению и учету этих факторов уделялось большое внимание, а в некоторых случаях – решающее (например, при исследовании условий движения в тёмное время суток).

Физиологические факторы вызывают некоторый сдвиг порога, например, ухудшение характеристик анализатора с возрастом, и, если речь идёт о выявлении влияния возраста и пола испытуемых на процесс восприятия, то классифицируют данные по группам испытуемых с одинаковыми физиологическими показателями.

Значима группа психологических факторов. К их числу относят тренированность испытуемых (применительно к водителю – классификация), фактор мотивации, бдительность, утомление.

Почти все исследователи отмечают решающее значение методических факторов и способа мотивации на чувствительность, как всей сенсорной системы, так и отдельных анализаторов. Так, было установлено, что произвольным образом при необходимости активной зрительной работы возможно снижение двигательного шума и подавление скачков глаз человеком, а также повышение чувствительности зрительного анализатора под действием второго сигнальной системы.

Долгое время необъяснимым оставался факт появления положительных ответов испытуемых на нижепороговые изменения сигналов, так называемые

ложные тревоги. Теория, предложенная Таннером и Светсом, которая основана на предложении, что вероятность правильного ответа зависит от двух факторов – уровня собственных шумов и приятного критерия отнесения неуверенного ощущения к достоверному. Модель, которая заимствована ими из статистической теории обнаружения сигналов, объясняет появление ложных тревог как следствие бдительности водителя и уровня фонового возбуждения.

Использование в дорожных исследованиях достижений в части решения пороговой проблемы необходимо потому, что порог восприятия является фундаментом шкалирования и в зависимости от трактовки механизма формирования порога меняются и взгляды на механизм, и точность оценки водителем дорожных условий. Кроме этого, порог интересен и как самостоятельная характеристика сенсорной системы при решении таких вопросов, как оценка расстояний видимости поверхности дороги, дорожных знаков, автомобилей, других объектов и элементов дорожной обстановки.

Анализ основных положений психофизических теорий порога ощущений показывает, что в собранном массиве данных эти теории находят подтверждение основным положениям. В этом отношении внимание заслуживает модель, которая предложена М.Б. Михайлевской. Она предложила считать, что в канале прохождения сенсорной информации имеется два фактора или два последовательных порога. Роль первого – это вызов произвольной ориентировочной реакции. Второй порог выступает в роли критерия, используемого наблюдателем при оценке сигнала.

Принимая эту модель, можно объяснить, почему сенсорная система в разные периоды работает то по дискретному, то по непрерывному принципу. Основную роль в этом случае играют шумы, причем большое значение имеет собственный шум сенсорной системы.

Ориентировочная реакция может быть вызвана лишь в том случае, если будет преодолен порог. Требуемая интенсивность сигнала для этого будет большая, чем выше уровень собственного шума сенсорной системы. Величина второго порога определяется другими факторами. Таким образом, первая часть

процесса восприятия сигнала происходит по дискретному принципу, а вторая - по непрерывному. Общее впечатление от всего сенсорного процесса будет складываться в зависимости от соотношения первого и второго порогов: при низком уровне шумов первый порог очень мал и система работает практически непрерывно, при высоком уровне шумов роль первого порога становится заметной и тем больше уровень шума, и тогда работу сенсорной системы воспринимаем как дискретную. Однако, поскольку оба порога не могут быть равны нулю, нельзя наблюдать в чистом виде ни дискретный, ни непрерывный принцип работы сенсорной системы.

Модель двух последовательных порогов лучше других согласуется с теми данными, которые были получены в процессе исследований восприятия водителем дорожной обстановки.

При восприятии закруглений в плане крутизна их оценивалась водителями не по непрерывному принципу, а дискретно, причем степень дискретности менялась в зависимости от дорожных условий и состояния водителя, т. е. под действием, так называемых внешних и внутренних шумов. Такую же картину можно наблюдать при восприятии водителем пороговых размеров дорожных знаков, разметки ширины проезжей части, объектов дорожной обстановки. Это дает основание использовать модель двух последовательных порогов в качестве базовой при анализе процесса восприятия водителем дорожных условий.

С учётом современных позиций в вопросе природы порога сенсорной системы может быть сформулирована следующая модель формирования порога при восприятии водителем дорожной обстановки:

1. Сенсорная система имеет собственный шум, амплитуда которого меняется под действием среды и состояния водителя.
2. Восприятие в первой своей стадии и включение ориентировочной реакции дискретно, поскольку для этого должен быть преодолен первый порог сенсорной системы, определяемый уровнем шумов.

Вторая стадия восприятия непрерывна и проходит при использовании оценочного критерия, характер которого меняется под действием внесенсорных

факторов. Основными, определяющими предрасположенность водителя к восприятию определенных сигналов, являются факторы, вызываемые необходимостью обеспечения безопасности движения. К их числу относятся субъективная ценность информации сигнала, значимость пропуска сигнала, бдительность, квалификация водителя и степень его утомления. Кроме этих факторов, большое значение имеет настройка водителя на приём определённых сигналов благодаря воздействию на него через вторую сигнальную систему инструкций и указаний, получаемых им от дорожных знаков.

3. Для каждого конкретного случая восприятия сигнала количество влияющих факторов и значимость их определены дорожными условиями и психофизическим состоянием водителя, но в общем виде баланс положительно и отрицательно влияющих на чувствительность восприятия факторов – это случайная величина и поэтому распределение ответов сенсорной системы при восприятии пороговых сигналов должно иметь вид сигмообразной кривой. При этом распределение ответов не обязательно должно быть нормальным ввиду того, что водитель больше расположен к ложным тревогам, чем к пропуску сигналов, и осторожен в восприятии положительных безаварийных решений.

4. Чувствительность сенсорной системы определяется двумя механизмами: изменением чувствительности рецепторов за счёт произвольного подавления собственного шума и изменением способа оценки ощущений под действием дорожно-транспортной обстановки.

5. В качестве операционного показателя сенсорной системы принимают понятие "порог", а обеспеченность его выбирают в зависимости от важности решаемого вопроса.

Модель формирования порогов восприятия водителем дорожных условий состоит из пяти пунктов. Каждый из них учитывает конкретное воздействие дорожной обстановки на величину порога восприятия её элементов. Характеристики работы водителя меняются в зависимости от его состояния. Наибольшее влияние оказывают утомление и активность психических процессов. Эти фак-

торы определяют уровень собственного шума сенсорной системы. Поэтому повышение порогов восприятия и снижение точности работы сенсорной, в частности зрительной системы водителя в течение рабочего дня является закономерным явлением. Задача дорожных исследований – выявить степень воздействия дорожных условий на чувствительность рецепторов водителя и на основании этого разработать мероприятия по снижению такого влияния. Несенсорные факторы, определяющие критерий и способ оценки сигналов при их восприятии применительно к водителю, есть ничто иное, как рабочие характеристики водителя, изменяющиеся под действием дорожных условий. В исследованиях автора порог часто пользовался как критерий оценки значимости отдельных факторов для обеспечения надёжности работы водителя.

К модели формирования порога восприятия при изучении проблемы повышения безопасности движения приходится обращаться довольно часто. На её основе решаются вопросы о расстоянии видимости дорожных знаков, восприятие водителем радиального движения, движение на прямом участке встречных и попутных автомобилей, о точности оценки скорости и расстояний между автомобилями.

Таким образом, процесс восприятия водителем дорожных условий имеет одну важную особенность – непрерывный по своей сути, он внешне проявляется как квантовый. Приращение ощущения, соответствующее одному условному кванту, непостоянно: величина его определяется согласно модели формирования порога и шкалы восприятия большой группой факторов, основные из которых – это дорожные условия и состояние водителя. Эта закономерность проявляется при восприятии и оценке водителем элементов плана, продольного и поперечных профилей дороги, скорости движения автомобилей, расстояний, а также элементов инженерного оборудования и средств организации движения. Модель восприятия, связывающая точность работы сенсорной системы и сложность дорожной обстановки, позволяет подойти к нормированию геометрических элементов дороги, выбору их параметров при проектировании и реконструкции дорог с позиции более широкого представления в технических реше-

ниях. Это путь, позволяющий повысить уровень проектирования дорог и организации движения.

1.5 Основные задачи и функции дорожной эксплуатационной службы

Для обеспечения необходимого уровня транспортного эксплуатационного состояния дороги и её сооружений организуют дорожную службу. Функции дорожной службы по техническим правилам ремонта и содержания [1, с. 16]:

- организация своевременного и качественного содержания, текущего ремонта автомобильных дорог в соответствии с номенклатурой, которая предусмотрена классификацией работ и сроками службы между ремонтами;

- постоянный надзор за техническим состоянием дорог и их сооружений, систематические наблюдения и оценка этого состояния, разработка и осуществление перспективных и годовых планов по повышению технического уровня и эксплуатационного состояния дорог и сооружений, безопасности движения пешеходов и транспортных средств;

- учёт и выявление опасных для движения участков мостов и дорог в различные периоды года, осуществление и разработка мероприятий по повышению безопасности движения и улучшению организации движения, анализ и учёт дорожно-транспортных происшествий;

- принятие мер по предотвращению ограничений и перерывов движения, аварий, сезонных деформаций и устранению последствий стихийных бедствий, своевременное информирование заинтересованных организаций и участников движения об условиях проезда по дорогам;

- паспортизация и технический учёт сооружений и дорог, создание и развитие автоматизированного банка данных о состоянии мостов и дорог, информационно-поисковых и других автоматизированных систем;

- содержание в исправности средств оперативной связи, вычислительной техники, телемеханики и автоматики в дорожных организациях и на автомобильных дорогах, расширение их применения для управления движением,

включая средства автоматизированного управления движением и функционированием дорог, расширение их применения для управления движением;

- подготовка заданий на проектирование архитектурно-художественного и инженерного обустройства дорог, проведение работ по архитектурно-художественному оформлению, благоустройству, снегозащитному и декоративному оформлению;

- обеспечение эффективного использования транспортных средств, машин, оборудования, сооружений, зданий и других основных фондов, предназначенных для эксплуатации автомобильных дорог, своевременного ремонта и организации их содержания;

- разработка и осуществление мер по повышению качества содержания и ремонта, снижению стоимости дорог путём внедрения новых достижений науки, техники и передового опыта, прогрессивной технологии местных дорожно-строительных материалов, автоматизации и механизации производственных процессов, осуществления мероприятий по максимальному сокращению ручного труда, развитие изобретательства и рационализации;

- обеспечение охраны дорожных сооружений и дорог, контроль за соблюдением Правил использования и охраны автомобильных дорог и дорожных сооружений, разработка и осуществление мер по охране и рациональному использованию природных ресурсов при содержании и ремонте дорог.

Работникам дорожной службы необходимо знать транспортно-эксплуатационные показатели (ТЭП) дорог, характеристики их эксплуатационного состояния и технического уровня в различные периоды года. Эти сведения собирают и накапливают в следующих линейных документах:

- паспорт дороги с линейным графиком и сводными таблицами размеров и характеристик конструктивных элементов, экономических и технических показателей;

- сезонные линейные графики пропускной способности и коэффициентов аварийности, линейные графики комплексного показателя ТЭП автомобильных дорог (АД);

– график зимнего содержания дорог с указанием сведений о снегозаносимых участках, данных об отложениях снега на контрольных снегомерных пунктах;

– карточки труб и мостов, мостовую книгу малых и средних мостов и мостовые книги больших мостов;

– карточки линейных зданий;

– журналы измерений прочности и промеров толщины дорожной одежды;

– графики и журналы учёта движения;

– акты периодического сезонного осмотра дороги;

– проектно-сметные документы на работы по ремонту дороги, акты приёмки этих работ;

– формы статистической и бухгалтерской отчётности, ведущиеся в установленном порядке.

Сбор, обработка и хранение информации о дороге, её содержании упрощаются при создании и применении автоматизированного банка данных, информационно-поисковых и других автоматизированных систем с применением электронно-вычислительной техники.

Наличие автоматизированных систем и документов не исключает и не заменяет наблюдения и визуального осмотра работниками дорожной службы состояния сооружений и дорог. Дорожная служба должна периодически проводить инструментальную проверку состояния сооружений и дорог, определение коэффициента прочности и оценку прочности дорожной одежды, проверку общего технического состояния мостов и их грузоподъёмности, выполняемую мостоиспытательными станциями.

Работники дорожной службы должны обеспечивать меры по рациональному использованию природных ресурсов и охране природы при содержании и ремонте дорог.

Организациям дорожной службы необходимо взаимодействие со следующими смежными организациями и местными органами управления:

– организации, в ведении которых находятся земельные участки, прилегающие к дорожной полосе. С этими организациями согласовывают вопросы открытия карьеров местных дорожно-строительных материалов, помощи дорожным организациям при стихийных бедствиях, закрытие и открытие съездов, въездов и переездов через автомобильные дороги, ограничения движения в период пучинообразования;

– организации для контроля за движением, разработки и согласования дислокации дорожных знаков, схем инженерного оборудования и разметки дорог, учёта дорожно-транспортных происшествий, выявления их причин; привлечения к ответственности организаций и граждан, которые нарушили Правила пользования и охраны автомобильных дорог и дорожных сооружений и причинивших дорогам ущерб;

– местные метеорологические станции – для сообщения кратковременных и долгосрочных прогнозов погоды, прогнозов вскрытия рек, горизонтов и интенсивности ожидаемого ледохода и паводка, метелей, снегопадов и срочные метелевые оповещения;

– сельскохозяйственные и лесные организации – для снабжения лесопосадочными материалами для декоративного и снегозащитного озеленений;

– организации связи – для обеспечения телефонной и радиосвязью подразделений дорожной службы;

– автотранспортные организации – для сообщений об условиях движения по дорогам, обеспечение автотранспортом дорожных работ.

Приведённый перечень не является исчерпывающим. В практической деятельности дорожная организация должна иметь многосторонние связи и контакты, которые необходимы для выполнения возложенных на неё задач и функций.

1.6 Организация службы ремонта и содержания дорог, её производственные подразделения

Структура органов управления дорожным хозяйством и дорожных организаций различна, что объясняется местными традициями и условиями. Чем больше территория, тем сложнее административное деление. Одни из них обслуживают только общегосударственные дороги, другие – остальную сеть. В основном применяется территориальный принцип. Структура управления дорожной отраслью постоянно совершенствуется и изменяется.

Для дорожных ремонтно-строительных участков и управлений, ремонтно-строительных управлений, дорожно-эксплуатационных строительных участков, районных дорожных эксплуатационно-строительных участков основными видами производственной деятельности являются работы по строительству, реконструкции дорог, их ремонт и содержание.

Капитальный ремонт автомобильных дорог могут выполнять подрядные дорожно-строительные организации.

Протяжённость участков, которые обслуживают подразделения дорожной службы, устанавливаются исходя из категории дороги, типов покрытий, климатических особенностей. Число участков зависит от объёмов выполняемых работ и местных условий.

Здания и сооружения дорожной службы. Одним из условий успешного выполнения функций и задач дорожной службы является наличие комплекса социально-бытовых и производственных помещений и зданий: административные здания, производственные базы, жилые дома работников дорожных организаций и членов их семей, школы, магазины, столовые, места отдыха, бани, склады, погрузочно-разгрузочные площадки, гаражи, ремонтные мастерские, стоянки машин и механизмов.

Комплексы сооружений и зданий дорожной службы необходимо располагать у населённых пунктов, на площадках, которые примыкают к полосе отвода автомобильной дороги.

Здания службы содержания и ремонта необходимо размещать недалеко от дороги, но за пределами дорожной полосы, иметь удобные подъезды, которые не затрудняют проезд по основной дороге. Следует учитывать возможное расширение дороги или строительство дополнительных полос. Вся территория должна быть озеленена и благоустроена [1, с. 20].

2 Воздействие автомобилей и природных факторов на дорогу и условия движения

2.1 Взаимодействие автомобиля и дороги

При движении автомобиля по дороге возникают нормальные к поверхности проезжей части касательные продольные и поперечные силы взаимодействия между покрытием и колёсами. К этим силам относят (рисунок 1): сила, перпендикулярная покрытию и равная ей, но противоположная по знаку, нормальная реакция дорожной одежды на колесо R_I ; окружная сила P_k , приложенная к площади контакта ведущих колёс с покрытием, направленная в сторону, противоположную движению, - эта сила воздействия ведущих колёс на одежду в плоскости проезжей части [1, с. 21].

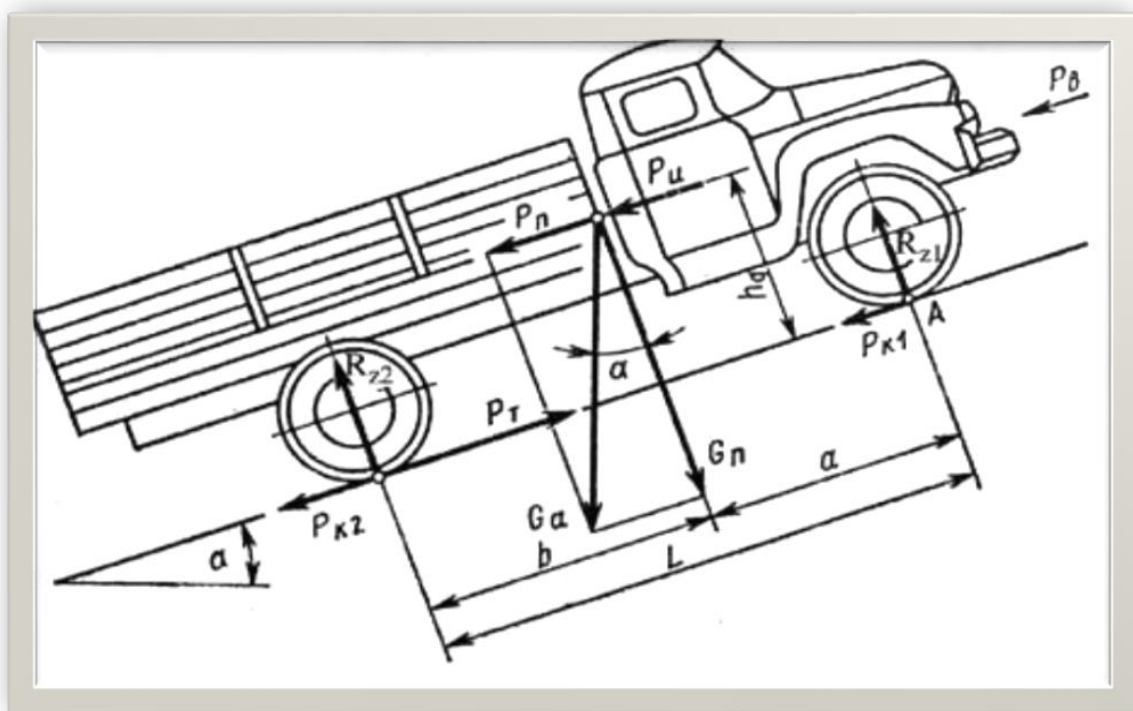


Рисунок 1 – Силы, действующие на дорогу и движущийся автомобиль

Тангенциальная касательная реакция T_k , равная окружной силе P_k и направленная в сторону движения, возникает из-за взаимодействия покрытия и ведущих колёс. Эта реактивная сила, которая вызывает поступательное перемещение автомобиля, называется тяговой [1, с. 21]

$$T_k = P_k = P_f \pm P_i + P_F \pm P_j \quad (21)$$

где $P_f = G \cdot f$ – сила сопротивления качению на относительно ровном участке;

$P_i = G \cdot i$ – сила сопротивления движению на подъёме или спуске;

$P_F = \frac{k \cdot F \cdot V^2}{13}$ – сила сопротивления воздуха движению;

$P_j = G \cdot j$ – сопротивление инерционных сил, даН (деканьютон);

G – вес автомобиля, даН;

f – коэффициент сопротивления качению, доли единицы;

i – продольный уклон дороги, доли единицы;

V – скорость автомобиля, км/ч;

k – коэффициент сопротивления воздуха или коэффициент обтекаемости, даН · с²/м⁴;

F – площадь лобовой проекции автомобиля, м²;

j – относительное ускорение.

Сила сопротивления качению зависит от характеристик шины: эластичности, внутреннего давления воздуха, внутреннего трения в шине, а также от скорости движения, состояния и вида покрытия [1, с. 21]. Значения коэффициента сопротивления качению приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Значения коэффициента сопротивления качению

Покры- тие	Состояние покрытия			На по- кры- тии ровный слой плот- ного снега	Рыхлый снег толщиной, мм				Голо- лёд
	сухое	влаж- ное чис- тое	мокрое за- грязнённое		до 10	10 - 20	20 - 40	40 - 60	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Цементобетонное и асфальтобетон- ное	0,02	0,03	0,035	0,1	0,04	0,09	0,12	0,15	0,03
Цементобетонное с поверхностной обработкой и ас- фальтобетонное с поверхностной обработкой	0,02	0,03	0,035	0,1	0,04	0,09	0,12	0,15	0,04
Холодный ас- фальтобетон, чёрное щебёноч- ное, гравийное	0,025	0,035	0,045	0,1	0,05	0,09	0,12	0,15	0,04
Гравийное и ще- бёночное	0,035	0,05	0,06	0,1	0,06	0,1	0,12	0,15	0,04
Грунтовая дорога	0,03	0,05	0,15	0,1	0,08	0,12	0,12	0,15	0,05

С увеличением скорости сопротивление качению повышается

$$f_v = f_{20} + K_f \cdot (v - 20), \quad (22)$$

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

K_f – коэффициент повышения сопротивления качению со скоростью:

– $K_f = 0,0003$ – для легковых автомобилей;

– $K_f = 0,0002$ – для грузовых автомобилей [2, с. 21].

Сопротивление качению колеса на грунтовой дороге зависит от глубины образующейся колеи, состояния и вида грунта, вертикальной нагрузки на колесо и его диаметра [2, с. 21].

Коэффициент обтекаемости, который применяют при определении силы сопротивления воздуха, зависит от качества отделки поверхности автомобиля и его формы (таблица 9).

Таблица 9 – Параметры аэродинамического сопротивления движению автомобиля [2, с. 22]

Типы автомобилей	$F, \text{ м}^2$	$k, \text{ даН} \cdot \text{ с}^2/\text{м}^4$
l	2	3
Легковые, грузовые малой грузоподъёмности на базе легкового	2,6	0,034
Автобусы	7	0,05
Грузовые с кузовом бортовая платформа:		
- одиночные автомобильные поезда	5,3	0,06
- двухзвенные	5,3	0,075
Грузовые с кузовом фургон:		
- одиночные автомобильные поезда	8	0,045
- двухзвенные междугородные	8	0,06

Лобовая площадь автомобиля

$$F = m \cdot B_{\text{габ.}} \cdot H_{\text{габ.}}, \quad (23)$$

где $m = 0,8$ – для автомобиля со стандартным кузовом;

$m = 0,9$ – для автобуса и грузового автомобиля с кузовом в виде фургона или с тентом;

$B_{\text{габ.}}$ – габаритная ширина автомобиля, м;

$H_{\text{габ.}}$ – габаритная высота автомобиля, м.

Тяговое усилие ограничивается силой сцепления покрытия с шиной. Наибольшее возможное значение тягового усилия, T_{max} , при котором автомобиль ещё способен двигаться без скольжения или буксования колёс

$$T_{\text{max}} \leq \varphi \cdot R, \quad (24)$$

где φ – коэффициент сцепления;

R – нормальная реакция дорожной одежды на ведущие колёса [1, с. 22].

Различают два вида коэффициента сцепления:

– коэффициент продольного сцепления, φ_1 . Коэффициент соответствует началу пробуксовывания или проскальзывания колеса при его качении в плоскости движения;

– коэффициент поперечного сцепления, φ_2 , при условии бокового заноса, когда колесо одновременно и вращается и скользит в бок – боковое скольжение [2, с. 22].

Коэффициент сцепления зависит от температуры, скорости движения, нагрузки на колесо, степени изношенности покрытия, рисунка протектора шин, состояния покрытия, его вида, конструкции и типа шин (таблица 10).

Таблица 10 – Влияние различных факторов на коэффициент сцепления

Факторы	Характер и причины изменения коэффициента сцепления
1	2
Продолжительность эксплуатации покрытия и его вид	С увеличением срока эксплуатации после строительства, капитального или среднего ремонта дорожной одежды коэффициент сцепления снижается из-за уменьшения шероховатости. Коэффициент сцепления наиболее устойчив у цементобетонных покрытий в сухом состоянии при продолжительности их службы до 12 лет, у асфальтобетонных – до 8 лет. При истирании, износе покрытия на 60 % коэффициент сцепления уменьшается на 40 %. Брусчатка и булыжная мостовая полируются шинами автомобилей, из-за чего коэффициент сцепления уменьшается.
Неровности на проезжей части дороги	Неровности на проезжей части увеличивают частоту приложения вертикальной нагрузки. Коэффициент сцепления снижается из-за изменяющихся условий в местах контактов шин с дорогой и из-за подпрыгивания колёс на неровностях.
Микрошероховатость каменного материала покрытия и шероховатость покрытия	Чем больше шероховатость, тем больше площадь контакта шин с покрытием, что способствует росту коэффициента сцепления. Высота выступов покрытия не должна превышать 5 мм. Большая шероховатость покрытия снижает коэффициент сцепления. При нормальной шероховатости покрытия шины сохраняют контакт с покрытием и при дожде не образуется сплошного слоя воды, который снижает сцепление. Влияние на коэффициент сцепления оказывает шероховатость каменного материала покрытия – микрошероховатость, которая предотвращает возникновение жидкостного трения на поверхности выступов микрошероховатости.

Продолжение таблицы 10

1	2
Влажность покрытия	При дожде коэффициент сцепления уменьшается, так как из капель нефтепродуктов, пыли, частиц резины, влаги образуется жидкая грязь, по которой, как по смазке, проскальзывают колёса. Коэффициент сцепления при этом почти в два раза меньше, чем при движении по сухому покрытию. На влажных, но чистых покрытиях коэффициент сцепления меньше, чем на сухих, но больше, чем на покрытых жидкой грязью. Коэффициент сцепления при высоте неровностей покрытия $R_{cp.} = 4$ мм при скорости движения 80 км/ч на сухом покрытии $\varphi = 0,45$. Коэффициент сцепления при высоте неровностей покрытия $R_{cp.} = 4$ мм при скорости движения 80 км/ч на мокром покрытии $\varphi = 0,37$.
Избыток органического вяжущего в покрытии	В жаркую погоду вяжущее выступает на поверхность и уменьшает коэффициент сцепления.
Замасливание проезжей части дороги	Замасливание нефтепродуктами снижает коэффициент сцепления на сухих и влажных покрытиях. В середине полосы движения коэффициент сцепления почти на 30 % меньше, чем у её краёв.
Обледенение проезжей части	Коэффициент сцепления мал. Он несколько повышается при понижении температуры воздуха до -15 °С. Скорость движения в этих случаях незначительно влияет на коэффициент сцепления.
Вид качения колеса	Наибольший коэффициент сцепления наблюдается при продольном качении без бокового скольжения. При заблокированном колесе, юзе коэффициент сцепления снижается.
Увеличение нагрузки на колесо	На капитальных, облегчённых и переходных типах дорожных одежд с увеличением нагрузки на колесо коэффициент сцепления снижается, особенно при больших нагрузках.
Скорость движения	С увеличением скорости коэффициент сцепления снижается. Коэффициент сцепления при скорости автомобиля $V = 130$ км/ч для песчаного асфальтобетона $\varphi = 0,01$. Коэффициент сцепления при скорости автомобиля $V = 142$ км/ч для многощербенистого асфальтобетона $\varphi = 0,32$. Коэффициент сцепления при скорости автомобиля $V = 142$ км/ч для покрытий с поверхностной обработкой $\varphi = 0,57$ (Приложение 1).
Материал шин	Шины из высокогистерезисных резин обеспечивают больший коэффициент сцепления.
Тип рисунка протектора шин	На влажном покрытии шины с рисунком протектора, который имеет большую расчленённость, обеспечивают более высокий коэффициент сцепления. Шины с рисунком протектора повышенной проходимости на мягком снеге, недостаточно уплотнённом грунте имеют больший коэффициент сцепления, чем шины с дорожным рисунком протектора.
Износ протектора шин	При полном истирании рисунка протектора коэффициент сцепления снижается на 45 %. Он уменьшается на влажных и грязных покрытиях ещё на 25 %.
Повышение температуры шины	С увеличением температуры шины коэффициент сцепления на цементобетонном покрытии уменьшается, на асфальтобетонном увеличивается из-за прилипания к покрытию элементов протектора. Если материал протектора имеет низкие антиизносные качества, то при интенсивном торможении между покрытием и шинами появляется резиновая пыль, которая снижает коэффициент сцепления.

Продолжение таблицы 10

1	2
Повышение давления воздуха в шинах	При увеличении давления воздуха в шинах коэффициент сцепления вначале повышается, затем начинает убывать.

Наибольшее влияние оказывают скорость движения, состояние и вид покрытия. Коэффициент сцепления

$$\varphi_V = \varphi_{20} - \beta_\varphi \cdot (V - 20), \quad (25)$$

где β_φ – коэффициент изменения сцепных качеств от скорости; принимают в зависимости от состояния и типа покрытия по Приложению А.

В расчётных формулах коэффициент сцепления необходимо принимать соответственно скорости движения, состоянию и виду покрытия. Максимально возможная скорость на горизонтальном участке, на подъёме по сцеплению дороги с колесом автомобиля с учётом сопротивления качению

$$V_{\text{факт.,max}} = \frac{m \cdot \varphi_{20} - f_{20} - i}{m \cdot \beta_\varphi + K_f} + 20 \quad (26)$$

где m – коэффициент сцепного веса:

- для легковых автомобилей $m = 0,55$;
- для грузовых автомобилей $m = 0,75$ [1, с. 22].

При боковых скольжениях колёс применяют коэффициент поперечного сцепления [2, стр. 22]

$$\varphi_2 = 0,85 \cdot \varphi_i. \quad (27)$$

Нормальные реакции дорожной одежды горизонтального участка на колёса неподвижного двухосного автомобиля

$$R_1 = \frac{G \cdot b}{L}; \quad (28)$$

$$R_2 = \frac{G \cdot a}{L}, \quad (29)$$

где a и b – отрезки, которые определяют положение центра тяжести автомобиля в продольной плоскости;

L – база автомобиля [2, с. 24] (рисунок 1).

При движении автомобиля возникают дополнительные моменты и силы, различные в разных условиях (торможение, разгон, подъём), которые меняют распределение реакций и нагрузок дорожной одежды [2, с. 24].

Предельные значения нормальных реакций для двухосного автомобиля при различном числе ведущих колёс и расположении, применяемые при определении предельной по условию буксования тяговой силы:

– ведущие задние колёса

$$R_2 = G \cdot \frac{a}{L - \varphi \cdot h_g} \cdot \cos\alpha; \quad (30)$$

– ведущие передние колёса

$$R_1 = \frac{b}{L + \varphi \cdot h_g} \cdot \cos\alpha; \quad (31)$$

– ведущие передние и задние колёса

$$R_1 = G \cdot \frac{b - \varphi \cdot h_g}{L} \cdot \cos\alpha; \quad (32)$$

$$R_2 = G \cdot \frac{a - \varphi \cdot h_g}{L} \cdot \cos\alpha; \quad (33)$$

где φ – коэффициент сцепления [2, с. 24].

Касательные и нормальные силы, которые передаются на покрытие, обычно имеют динамический характер. Объясняется это условиями прохождения колёс через неровности покрытия, влиянием перегрузки колёс от вращающего момента двигателя, переменных поперечных и продольных уклонов, действием центробежных сил на поворотах [2, с. 25].

Безопасность движения на дорогах связана с устойчивостью автомобиля. Под потерей устойчивости понимают скольжение, опрокидывание автомобиля. Различают поперечную и продольную устойчивость. Более вероятно нарушение поперечной устойчивости. Устойчивость автомобиля зависит от качества покрытия (ровности, шероховатости), поперечного и продольного профилей дороги, параметров автомобиля [2, с. 25].

Для современных автомобилей с довольно низко расположенным центром тяжести маловероятно опрокидывание в продольной плоскости. Возможно лишь буксование задних колёс, которое вызывает сползание автомобиля при преодолении крутого подъёма большой протяжённости. Подъём, который может преодолеть автомобиль по условиям сцепления без буксования:

– автомобиль с задними ведущими колёсами

$$\operatorname{tg}\alpha \leq \frac{a \cdot \varphi}{L - \varphi \cdot h_g}; \quad (34)$$

– при всех ведущих колёсах

$$\operatorname{tg}\alpha \leq \varphi; \quad (35)$$

– автомобиль-тягач с задними ведущими колёсами

$$\operatorname{tg}\alpha \leq \frac{a \cdot \varphi \cdot G}{G \cdot L - \varphi \cdot h_g + G_{\text{прицеп}} \cdot (L - \varphi \cdot h_c)}; \quad (36)$$

– при всех ведущих колёсах

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \frac{\varphi \cdot G}{G + G_{\text{прицеп}}}, \quad (37)$$

где $G_{\text{прицеп}}$ – полный вес прицепа с грузом, Н [2, с. 25].

Устойчивость автомобиля по условиям сцепления на дороге с поперечным уклоном проезжей части (угол β) (рисунок 2)

$$\operatorname{tg} \beta \leq \varphi. \quad (38)$$

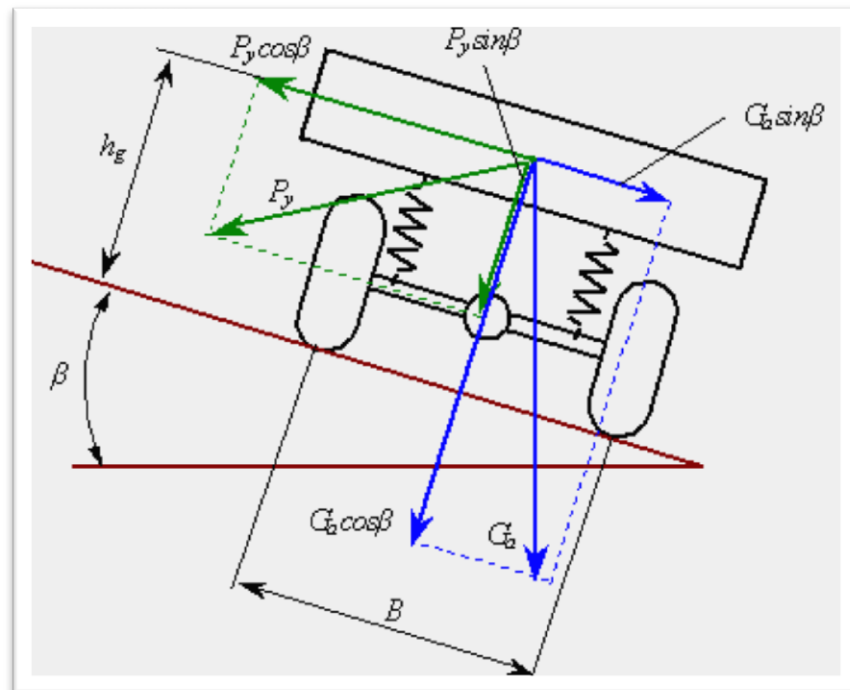


Рисунок 2 – Схема сил, соотношение между которыми определяет поперечную устойчивость движущего автомобиля

Возможность поперечного опрокидывания автомобиля ограничена появлением бокового скольжения колёс, если

$$\varphi \leq \frac{B}{2 h_q}. \quad (39)$$

Чтобы обеспечить эффективность и безопасность движения транспортного потока, в составе которого автомобильные поезда, состояние проезжей части должно удовлетворять более высоким требованиям, чем в случае движения только одиночных автомобилей.

При рассмотрении процесса взаимодействия дороги и автомобиля значение имеет анализ влияния деформаций одежды на условия движения. На деформированную неровную поверхность покрытия автомобиля оказывают дополнительное воздействие, которое вызвано ударами колёс при проходе через неровности и повышенным давлением из-за колебания колёс и кузова. Это приводит к дополнительным деформациям дорожной одежды в виде поперечных волн («гребёнки»), выбоин, колеи, просадок, трещин. При колебаниях кузова из-за переменного давления колёс покрытие истирается неравномерно. Неровности покрытия воздействуют на автомобиль, увеличивая колебания колёс и кузова.

Автомобиль рассматривают как колебательную систему, если рассматривать упрощённую схему, то она состоит из трёх частей: поддрессоренной и двух недрессоренных (рисунок 3).

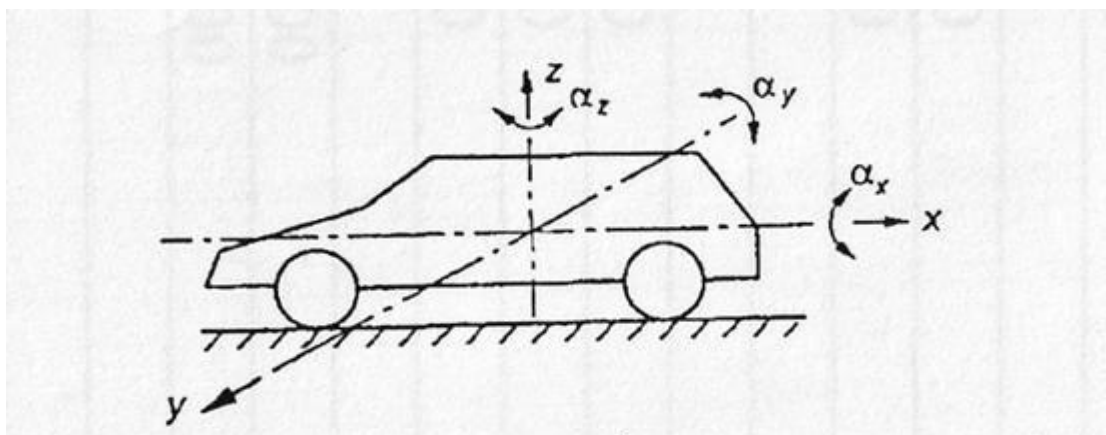


Рисунок 3 – Колебательная система автомобиля

Подрессоренная часть – это кузов с расположенной в ней нагрузкой и рама с установленными механизмами. Неподрессоренные части – это мосты с шинами, колёсами и тормозами.

Практическое значение имеют линейные колебание мостов автомобиля в вертикальной плоскости, пошатывание кузова – угловые колебания в поперечной плоскости, его угловые колебания в продольной плоскости автомобиля, покачивание кузова – линейные вертикальные колебания кузова.

Частота возмущающей силы при периодическом воздействии неровностей дороги на колёса автомобиля

$$n_{\text{возмущ.}} = \frac{2 \pi V}{3,6 S}, \quad (40)$$

где S – длина неровности, м.

Недопустимые колебания автомобиля, при которых нарушается удобство езды (комфортабельность и спокойствие) водителей и пассажиров вследствие интенсивной и быстрой утомляемости, не обеспечивается устойчивость грузов в кузове, наступает опасность для прочности рессор, шин и других частей автомобиля из-за возникновения в них повышенных напряжений.

Степень ощущения человеком колебаний определяют по формуле Целлера

$$\varepsilon = 10 \cdot \lg L, \quad (41)$$

где L – энергия колебаний автомобиля, отнесённая к единице массы и к периоду колебания, $\text{см}^2/\text{с}^3$.

Колебания и связанные с ними ощущения характеризуют числами ε (таблица 11).

Таблица 11 – Шкала степени ощущения человеком колебаний автомобиля

Характер воздействия колебаний автомобиля на человека	Число ε	Максимально допустимые ускорения, м/с ² , при обычных частотах колебания кузова	
		систематические	единичные
<i>1</i>	2	3	4
Беспокоящий, неприятный	35 - 40	2,5	4
Вредный при длительном воздействии	45 - 55	4	7
Вызывающий тошноту, головокружения	60 - 70	5	8

Неровности на покрытии вызывают дополнительные сопротивления движению, которые возникают из-за затрат энергии на возбуждение колебаний колёс и кузова. Эта энергия непрерывно рассеивается из-за трения между молекулами на поверхности контакта дороги с колёсами, в шинах, в деталях и узлах подвески, в рессорах. Дополнительное сопротивление также обусловлено рассеиванием энергии при ударах мостов об ограничители хода и колёс о неровности покрытия.

Сопротивление движению на покрытиях с разной степенью ровности определяют по формуле А.К. Бируля

$$P_f = 0,01 + 0,000001 \cdot \alpha \cdot S_{\text{толчкомер}} \cdot V^2, \quad (42)$$

где α – коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей ходовых частей автомобилей:

– для грузовых автомобилей $\alpha = 0,7$;

– для легковых автомобилей $\alpha = 0,5$.

V – скорость автомобиля, м/с;

$S_{\text{толчкомер}}$ – показатель толчкомера, см/км.

Степень ровности покрытия обеспечивает заданную расчётную скорость зависит от ускорения колебаний и допустимых амплитуд автомобиля.

В реальных условиях расположение и размеры неровностей носят случайный характер. Каждое колесо на неровном покрытии испытывает множество нерегулярных импульсов, общий эффект которых вызывает сложные колебательные процессы автомобиля. При изучении взаимодействия дороги и автомобиля Н.Я. Говорущенко применил теорию случайных функций. Эта теория в сочетании с измерением ровностей покрытий толчкометром позволило Н.Я. Говорущенко установить связь между суммой амплитуд, в сантиметрах на 1 км дороги, относительных перемещений колёс и кузова автомобиля (прогиб его рессор) $S_{\text{толчкометр}}$, средним квадратичным значением высот неровностей дороги σ_q , средней скоростью V и средней длиной неровности S

$$S_{\text{толчкометр}} = \frac{1000}{S} \cdot \delta \cdot a_1 \cdot \sigma_q \cdot V, \quad (43)$$

где δ – коэффициент, зависящий от нагрузки на автомобиль и параметров подвески автомобиля;

a_1 – коэффициент взаимной связи.

На основании условий измерения ровности и показателя толчкометра результаты формулы (41) позволят судить об обеспечиваемой скорости движения и характере микропрофиля покрытия.

2.2 Воздействие автомобильных нагрузок на дорожные одежды

При движении автомобилей по горизонтальному участку с относительно ровным покрытием колёса передают на дорожные одежды нормальные вертикальные и касательные горизонтальные усилия. При определении этих усилий при расчётах и испытаниях дорожных одежд на прочность применяют параметры автомобилей:

- общая нагрузка на колесо, Q ;
- давление, p , по площади контакта;

- площадь следа колеса, площадь контакта или диаметр круга, D ;
- расстояние, $B_{авт.}$, между задними осями автомобиля (таблицы 12 и 13).

Таблица 12 – Параметры нормированных нагрузок автомобилей и автобусов

сов

Транспортное средство	Q , кН	Нормированная нагрузка, которую передаёт дорожной одежде колесо автомобиля, кН		p , МПа	Расчётный диаметр следа колеса автомобиля, см	
		$Q_{неподв.}$	$Q_{движ.}$		$D_{неподв.}$	$D_{движ.}$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Автомобили	100	50	65	0,6	33	37
Автобусы	110	55	72	0,6	35	40

Примечание: Q – номинальная статическая нагрузка на ось; $Q_{неподв.}$ – неподвижный автомобиль; $Q_{движ.}$ – движущийся автомобиль; p – среднее расчётное удельное давление колеса на покрытие; $D_{неподв.}$ – след колеса неподвижного автомобиля; $D_{движ.}$ – след колеса движущегося автомобиля с учётом динамического коэффициента.

Таблица 13 – Расчётные параметры транспортных средств

Транспортное средство	Грузоподъёмность, т	Нагрузка на покрытие от переднего колеса, кН		Нагрузка на покрытие от заднего колеса, кН		$B_{авт.}$, м	p , МПа	Диаметр следа заднего колеса для расчёта одежды на действие автомобиля, см	
		$Q_{неподв.}$	$Q_{движ.}$	$Q_{неподв.}$	$Q_{движ.}$			$D_{неподв.}$	$D_{движ.}$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Грузовые автомобили	16,6	30	39	65	83	1,46	0,65	37	42
Тягачи	14,5	32,5	42,2	50	65	1,4	0,65	38	43
Автомобили-самосвалы	15	39	39	65	84,5	1,4	0,65	37	42
Внедорожные автомобили	80	238,4	309,9	503,2	654,2	–	0,56	107	122
Прицепы общего назначения	8	30	39	30	39	–	0,6	26	30

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полуприцепы общего назначения	14,2	–	–	50	65	1,37	0,48	36	42
Автобусы	8,05	28,7	37,3	46,5	62,3	–	0,775	32	36
Троллейбусы	–	31,4	40,6	54,4	67,4	–	0,8	32	37

Примечание: $B_{авт.}$ – расстояние между задними осями автомобилей; p – среднее давление от заднего колеса на покрытие.

Кроме этого, учитывают интенсивность воздействия нагрузки – это среднесуточное приведённое к расчётной нагрузке число проездов всех колёс, которые расположены по одному борту (ведомых и ведущих) автомобилей и других транспортных средств, проходящих через сечение дороги в пределах одной полосы проезжей части.

Расчётная нагрузка на колесо трёхосных автомобилей и многоосных транспортных средств

$$Q_{расч.} = Q \cdot (1 + K), \quad (44)$$

где Q – нагрузка на рассматриваемое колесо, кН;

K – коэффициент, который учитывает влияние других колёс на нагрузку от рассматриваемого колеса.

Коэффициент влияния смежных колёс определяют по формуле М.Б. Корсунского

$$K = \frac{1}{1 + \frac{2}{\pi} \cdot \left(\frac{2 B_{авт.}}{D} \arctg \frac{D}{h_{эквив.}} \right)^2}, \quad (45)$$

где $B_{авт.}$ – расстояние между центрами осей автомобиля, см;

D – диаметр круга, равновеликого площади контакта покрытия и колеса, см.

$$h_{\text{эквив.}} = 1,1 \cdot h \cdot \sqrt[3]{\frac{E_{\text{од.}}}{E_{\text{гр.}}}}, \quad (46)$$

где h – толщина дорожной одежды, см;

$E_{\text{од.}}$ – эквивалентный модуль упругости одежды, МПа;

$E_{\text{гр.}}$ – модуль упругости подстилающего грунта, МПа;

$h_{\text{эквив.}}$ – эквивалентная толщина дорожной одежды, см [1, с. 29].

Коэффициент влияния $K = 0,9$ при $B_{\text{авт.}} = 3,1$.

Так как на городских улицах и автомобильных дорогах одновременно происходит движение транспортных средств разных марок, то их воздействие на дорожную одежду приводит к эквивалентной интенсивности воздействия расчётной нагрузки на одну полосу проезжей части по формуле (17).

При движении транспортных средств по неровной поверхности давление колеса на покрытие то убывает по сравнению со статическим, то возрастает. Отношение напряжения или деформации, которое вызвано динамическим действием нагрузки, к напряжению или деформации, вызванному статическим действием той же нагрузки, называется динамическим коэффициентом или коэффициентом динамичности нагрузки [1, с. 30].

Эксперименты показали, что на относительно ровном покрытии, которое содержит органическое вяжущее, при повышении скорости автомобиля коэффициент динамичности по деформации убывает, а не возрастает, так как проявляются текучие свойства покрытия и подстилающего грунта, из-за чего деформации в них не успевают полностью произойти из-за кратковременного давления катящегося колеса при значительных скоростях. В этом случае фактор времени, т. е. скорости приложения нагрузки, эквивалентен влиянию уменьшения давления на грунтовое основание и одежду [1, с. 30].

Вместе с вертикальными нагрузками на покрытие воздействуют горизонтальные тангенциальные усилия. Их называют трением шины о покрытие при

торможении автомобиля и передаче тягового усилия, ударами колёс при наездах на неровности покрытия и трением о покрытие шины [1, с. 30].

Наибольшего значения горизонтальное усилие F_{max} достигает при резком торможении автомобиля и хорошем сцеплении шины с покрытием [1, с. 30]

$$F_{max} = p \cdot \varphi \cdot m, \quad (47)$$

где m – коэффициент, который учитывает режим движения автомобиля; $m = 1,4$.

Напряжения в дорожной конструкции из-за действий касательных усилий на покрытие относительно быстро затухают по мере удаления от поверхности в глубину и более опасны в верхних слоях. Поэтому касательные усилия учитывают при оценке сдвигоустойкости и прочности покрытия [1, с. 31].

2.3 Воздействие природных факторов на дорогу

Транспортные средства воздействуют на дорогу обычно одновременно с факторами, которые зависят от природных и климатических условий – солнечная радиация, ветер, температура, вода.

Закономерные изменения влажности и температуры в грунте земляного полотна, в слоях одежды и слое воздуха около дороги, которые свойственны гидрологическим условиям местности и дорожной климатической зоне, называются водно-тепловым режимом дорожной конструкции.

От характеристик водно-теплого режима дорожных одежд и земляного полотна зависят морозоустойчивость и прочность дорожной конструкции, обуславливающие ту или другую степень ровности проезжей части.

В цикле года изменения водно-теплого режима земляного полотна выделяют четыре периода:

- просыхание земляного полотна летом;
- накопление влаги осенью;

– промерзание, перераспределение и накопление влаги в земляном полотне зимой;

– оттаивание земляного полотна и переувлажнение грунта весной.

Летом в июне, июле и августе земляное полотно просыхает. Влажность грунта W уменьшается до $0,5 \cdot W_{тек.}$, где $W_{тек.}$ – влажность на пределе текучести грунта. Это значение лёгкого пылеватого суглинка близко к оптимальной влажности. Летом грунт находится в более прочном и уплотнённом состоянии.

Осенью в сентябре, октябре и ноябре под воздействием влаги от атмосферных осадков, которые проникают в дорожную конструкцию, и из-за подъёма уровня подземных вод грунт увлажняется и перед началом промерзания его осенняя влажность достигает $0,7 \cdot W_{тек.}$ Увеличение влажности сопровождается разуплотнением грунта.

Зимой в декабре, январе и феврале в процессе промерзания земляного полотна, который обуславливает приток влаги от уровня подземных вод к фронту промерзания, происходит дальнейшее увлажнение и разуплотнение грунта. Но из-за того, что слои дорожной одежды и грунт находятся в замёрзшем состоянии, характеристики прочности отдельных слоёв дорожной конструкции и всей конструкции в целом относительно велики.

Весной в марте в начале оттаивания земляного полотна грунт более разуплотнён и увлажнён, $W = 1$, $K_{плот.} = 0,85$. Увеличение инсоляции и нагрева поверхности дороги солнцем в апреле вызывают поток тепла в конструкцию, что приводит к уплотнению и просыханию верхних слоёв земляного полотна. Чем больше влажность талого грунта, тем меньше его плотность, а также прочностные (сцепление c и угол внутреннего трения φ) и деформационные (модуль упругости $E_{упр.}$) характеристики. Наименьшие значения c , φ и $E_{упр.}$ наблюдаются в мае. В это время дорожные конструкции обладают меньшей прочностью.

Представим общее описание годовичного состояния дорожной конструкции и цикла водно-теплового режима:

– наибольший уровень подземных вод наблюдается в апреле и ноябре;

– наибольшее промерзание – в феврале;

- полное оттаивание – в мае;
- наибольшее пучение – в апреле;
- наибольшее осадка покрытия при оттаивании конструкции – в мае;
- наибольшая влажность грунта земляного полотна – в апреле;
- наименьшая влажность грунта земляного полотна – в июле и августе;
- наибольшая степень плотности грунта земляного полотна – в июне, июле и августе;
- наименьшая степень плотности грунта земляного полотна – в мае;
- наибольший модуль упругости грунта земляного полотна – в феврале и марте;
- наименьший модуль упругости грунта земляного полотна – в мае;
- наибольшее сцепление – в июле;
- наименьшее сцепление – в феврале и марте;
- наибольший коэффициент прочности дорожной одежды – в феврале и марте;
- наименьший коэффициент прочности дорожной одежды – в мае.

Земляное полотно и дорожную одежду необходимо проектировать так, чтобы в неблагоприятный для службы дорог период расчётного года, т. е. весной, конструкция обладала необходимой морозостойкостью и обеспечивалась требуемая по условиям движения прочность конструкции, $K_{проч.} \geq 1$.

Основные источники увлажнения дорожной конструкции:

- атмосферные осадки, которые просачиваются через обочины, особенно в местах сопряжения с проезжей частью, трещины в покрытии;
- вода, которая застаивается в канавах, кюветах, боковых резервах и на поверхности полотна из-за затруднённого поверхностного стока и увлажняющая грунт земляного полотна в процессе капиллярного и молекулярного передвижения;
- подземная вода, которая поднимается по капиллярам, особенно при промерзании конструкции, близком к поверхности дороги залегании подземных вод;

– парообразная вода, которая перемещается от тёплых слоёв к более холодным [1, с. 32].

Зимой при промерзании конструкции вода, особенно при песчаном основании, может передвигаться вверх снизу и собираться у границы промерзания, повышая этим влажность грунта [1, с. 32].

Влажность грунта земляного полотна различна и зависит от дорожно-климатической зоны и подзоны, типа местности по условиям увлажнения, вида грунтов земляного полотна [1, с. 32].

Из-за временной по годам и сезонам изменчивости влажности грунта земляного полотна и необходимости оценивать прочность дорожной конструкции с заданным уровнем надёжности расчётную влажность грунта устанавливают вероятным методом. Расчётная влажность грунта $W_{расч.}$ – это максимальное значение средней влажности грунта в пределах активной зоны земляного полотна, которое наблюдается в более неблагоприятный период, т. е. время, в течение которого грунт активной зоны более увлажнён, хотя бы в одном году за срок службы между капитальными ремонтами дорожной одежды.

Активной зоной считают верхнюю часть земляного полотна от низа дорожной одежды до глубины 1,6 м от поверхности покрытия. В этой зоне распространяются напряжения от временных нагрузок, а состояние грунта и водно-тепловой режим зависимы от погодных и климатических условий.

Расчётную влажность грунта прогнозируют по формуле

$$W_{расч.} = W_{многолет.} \cdot (1 + t \cdot v_W), \quad (48)$$

где $W_{многолет.}$ – среднее многолетнее из ежегодных максимальных значений средней в пределах активной зоны влажности;

t – коэффициент нормированного отклонения, который принимают в зависимости от уровня надёжности дорожной одежды в эксплуатации;

$v_W = 0,1$ – коэффициент вариации [1, с. 32].

Эксплуатационный уровень надёжности устанавливаются по результатам испытаний дорожной одежды на прочность.

Ожидаемый прирост влажности за счёт зимнего накопления влаги в грунте земляного полотна $W_{\text{зимн.накоп.}}$ зависит от толщины слоёв из стабильных материалов, степени уплотнения грунта и его свойств, возвышения земляного полотна над уровнем подземных вод и поверхностью земли, от скорости и глубины промерзания [1, с. 34].

Комплексная характеристика свойств грунта, которая определяет накопление влаги при промерзании приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Комплексная характеристика пучинистых свойств грунтов [1, с. 35]

Грунт	B , см ² /сут	Степень пучинистости
I	2	3
Супесь лёгкая крупная, песок непылеватый	2	Слабо пучинистые
Супесь лёгкая, глина, суглинок тяжёлый и лёгкий непылеватый	3,5	Пучинистые
Песок пылеватый, суглинок тяжёлый пылеватый, супесь пылеватая	4,5	Сильно пучинистые
Суглинок лёгкий пылеватый, супесь тяжёлая пылеватая	5	Чрезмернопучинистые

От расчётной влажности земляного полотна $W_{\text{расч.}}$ Прочностные и деформационные характеристики, а также долговечность, ровность и прочность всей конструкции.

Данные о значениях модуля упругости грунтов и их расчётные значения параметров сдвига приведены в приложении 2.

Расчётное значение модуля упругости грунта

$$E_{\text{расч.}} = E \cdot (1 \pm t \cdot \nu_E), \quad (49)$$

где знак « - » в скобках принимают при оценке прочности конструкций по допускаемому упругому прогибу и слоёв из монолитных материалов на сдвиг в

асфальтобетонных слоях, а также на растяжение при изгибе, а знак « + » принимают при расчёте грунта и слоёв из зернистых материалов на сопротивление сдвигу;

ν_E – коэффициент вариации модуля упругости грунта [1, с. 35] (по таблице 15).

Таблица 15 – Коэффициент вариации модуля упругости грунтов

Грунт	Значения ν_E при влажности грунта	
	(0,6 ч 0,75) · W	(0,76 ч 0,9) · W
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Супесь тяжёлая, песок крупный гравелистый, средней крупности, мелкий, песок барханный, супесь лёгкая крупная, песок пылеватый	0,05	0,06
Супесь лёгкая	0,06	0,07
Глины, суглинок тяжёлый и лёгкий	0,07	0,08
Суглинок лёгкий пылеватый, супесь пылеватая	0,08	0,09

В зависимости от характера воздействия транспортных средств, температуры и вяжущего покрытия с органическими вяжущими будут обладать свойствами упруго-вязкопластичных, упругих или упруго-вязких сред. Чем менее продолжительно действие нагрузки и ниже температура, тем выше упругие свойства покрытия. По мере увеличения продолжительности действия нагрузки и повышения температуры всё больше начинают преобладать пластические свойства покрытия [2, с. 35].

2.4 Деформации и разрушения земляного полотна

Касательные тангенциальные, динамические и статические вертикальные нормальные силы, которые передаются колёсами транспортных средств на проезжую часть, вызывают напряжения и деформации в дорожных конструкциях, из-за чего земляное полотно и одежда изнашиваются и разрушаются.

При определении напряжений и деформаций в земляном полотне многослойные конструкции приводят к двухслойным моделям. Вертикальные напряжения в земляном полотне по оси действующей нагрузки, которая равномерно

распределена на поверхности покрытия (рисунок 4) по площади круга диаметра D , для конструкций, работающих в стадии обратимых упругих деформаций

$$\sigma_{z(0)} = \frac{p}{[1 + 1,9 \cdot (\frac{z_3}{D})^2]}, \quad (50)$$

а на расстоянии r от оси действующей нагрузки

$$\sigma_{z(r)} = \frac{\sigma_{z(0)}}{1 + 1,3 \cdot (\frac{2 \cdot r}{D} \cdot \arctg \frac{D}{z_3})^2}; \quad (51)$$

$$\frac{z_3}{D} = \frac{1}{\eta} \cdot (z + h_3 - h); \quad (52)$$

$$z_3 = z - h + h_3 = z + h \cdot (1,1 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2 - 1}}) \quad (53)$$

$$h_3 = 1,1 \cdot h \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2}}, [1, \text{стр. 36}] \quad (54)$$

где z – фактическое расстояние по вертикали от рассматриваемой точки A в земляном полотне до поверхности покрытия, см;

r – расстояние от оси действующей нагрузки до горизонтали нижней границы деятельного слоя земляного полотна в см. Это расстояние, согласно ОДН принимается равным 1,5 метра.

При достижении недопустимых напряжений в грунте земляного полотна возникают деформации, которые приводят к повреждениям и разрушениям конструкции.

Этому способствует также неблагоприятное воздействие на дорожную конструкцию природных факторов (таблица 16).

Таблица 16 – Распространённые деформации и разрушения земляного полотна

Наименование и характер деформаций	Вероятные причины возникновения деформаций
<i>1</i>	<i>2</i>
Выбоины и колеи на обочинах	Заезд транспортных средств на неукреплённые обочины, когда грунты увлажнены
Различаются формы размывов обочин и откосов	При продолжительном застое воды из-за наличия препятствий в водоотводных канавах или недостаточного их уклона; эта вода при недостаточном расстоянии от земляного полотна может проникать в него и переувлажнять грунт. Происходят, когда неукреплённые поверхности не могут противостоять поверхностному стоку (водная эрозия) атмосферных осадков, талых и ливнёвых вод, водами которые могут также притекать к земляному полотну с прилегающей местности, морскими, речными и озёрными водами.
Сползание откосов выемок и насыпей	На косогорных участках сползанию и обрушению насыпей, оползанию откосов выемок способствует наклонное расположение водоносных слоёв, которые образуют поверхности скольжения при малом сопротивлении сдвигу по ним, а также по основаниям насыпей. Неправильное возведение насыпей – повышенная против норм крутизна откосов, недостаточный отвод воды с поверхности земляного полотна, присыпка грунта на откосах без соединения с основным телом земляного полотна ступеньками или не обеспечено достаточное укрепление откосов.
Просадки насыпей на основаниях из слабых грунтов – карсты, болота, просадочные грунты	Недостаточное сопротивление сдвигу из-за касательных напряжений. Не обеспечена устойчивость насыпей против выпирания грунта в основании.
Осадки неравномерные	Переувлажнение грунтов, недостаточное уплотнение, в результате чего снижаются параметры сдвига грунта φ и c и под влиянием транспортных нагрузок и собственного веса он деформируется.
Выдувание откосов и обочин из несвязных и слабосвязных грунтов	Поверхности не могут противостоять воздействию ветровой эрозии.
Расползание и посадки высоких насыпей	При производстве зимних работ применены связные грунты с недопустимым содержанием мёрзлых комьев. Не обеспечена устойчивость насыпей против расползания. Применение при сооружении высоких насыпей грунтов с влажностью, которая превышает допустимые нормы, или без осуществления мер по осушению грунта.

Продолжение таблицы 16

1	2
Пучинные деформации расширения объёма грунта (разуплотнение) в направлении поверхности земляного полотна	Нередко в местах образования пучин при оттаивании скапливаются в теле земляного полотна водные мешки, которые вызывают его повреждение. Интенсивное осенне-зимнее накопление влаги при промерзании пылеватых пучинистых грунтов.

2.5 Деформации и разрушения дорожных одежд и покрытий

В зависимости от состояния, конструкции и прочности дорожной одежды под действием повторяющихся нагрузок в дорожной одежде в целом и в её отдельных слоях могут появляться одновременно упруго-вязкие и вязко-пластические деформации, либо только упруго-вязкие деформации, которые могут достичь недопустимых значений накапливаясь. Для одежды из монолитных материалов более опасны растягивающие напряжения, которые возникают при изгибе в слое, а для слоёв из слабосвязных зернистых материалов – касательные напряжения сдвига.

Максимальные растягивающие напряжения σ_r в асфальтобетонном и ему подобном покрытии возникают на его нижней поверхности по оси действующей нагрузки

$$\sigma_r = \frac{4 \cdot E_{\text{покр.}}}{\pi} \cdot \frac{W_{\text{ось}}}{D} \cdot \arctg^2 \frac{D}{h_3}; \quad (55)$$

$$\frac{W_{\text{ось}}}{D} = \frac{p \cdot K \cdot (1 - \mu_{\text{средн.}}^2)}{E_{\text{общ.}}} \cdot \left(1 - \frac{2}{\pi} \cdot \arctg \frac{h_3}{D}\right), \text{ при } \frac{h_3}{D} \geq 0,5; \quad (56)$$

$$\frac{W_{\text{ось}}}{D} = \frac{p \cdot K \cdot (1 - \mu_{\text{средн.}}^2)}{E_{\text{общ.}}} \cdot \left[1 - \frac{2}{\pi} \cdot \arctg \left(\frac{h_3}{D}\right)^2\right], \text{ при } \frac{h_3}{D} < 0,5; \quad (57)$$

$$\frac{h_3}{D} = \frac{1,1 \cdot h_{\text{покр.}}}{D} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_{\text{покр.}}}{E_{\text{общ.}}}}, \quad (58)$$

где $E_{покр.}$ – модуль упругости материала покрытия, МПа;

$E_{общ.}$ – общий модуль упругости полупространства подстилающего покрытия, МПа;

$\mu_{средн.}$ – среднее значение коэффициента Пуассона полупространства подстилающего покрытия ($\mu_{средн.} = 0,3$);

$h_{покр.}$ – толщина покрытия, см;

K – коэффициент динамичности расчётной нагрузки; $K = 1,2$;

$W_{ось}$ – прогиб поверхности покрытия по оси действующей нагрузки, см [1, с. 39].

Сдвиг является одним из основных видов нарушения сплошности грунтов и слабосвязных материалов дорожной одежды под транспортными нагрузками. Предельное состояние по напряжениям (прочности) в какой-либо точке грунтового массива или слое одежды наступает, когда касательное напряжение, которое действует по площадкам скольжения, достигает размера, равного сопротивлению материала или грунта сдвигу [1, с. 39].

Чрезмерные напряжения от транспортных нагрузок приводят к возникновению одних или других деформаций [1, с. 39].

Их развитию способствуют климатические и природные факторы, которые вызывают выветривание, перегрев, увлажнение, промерзание конструкции, это нарушает монолитность покрытия, ухудшает деформационные свойства и прочность отдельных слоёв одежды, одежды в целом и грунта. Например, одежду подстилает сильно увлажнённый грунт земляного полотна относительная влажность которого превышает $0,75 \cdot W_{текуч.}$ при развитии деформаций часто наблюдается проникание грунта в каменное и песчаное основание, выдавливание его через трещины на поверхность покрытия [1, с. 39].

При тяжёлом интенсивном движении и при высоких положительных температурах прочностные и деформационные свойства покрытий, которые содержат органическое вяжущее, ухудшаются, появляется опасность, что покрытие под действием колёс будет деформироваться пластично с развитием впадин, волн, сдвигов, вмятин, наплывов и бугров [1, с. 39].

При отрицательных температурах покрытия, которые содержат органическое вяжущее, приобретают свойства хрупкого тела. Снижается их способность деформироваться без нарушения сплошности при возможности изменения размеров, но одновременно повышаются модули сопротивления сжатию и упругости. По данным исследователей, колебания предельных значений относительных удлинений асфальтобетона при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ находятся в пределах от 0,0015 до 0,0006, а при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – в пределах от 0,006 до 0,002. Меньшие значения получены для крупнозернистых смесей с более жёстким битумом, большие – мелкозернистых смесей с более мягким битумом. Для материалов, которые обработаны жидким битумом, а также пористых смесей предельные относительные удлинения будут выше.

Для покрытий, которые содержат органическое вяжущее, зимой, большая опасность возникает при глубоком и медленном промерзании дорожной конструкции, которое способствует неравномерному поднятию проезжей части и пучению земляного полотна, особенно на участках с неблагоприятными гидрологическими и грунтовыми условиями, а также резком изменении низких температур. Эти явления при недостаточном предельном относительном удлинении покрытия приводят к образованию в нём трещин независимо от интенсивности и характера движения. Весной значение приобретает повторяющееся воздействие нагрузок от транспортных средств, в результате которого одежда многократно прогибается и подвергается растягивающим напряжениям, часто приводящим к трещинам, в том числе усталостным, в основном на полосах движения [1, с. 39].

Напряжения в цементобетонных покрытиях возникают от изменения температуры и воздействия нагрузки. При охлаждении или нагревании покрытие стремится изменить размеры, но из-за сопротивления сил трения нижней поверхности покрытия грунта или другого материала основания это становится затруднительным и в покрытии появляются температурные напряжения. К ним относят также напряжения в покрытии от неравномерного распределения температур по толщине, которое обуславливает стремление его к короблению, и

противодействия этому собственного веса плиты. Кроме этого, температурными считают напряжения, которые возникают при неравномерном поднятии покрытия в процессе зимнего вспучивания земляного полотна [1, с. 39].

Напряжения от транспортных средств вместе с температурными напряжениями приводят к образованию и развитию трещин в цементобетонном покрытии. Трещины имеют неодинаковую глубину, разное направление и очертание, образуются в различных местах плит, в разное время.

Характеристика часто встречающихся повреждений и деформаций дорожной одежды приведена в таблице 17.

Таблица 17 – Распространённые разрушения и деформации дорожных одежд

Наименование и характер деформаций	Вероятные причины возникновения деформаций
<i>1</i>	<i>2</i>
Деформации покрытия при достаточно прочной дорожной одежде	
Трещины на цементобетонных покрытиях: - продольные сквозные - поперечные сквозные	Неоднородность качества земляного полотна. Дефекты в устройстве продольных швов. Изменение температуры покрытия при большем, чем допустимо, расстоянии между швами расширения и сжатия, при невысоком качестве их устройства, перерыве в бетонировании более часа.
Смещение покрытия по основаниям, которые сопровождаются часто наплывом слоя по слою – сдвиги. Наблюдаются на покрытиях, которые содержат органическое вяжущее, в местах торможения и остановок автомобилей, на крутых спусках.	Недостаточно прочное сцепление покрытия с основанием. Излишняя пластичность покрытия из-за недостаточной теплоустойчивости смеси при высоких температурах и вязкости вяжущего или избытка вяжущего.
Местные разрушения покрытия, которые имеют вид углубления с резко очерченными краями – выбоины. Наблюдаются на всех видах покрытия.	Дефекты укатки покрытия; выщелачивание органических вяжущих водой; недостаточное сопротивление покрытия касательным усилиям от транспортных средств, которые выдёргивают и выбивают каменные частицы; непрочное сцепление вяжущего с каменным материалом.

Продолжение таблицы 17

1	2
<p>Износ (истирание) всех видов покрытия. Усиленное и часто неравномерное истирание наблюдается на участках с тяжёлым интенсивным движением, в населённых пунктах, на спусках, на участках при торможении автомобилей, перед кривыми, перед перекрёстками.</p>	<p>Недостаточная износостойкость покрытия (слабая связность).</p>
<p>Закономерное чередование через 0,4 ч 2 м на покрытии впадин и гребней вдоль дороги. Наблюдаются на гравийных покрытиях, которые не обработаны вяжущими, а также на покрытиях, которые содержат органическое вяжущее – чаще всего на крутых спусках, в местах остановок транспортных средств, вблизи пересечений в одном уровне.</p>	<p>На гравийных необработанных покрытиях образование «гребёнки» (волн) вызвано динамическим воздействием транспортных средств на смесь с недостаточным количеством частиц, которые придают связность покрытию. Излишняя пластичность покрытия из-за недостаточной теплоустойчивости смеси при высоких температурах или избытка вяжущего. Недостаточное содержание щебня.</p>
<p>Трещины на покрытии, которое содержит органическое вяжущее:</p> <ul style="list-style-type: none"> - сетка трещин с крупными ячейками – трещины произвольного очертания, образуют замкнутые фигуры, расположены в разных местах по ширине проезжей части; - частые косые и поперечные трещины с ответвлениями, которые иногда связаны между собой, но обычно не образующие замкнутых фигур, расстояние между соседними трещинами соответственно от 2 до 4 м и от 1 до 2 м; - редкие косые и поперечные трещины, которые не связаны между собой, расстояние между соседними трещинами от 4 до 10 м; - отдельные поперечные трещины, которые расположены примерно через одинаковое расстояние не менее 10 м – температурные; - одиночные разного направления, которые расположены обычно друг от друга на большом расстоянии 	<p>Неоднородность свойств основания и покрытий, а также ряд случайных факторов. Малая сопротивляемость покрытия напряжениям, которые возникают от многократного воздействия нагрузки и изменения температуры, и недостаточная деформативная способность покрытия.</p>
<p>Деформации всей конструкции дорожной одежды</p>	
<p>Местные искажения профиля и просадки покрытия, которые образуются в первые годы после постройки дороги при достаточно благоприятных гидрологических и грунтовых условиях на всех типах покрытия</p>	<p>Недостаточное уплотнение грунта земляного полотна, особенно его верхней части.</p>

Продолжение таблицы 17

1	2
Проломы, просадки, трещины и колейность, когда грунт земляного полотна находится в мёрзлом состоянии, а оттаяла только дорожная одежда. Наблюдается на всех типах одежд, кроме цементобетонных.	Недостаточная прочность и пластичность (неустойчивость) хотя бы одного промежуточного слоя дорожной одежды.
Плавное искажение поперечного профиля покрытия на полосах наката – колейность. Наблюдается на всех типах покрытия.	Недостаточная прочность дорожной конструкции.
Частые, отстоящие друг от друга на 20 ч 40 см, продольные трещины на полосах наката в сочетании с частыми, которые отстоят друг от друга на 1 ч 4 м, поперечными трещинами на всю ширину проезжей части. Наблюдаются на покрытиях, которые содержат органическое вяжущее, построенных на основаниях из грунта или материала, укрепленного цементом или другим минеральным вяжущим.	
Сетка трещин с мелкими ячейками по 10 ч 20 см на полосах наката покрытий, которые содержат органическое вяжущее.	
Резкие искажения профиля покрытия, которые имеют вид впадин с округлой поверхностью – просадки. На покрытиях, которые содержат органическое вяжущее, часто сопровождаются сеткой трещин.	
Сетка трещин в виде паутины, косые и продольные пересекающиеся трещины при искажённом поперечном профиле проезжей части, которые связаны с пучением (неравномерным поднятием) земляного полотна при промерзании. Часто наблюдаются на усовершенствованных монолитных покрытиях. Весной в местах таких деформаций иногда наблюдается «зыбь» покрытия под колесом автомобиля.	Неудовлетворительные грунтовые условия при неблагоприятных условиях увлажнения обычно длительно застаивающимися поверхностными или подземными водами и глубоком промерзании грунта.
Полное разрушение дорожной одежды с резким искажением поперечного профиля. – проломы. Наблюдаются на всех типах покрытий.	Незначительная прочность дорожной одежды по сравнению с требуемой по условиям движения.

2.6 Влияние климата и погоды на состояние дорог и условия движения автомобилей

Погода и климат – это составные части природных факторов, которые влияют на транспортно-эксплуатационные характеристики дорог, режим и без-

опасность движения, т. е. на режим функционирования дороги и условия движения по ней [1, с. 39].

Совокупность дорожных условий состоит из переменных и постоянных факторов и параметров. К постоянным относят характеристики и параметры, которые изменяются редко при капитальном ремонте или реконструкции (протяжённость спусков и подъёмов, длина кривых и прямых, размер радиусов кривых и продольных уклонов в плане) или не меняются в процессе эксплуатации дорог [1, с. 39].

К переменным сезонным или временным относят характеристики и параметры дорог, которые изменяются в течение года под воздействием сезонных колебаний метеорологических условий, транспортных средств – ровность и сцепные качества покрытия, состояние обочин и покрытия, фактически используемая ширина обочин и обочин и ширина проезжей части [1, с. 39].

Каждый метеорологический фактор характеризуется интенсивностью, повторяемостью, вероятностью появления, последствиями, продолжительностью действия. Данные об интенсивности, продолжительности действия и вероятности появления получают на ближайшей к дороге метеостанции или берут из климатических справочников.

Продолжительность последствия. Время с момента прекращения данного метеорологического явления до прекращения действия его последствий на условия движения и состояние дорог может быть получено путём наблюдений в различные периоды года (например, время просыхания поверхности дороги после прекращения дождя).

Условия движения в период действия неблагоприятных метеорологических явлений сложнее, чем летом при чистых и сухих обочинах и покрытиях. Различия определяются следующими основными факторами:

– ухудшение эксплуатационно-технических качеств автомобиля – системы, которые обеспечивают безопасность и удобство движения (сигнальная система, обзорность, тормоза, рулевое управление, видимость);

– изменение параметров поперечного профиля, внешнего вида и очертания обочин и проезжей части из-за образования полос наката и снежных отложений, что приводит к изменению восприятия дороги водителем;

– увеличение сопротивления движению из-за неровностей по дороге, гололёда, отложений грязи, снега, в результате снижается свободная мощность двигателя автомобиля;

– ухудшение ровности покрытия под влиянием повышенной влажности воздуха, гололёда, осадков и других факторов, снижение сцепных качеств покрытия, изменение взаимодействия автомобиля с дорогой;

– изменение метеорологической видимости в период слепящего действия солнца, пурги, туманов, осадков, снежных и пыльных, которые изменяют восприятие условий движения водителем.

Степень влияния метеорологических явлений на безопасность и режим зависит от интенсивности метеорологического явления и скорости автомобилей.

К зимнему относят период, который характеризуется устойчивой средней суточной температурой воздуха ниже 0 °С.

Весенний и осенний – это переходные периоды с неустойчивой погодой, при которой наблюдаются осадки всех видов (жидкие, твёрдые и смешанные). Весенним считают период со средней суточной температурой воздуха от 0 °С до +15 °С. В среднем этот период, отличающийся резкими переходами от потепления к похолоданиям, длится около 80 суток.

Осенним считают период, который характеризуется понижением температуры от +15 °С до 0 °С. Общее количество осадков осенью меньше, чем летом, но продолжительность их выпадения больше. Длительность осеннего периода на большей территории страны составляет около 120 суток.

Летний период органичен датами перехода средней суточной температуры через +15 °С. Летом увеличивается количество осадков, но сокращается продолжительность их выпадения.

Для большинства районов страны наиболее трудные условия движения наблюдаются в осенне-весенний и зимний периоды, а для районов с сухим и жарким климатом – летний период. Наиболее трудные периоды года принимают за расчётные при выборе средств и методов обеспечения безопасности и удобства движения.

На основании исследований предложено районирование территории страны по влиянию климата на условия движения и состояние поверхности дорог.

Зона Iс зимним расчётным периодом. К ней относят районы, где зимний период составляет около 125 суток в году. Расчётным для этой зоны является движение по заснеженному скользкому покрытию при наличии суженной проезжей части. В пределах I зоны выделяют подзоны с некоторыми отличительными признаками.

Подзона IA характерна тем, что здесь зимний расчётный период является единственным, т. к. переходные периоды очень короткие (около 60 суток в году). Скользкость покрытия определяется только гололёдом и наличием снежного рыхлого или накатанного слоя.

Подзона IB характерна тем, её зимний расчётный период дополняется переходным периодом длительностью 100 суток. В этой подзоне необходимы мероприятия по обеспечению безопасности и удобства движения в переходные периоды года.

В подзоне IB переходный период составляет 120 суток. Расчётными условиями здесь являются сужение и скользкость проезжей части, из-за грязных обочин, снежных отложений, гололёда и выпадения осадков, т. е. в этой подзоне необходимы мероприятия, которые характерны для переходных и зимнего периодов [1, с. 43].

Зона II. Зона характерна тем, что расчётными являются периоды, которые длятся около 110 суток, а зимний период – около 125 суток. Зимы в этих районах малоснежные с частыми оттепелями, поэтому расчётным состоянием счи-

тают повышенную скользкость из-за загрязнения и увлажнения покрытия на переходных полосах и обочинах [1, с. 44].

Зона III. Зона характерна летним расчётным периодом, т. к. осенне-весенний и зимний периоды короткие и вместе составляют около 110 суток. Основными расчётными условиями являются движение в период высокой температуры воздуха, а поверочными – в период выпадения дождей. К этой зоне относят южные районы Средней Азии, Крыма и Кавказа [1, с. 44].

В горных районах расчётный период определяют для каждого участка дороги по высоте, т. к. в зависимости от высоты местности над уровнем моря погодноклиматические условия изменяются.

Основные характеристики погодноклиматических факторов по их влиянию на условия движения приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Характеристики погодноклиматических факторов, влияющих на условия движения

Метеорологические факторы	К _{р.с.}	Средняя продолжительность, ч		Вероятность метеорологических факторов, %, по зонам			
		действия	последствия	IA	IB	II	III
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8
Положительная температура	1	6	-	36	65	70	78
Отрицательная температура	1	12	-	33	40	35	18
Относительная влажность воздуха	1	10	-	99	90	79	84
Дождь	0,6	5	12	12	33	32	30
Ветер	1	12	-	99	98	94	99
Туман	0,75	5	-	5	10	14	17
Снегопад	0,6	8	200	21	25	14	9
Гололёд	0,6	5	24	0,5	12	13	4
Метель	0,75	7,5	250	2	11	6	0,6

От климата местности зависит продолжительность различных состояний поверхности дороги. К наиболее характерным из них относят гололёд естественный и искусственный, который образуется при уплотнении и оплавлении снега под влиянием движущихся автомобилей, заснеженное состояние (покры-

тое слоем рыхлого снега), мокрое чистое, сухое, мокрое загрязнённое, снежный накат.

На продолжительность того или иного состояния влияет качество содержания дорог в неблагоприятные периоды года и технический уровень.

Данные о фактической продолжительности состояния поверхности необходимы для определения фактической скорости движения, расхода топлива, себестоимости перевозки. Продолжительность различных состояний поверхности дороги можно определять по формуле

$$T_i = \lambda_{i\text{летн.}} \cdot D_{\text{летн.}} + \lambda_{i\text{ос-вес}} \cdot D_{\text{ос-вес}} + \lambda_{i\text{зимн.}} \cdot D_{\text{зимн.}}, \quad (59)$$

где $\lambda_{i\text{летн.}}$, $\lambda_{i\text{ос-вес}}$ и $\lambda_{i\text{зимн.}}$ – коэффициенты длительности состояний (гололёда, заснеженного, сухого, мокрого, снежного наката);

$D_{\text{летн.}}$, $D_{\text{ос-вес}}$ и $D_{\text{зимн.}}$ – продолжительность летнего, осенне-весеннего и зимнего периодов в данной зоне, сут.

Коэффициент λ_i учитывает качество содержания дороги, интенсивность движения, влияние климатических факторов, технический уровень (таблица 19).

Таблица 19 – Значения коэффициента длительности состояния покрытия

Категория дороги	Коэффициент λ для различных периодов года и состояний покрытия									
	летний		осенне-весенний		зимний					
	сухое	мокрое	сухое	мокрое	сухое чистое	мокрое	рыхлый снег	снежный накат	искусственный гололёд	естественный гололёд
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	0.8	0.15	0.6	0.3	0.55	0.08	0.04	0.1	0.1	0.02
II	0.8	0.15	0.6	0.3	0.5	0.09	0.04	0.12	0.12	0.03
III	0.8	0.15	0.5	0.4	0.25	0.1	0.06	0.2	0.12	0.04
IV	0.8	0.15	0.5	0.4	0.2	0.06	0.015	0.25	0.09	0.05

Продолжительность периодов год определяют по многолетним данным изменения среднесуточной температуры воздуха, которые получают из климатических справочников.

3 Оценка транспортно-эксплуатационных качеств дорог

3.1 Оценка скорости, пропускной способности и степени загрузки

Скорость движения. Для оценки транспортно-эксплуатационных качеств дороги определяют средние скорости транспортного потока и свободного движения, фактически обеспеченную максимальную скорость одиночного легкового автомобиля.

На дорогах III, IV и V категорий средние скорости транспортного потока и свободного движения почти совпадают из-за малой плотности движения.

Как показывают исследования, значения скоростей связаны зависимостью (52). Средняя скорость свободного движения

$$v_0 = v_{\text{факт.макс}} - t \cdot \sigma_{v_{\text{факт.}}}, \quad (60)$$

где t – функция доверительной вероятности – гарантийный коэффициент;

$\sigma_{v_{\text{факт.}}}$ – среднее отклонение скорости свободного транспортного потока.

Значения t принимают в зависимости от доверительной вероятности при одностороннем ограничении:

Доверительная вероятность, %	85	90	95	99,9
Расчётное значение, t	1,04	1,28	1,64	3

Средняя скорость транспортного потока в данном сечении дороги при данном состоянии

$$v = v_0 - \Delta v, \quad (61)$$

где $\Delta v = \alpha_{инт.} \cdot \beta \cdot N$ – снижение скорости автомобилей под воздействием состава и интенсивности транспортного потока, км/ч;

$\alpha_{инт.}$ – коэффициент, учитывающий влияние интенсивности движения;

β – коэффициент, учитывающий состав транспортного потока; численно равен доле автомобильных поездов, грузовых автомобилей и автобусов, которые движутся по полосе;

N – интенсивность движения, авт./сут; для автомобильных магистралей принимают по каждому направлению отдельно.

Расчётная часовая интенсивность

$$N_{час} = \gamma \cdot N_{сут.} \quad (62)$$

где γ – коэффициент пересчёта суточной интенсивности в часовую; $\gamma = 0,1$.

Общая зависимость, которая связывает различные значения скоростей автомобилей на дороге

$$v = v_{факт.мах} - t \cdot \sigma_{vфакт.} - \alpha_{инт.} \cdot \beta \cdot N, \quad (63)$$

или

$$v = 120 \cdot K_{p.c.} - t \cdot \sigma_{vфакт.} - \Delta v. \quad (64)$$

Эти скорости могут быть получены путём непосредственных измерений, при этом могут быть применены различные способы [1, с. 46]:

1) измеряют скорости одиночных легковых автомобилей при свободных условиях движения или легковых, идущих во главе группы автомобилей при частично связанных условиях движения. Для получения объективных данных необходимо 30 замеров в каждом створе. На основе этих измерений строят кривые распределения скоростей, а за фактическую максимальную принимают скорость легкового автомобиля 85 %-ной обеспеченности.

2) измеряют скорости грузовых и легковых автомобилей и строят кривые распределения скоростей транспортного потока, а за фактическую максимальную принимают скорость 95 %-ной обеспеченности;

3) для предварительной и ориентировочной оценки определяют максимальную скорость методом следования за лидером. При этом скорость на каждом километре и на каждом характерном участке определяют по спидометру легкового автомобиля, который едет за одиночным или головным легковым автомобилем. На каждом участке проводят четыре проезда, по которым определяют среднюю скорость. Фактическую максимальную скорость принимают на 10 % выше средней из этих замеров.

Среднеквадратичное отклонение определяют

$$\text{если } n > 30, \text{ то } \sigma_v = \sqrt{\frac{(x - x')^2}{n}}; \quad (65)$$

$$\text{если } n < 30, \text{ то } \sigma_v = \sqrt{\frac{(x - x')^2}{n-1}}; \quad (66)$$

где x – измеренная скорость, км/ч;

x' – среднеарифметическая скорость из всех измеренных значений;

n – число измерений [1, с. 46].

Если отсутствуют непосредственные измерения, то максимальную скорость на каждом характерном участке определяют исходя из схем расчёта требований к геометрическим параметрам и транспортно-эксплуатационным характеристикам. При этом одна из основных задач – это учесть влияние метеорологических факторов на состояние дороги, восприятие водителем условий движения и взаимодействие автомобиля с дорогой [1, с. 46].

В этом случае среднеквадратичное отклонение, необходимое для определения средней скорости транспортного потока [1, с. 46]

$$\sigma_v = a_0 + b \cdot v_{\text{факт.мах}}^2 \quad (67)$$

Значения a_0 и b приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Значения коэффициентов a_0 и b

Характеристика дорог	Расчётные значения a_0 и b при определении среднего квадратичного отклонения					
	$\sigma_{\text{мах}}$		$\sigma_{\text{средн.}}$		$\sigma_{\text{мах}}$	
	a_0	b	a_0	b	a_0	b
I	2	3	4	5	6	7
Двухполосные дороги	3,5	0,001	3	0,0008	2,5	0,0006
Автомобильные магистрали с разделительной полосой	0	0,0007	0	0,0006	0	0,0004

Максимальные значения $\sigma_{\text{мах}}$ принимают для двухполосных дорог, если в потоке более 70 % автомобилей с прицепами, грузовых автомобилей и автобусов, минимальные – при их числе менее 40 %. Для автомобильных магистралей максимальные значения принимают для правой крайней полосы, минимальные – для левой.

Определение среднегодовой скорости транспортного потока. В технико-экономических расчётах необходимо знать среднегодовую скорость транспортного потока. На каждом характерном участке (спуск-подъём, прямая, кривая в профиле и плане) её определяют

$$v_{\text{сг}} = \frac{1}{365} \cdot (v_{\text{сух.}} \cdot T_{\text{сух.}} + v_{\text{мёрзл.}} \cdot T_{\text{мёрзл.}} + v_{\text{снег}} \cdot T_{\text{снег}} + v_{\text{снеж. нал.}} \cdot T_{\text{снеж.нал.}} + v_{\text{голол.}} \cdot T_{\text{голол.}}), \quad (68)$$

где $v_{\text{сух.}}$, $v_{\text{мёрзл.}}$, $v_{\text{снег}}$, $v_{\text{снеж. нал.}}$, $v_{\text{голол.}}$ – скорости транспортного потока в одном направлении при соответствующем состоянии поверхности покрытия (определяют по формулам (52) и (53));

$T_{\text{сух.}}$, $T_{\text{мёрзл.}}$, $T_{\text{снег}}$, $T_{\text{снеж. нал.}}$, $T_{\text{голол.}}$ – продолжительность различных состояний поверхности покрытия (определяют по формуле (61)).

Вычислив среднюю среднегодовую скорость из двух на каждом участке, определяют среднегодовую средневзвешенную скорость транспортного потока по всей дороге

$$v_{с/з, доp.} = \sum_{i=1}^n \frac{v_{с/г}^i \cdot l_i}{L}, \quad (69)$$

где l_i – длина каждого характерного участка, км;

L – общая длина дороги, км.

Полный учёт влияния климата и уровня содержания дороги позволяет получить фактические технико-экономические показатели работы эксплуатируемой дороги [1, с. 47].

Оценка пропускной способности. Этот показатель снижается в неблагоприятные зимний и осенне-весенний периоды, особенно в туман, снегопад, дождь, гололёд. Поэтому пропускную способность в первую очередь определяют для зимнего и осенне-весеннего периодов [1, с. 47]

$$P_{сез.} = \psi \cdot \alpha_{усл.} \cdot v_0 \cdot q_{max}, \quad (70)$$

где ψ – коэффициент, который учитывает движение по встречной полосе, а для многополосных дорог – по соседней полосе;

$\alpha_{усл.}$ – коэффициент, который зависит от метеорологических и дорожных условий;

q_{max} – максимальная плотность потока, авт./км.

Если скорость v_0 больше 55 км/ч, то пропускную способность принимают для автомобильных магистралей 1400 авт./ч на одну полосу, для двухполосных дорог – 1200 авт./ч на одну полосу [1, с. 47].

Коэффициент $\alpha_{усл.}$

$$\alpha_{усл.} = 0,7 - 0,0043 \cdot v_{факт.мах.} \quad (71)$$

Коэффициент ψ принимают в пределах:

Условия	Эталонные	Нормальные	Трудные
<i>I</i>	2	3	4
$K_{p.c.}$	≥ 1	1	$< 0,75$
Двухполосные дороги	0,9	0,8	0,7
Многополосные дороги	0,9	0,9	0,8

Степень загрузки дороги движением и состояние транспортного потока при одной и той же фактической интенсивности в различные периоды года определяют по формуле (62). Она может иметь значения в пределах, указанных в таблице 21.

Таблица 21 – Показатели нагрузки дороги движением и состояния транспортного потока

Уровень удобства	Уровень загрузки	Интенсивность движения по двум полосам при данном уровне загрузки, авт./ч			ψ	Состояние потока
		летом	в переходные периоды	зимой		
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
А	$< 0,2$	400	360	310	0,9	Свободный
Б	0,2 – 0,45	401 – 850	361 – 720	311 – 620	0,8	Устойчивый
В	0,45 – 0,7	851 – 1260	721 – 1050	621 – 890	0,75	Неустойчивый
Г-а	0,7 – 1	1261 – 1680	1050 – 1400	891 – 1190	0,7	Насыщенный
Г-б	> 1	1681	1401	1191	0,7	Заторы

Исходя из этого может быть установлена допустимая интенсивность движения для различных периодов года и категорий дорог (таблица 22).

Таблица 22 – Допустимая интенсивность движения на двухполосных дорогах

Категория дороги, характеристика проезжей части и обочин	$N_{расч.}$ в двух направлениях при уровне загрузки 0,5 – 0,7, авт./ч		
	2	3	4
<i>I</i>			
II категория: - при ширине проезжей части 7,5 м с укрепленными обочинами или краевыми полосами; - при ширине проезжей части 7,5 м без укрепленных обочин и краевых полос	1300 1200	1100 900	1000 800
III категория: - при ширине проезжей части 7 м с укрепленными обочинами и краевыми полосами; - при ширине проезжей части 7 м без укрепленных обочин и краевых полос	1200 1000	1000 750	850 650
IV категория: - при ширине проезжей части 6 м с укрепленными обочинами и краевыми полосами; - при ширине проезжей части 6 м без укрепленных обочин	1000 800	800 600	600 400

3.2 Комплексная оценка состояния дорог по коэффициенту обеспеченности расчётной скорости

Методика определения комплексной оценки технического уровня и эксплуатационного состояния или транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог (ТЭС АД) и транспортно-эксплуатационных показателей их качества (ТЭП АД) необходима для оценки качества дорог, которые вводятся в эксплуатацию после капитального ремонта, строительства или реконструкции, проектов дорог на их соответствие требованиям с учётом нагрузок и интенсивности движения, а также уже существующих дорог.

Одним из главных критериев ТЭС АД является обеспечиваемая скорость автомобилей и осевая нагрузка, которую может пропускать дорога в расчётный период года, т. е. основные ТЭП АД. В методику положена оценка влияния отдельных параметров и характеристик технического уровня и эксплуатационно-

го состояния дорог на конечную скорость, и, вследствие, на коэффициент обеспеченности расчётной скорости $K_{p.c.}$ [1, с. 49].

Основные параметры и характеристики для оценки ТЭП АД:

- геометрические характеристики: ширина проезжей части и краевых укрепленных полос, продольный уклон, ширина обочин, расстояния видимости, уклон виража и радиусы кривых в плане;
- прочность дорожной одежды;
- состав и интенсивность движения;
- ровность покрытия;
- прочность дорожной одежды;
- состояние, вид и ширина укрепления обочин;
- сопротивление качению и сцепление колеса автомобиля с покрытием [1, с. 49].

Наличие и состояние инженерного оборудования и обустройства по каждому виду (разметка проезжей части, дорожные указатели и знаки, освещение, дорожные ограждения, площадки и стоянки отдыха, элементы архитектурного оформления и павильоны на автобусных остановках, пересечения, переходно-скоростные полосы) оценивают по соответствию нормативным требованиям и по отсутствию или наличию дефектов. С учётом этого производят общую оценку ТЭС АД.

Все характеристики и параметры дорог определяют наблюдениями и измерениями при первом составлении линейного графика комплексного показателя ТЭП АД в течение одного года:

- в конце января, когда определяют только переменные характеристики и параметры (состояние и ширину обочин, коэффициент сцепления и ровность покрытия, состояние обустройства, инженерного оборудования, состав и интенсивность движения, состояние покрытия и ширину чистой фактически используемой укрепленной поверхности);
- в середине июля, когда определяют все характеристики и параметры;
- в конце октября.

Данные об основных параметрах могут быть получены из паспорта дороги.

ТЭС АД оценивают для зимнего, летнего, осеннего или весеннего периодов года.

Каждому периоду года соответствует характерное состояние поверхности, которое формируется под влиянием транспортного потока, метеорологических условий и уровня содержания дороги.

За расчётные принимают следующие состояния поверхности. В зимний период:

- слой рыхлого снега на обочинах и покрытии лежит только во время метелей и снегопадов в перерывах между проходами снегоочистительных машин;
- проезжая часть чистая, без снега, уплотнённый лёд и снег имеется на прикромочных полосах, а рыхлый – на обочинах;
- проезжая часть покрыта слоем плотного снежного наката, на обочинах – слой рыхлого снега;
- на поверхности покрытия гололёд;
- поверхность дороги влажная, имеется слой снега и льда или рыхлый мокрый снег, растворённые хлоридами.

Расчётную толщину слоя рыхлого снега на покрытии принимают 10 мм.

В осенне-весенний переходные периоды:

- вся поверхность мокрая чистая;
- проезжая часть мокрая чистая, прикромочные полосы загрязнены;
- проезжая часть мокрая загрязнённая.

В летний период: сухие чистые обочины и покрытие.

Каждому расчётному состоянию покрытия соответствует определённый коэффициент сцепления и коэффициент сопротивления качению, которые зависят от скорости.

Основные характеристики и параметры, которые влияют на скорость, оценивают частными коэффициентами обеспеченности расчётной скорости.

Совокупность всех наиболее важных характеристик и параметров дороги, которые влияют на скорость, оценивают итоговым коэффициентом обеспеченности расчётной скорости $K_{p.c.}^{итог}$ на каждом характерном участке: продольные уклоны, участки с ограждениями, направляющими столбиками и другими боковыми помехами, примыкания и пересечения с другими дорогами, участки с ограниченной видимостью, кривые в профиле и плане, прямые участки. При выделении характерных участков учитывают зоны влияния отдельных элементов дороги (таблица 23).

Таблица 23 – Зоны влияния отдельных элементов дороги

Элементы дороги	Зоны влияния, м	
	зимой	осенью, весной и летом
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Подъёмы и спуски	За вершиной – 100, у подошвы - 150	
Пересечения в одном уровне: – при наличии твёрдого покрытия на пересекаемой дороге – при отсутствии твёрдого покрытия на пересекаемой дороге	По 100 в каждую сторону По 100 в каждую сторону	По 50 в каждую сторону По 500 в каждую сторону
Пересечения в разных уровнях	В пределах между правоповоротных съездов или примыканиями переходно-скоростных полос	
Кривые в плане с обеспеченной видимостью при радиусах менее 400 м	По 50 от начала и конца кривой	
Кривые с необеспеченной видимостью при любом радиусе	По 100 от начала и конца кривой	
Трубы, мосты и другие сужения	По 100 от начала и конца сужения	По 75 от начала и конца сужения
Автобусные остановки	По 100 в обе стороны	
Населённые пункты	По 100 от границ застройки	

Итоговый коэффициент обеспеченности расчётной скорости на каждом характерном участке для расчётных периодов года по условиям движения принимают равным наименьшему из всех частных коэффициентов на этом участке. Для этого строят линейный график, на который наносят сокращённый продольный профиль и план дороги, основные параметры и характеристики, частные и итоговые значения коэффициента обеспеченности расчётной скорости, а также

обобщённую оценку ТЭП АД для каждого периода года. Этот график является итоговым документом оценки ТЭС АД.

Итоговый коэффициент обеспеченности расчётной скорости определяют на основании измерений скорости одиночного легкового автомобиля. В местах пересечений с железными дорогами, примыканий и пересечений автомобильных дорог, около автобусных остановок и других участках максимальную скорость принимают в соответствии с правилами дорожного движения (ПДД) или определяют измерениями.

Общую оценку дороги определяют как средний комплексный показатель для обследуемого участка или всей дороги

$$K_{p.c.}^{a.d.} = \frac{n}{L} \sum_{i=1}^n \frac{K_{p.c. i} \cdot l_i}{L}, \quad (72)$$

где l_i – длина каждого участка с $K_{p.c. i}$, км;

L – общая протяжённость обследуемого участка или дороги, км.

Допустимые значения итогового коэффициента обеспеченности расчётной скорости на каждом характерном участке приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Допустимые минимальные значения итогового коэффициента обеспеченности базовой расчётной скорости

Категория дороги	Значения $K_{p.c.}^{итог}$ на участках по условиям проложения по рельефу местности		
	основных	на трудных участках пересечённой местности	на трудных участках горной местности
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
I-a	летом – 1	летом – 0,83	летом – 0,63
	зимой, осенью и весной – 0,75	зимой, осенью и весной – 0,67	зимой, осенью и весной – 0,5
I-б, II	летом – 0,83	летом – 0,75	летом – 0,5
	зимой, осенью и весной – 0,67	зимой, осенью и весной – 0,58	зимой, осенью и весной – 0,38
III	летом – 0,83	летом – 0,67	летом – 0,42
	зимой, осенью и весной – 0,63	зимой, осенью и весной – 0,5	зимой, осенью и весной – 0,33

Продолжение таблицы 24

<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
IV	летом – 0,67	летом – 0,5	летом – 0,33
	зимой, осенью и весной – 0,5	зимой, осенью и весной – 0,38	зимой, осенью и весной – 0,25
V	летом – 0,5	летом – 0,33	летом – 0,25
	зимой, осенью и весной – 0,38	зимой, осенью и весной – 0,25	зимой, осенью и весной – 0,17

Составленный линейный график обобщённого показателя ТЭП АД для каждого периода года в последующем периодически корректируют, внося изменения по тем параметрам и на тех участках, на которых произошли какие-либо изменения из-за разрушений или износа под воздействием климатических факторов и транспортных средств или в результате выполненных работ.

При текущем контроле ТЭП АД сначала определяют фактическую максимальную скорость методом следования за лидером, по которой находят ориентировочное значение $K_{p.c.}^{итог}$. Если оно выше допустимого, то оцененный участок не требует ремонта, а только содержания и дальнейшему детальному обследованию не подлежит. Если полученное значение ниже допустимого, то участок детально обследуют и выполняют комплексную оценку в соответствии с данной методикой для определения вида и очередности ремонта.

Порядок определения частных коэффициентов обеспеченности расчётной скорости при комплексной оценке. Для оценки ТЭА АД определяют частные коэффициенты, которые учитывают:

- ширину основной укреплённой поверхности $K_{p.c.1}$;
- состояние и ширину обочин $K_{p.c.2}$;
- состав и интенсивность движения $K_{p.c.3}$;
- продольные уклоны $K_{p.c.4}$;
- уклон виража и радиусы кривых в плане $K_{p.c.5}$;
- расстояние видимости поверхности дороги $K_{p.c.6}$;
- прочность дорожной одежды и ровность покрытия $K_{p.c.7}$;
- коэффициент сцепления колеса с покрытием $K_{p.c.8}$.

Коэффициент $K_{p.c.1}$ определяют по размеру чистой фактически используемой ширины укрепленной поверхности (ширина психологического коридора), в которую входит ширина проезжей части и краевых укрепленных полос за вычетом ширины полос загрязнения

$$B_{1\text{факт.}} = B + 2 \cdot a_{\text{укр.}} - 2 \cdot b_{\text{загр.}} \quad (73)$$

где B – ширина проезжей части, м;

$a_{\text{укр.}}$ – ширина краевой укрепленной полосы, м (на автомобильных магистралях вычисляют как сумму ширины левой и правой укрепленной полос);

$b_{\text{загр.}}$ – ширина полосы загрязнения, м [1, с. 49].

При отсутствии краевых укрепленных полос [1, с. 49]

$$B_{1\text{факт.}} = B - 2 \cdot b_{\text{загр.}} \quad (74)$$

Ширину полос загрязнения определяют измерениями на каждом характерном участке. Если отсутствуют данные измерений, то ширину полос загрязнения принимают с учётом типа укрепления обочин (таблица 25).

Таблица 25 – Сокращение ширины укрепленной поверхности, м, в неблагоприятные периоды года

Вид укрепления обочины	В зимний период			В весенне-осенний периоды	
	на прямых участках и на кривых в плане радиусом более 600 м при высоте насыпи больше $H_{\text{снеж.покров}}$	на кривых в плане радиусом до 600 м при высоте насыпи больше $H_{\text{снеж.покров}}$	на снегозаносимых участках, на участках с ограждениями, столбиками, парапетами, направляющими, тумбами	на прямых участках и на кривых в плане радиусом более 200 м	на кривых в плане радиусом менее 200 м и на участках с ограждениями, столбиками, парапетами, направляющими, тумбами
1	2	3	4	5	6
Слой гравия или щебня	I и II категория дороги – 0,4 и 0,2	I и II категория дороги – 0,5 и 0,3	I и II категория дороги – 0,5 и 0,3	I и II категория дороги – 0,3 и 0,1	I и II категория дороги – 0,3 и 0,1

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5	6
	III и IV категория дороги – 0,6 и 0,4	III и IV категория дороги – 1 и 0,5	III и IV категория дороги – 1,2 и 0,6	III и IV категория дороги – 0,4 и 0,2	III и IV категория дороги – 0,8 и 0,3
Засев трав	I и II категория дороги – 0,75 и 0,2	I и II категория дороги – 0,5 и 0,3	I и II категория дороги – 0,5 и 0,3	I и II категория дороги – 0,3 и 0,1	I и II категория дороги – 0,3 и 0,1
	III и IV категория дороги – 1 и 0,4	III и IV категория дороги – 1,2 и 0,6	III и IV категория дороги – 1,8 и 1,2	III и IV категория дороги – 0,6 и 0,4	III и IV категория дороги – 1 и 0,5
Обочины не укреплены	I и II категория дороги – 0,75 и 0,2	I и II категория дороги – 0,6 и 0,4	I и II категория дороги – 0,6 и 0,4	I и II категория дороги – 0,5 и 0,1	I и II категория дороги – 0,5 и 0,1
	III и IV категория дороги – 1 и 0,4	III и IV категория дороги – 1,8 и 1,2	III и IV категория дороги – 2 и 1,2	III и IV категория дороги – 0,8 и 0,6	III и IV категория дороги – 1,5 и 1
Бордюр высотой h , м	I и II категория дороги – 8h и 3h	I и II категория дороги – 8h и 3h	I и II категория дороги – 8h и 3h	I и II категория дороги – 3h	I и II категория дороги – 3h
	III и IV категория дороги – 12h и 6h	III и IV категория дороги – 12h и 6h	III и IV категория дороги – 12h и 6h	III и IV категория дороги – 6h	III и IV категория дороги – 6h

Влияние ширины проезжей части на скорость сказывается неодинаково при разной интенсивности транспортного потока. Значения $K_{p.c.1}$ в зависимости от ширины чистой фактически используемой для движения укрепленной поверхности и интенсивности движения рассчитывают по формулам, которые приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Формулы для оценки влияния ширины проезжей части на обеспеченную скорость расчётного легкового автомобиля

Расчётная схема	Расчётная формула	Границы применения по интенсивности движения, авт./сут		
		зимой	в переходные периоды	летом
1	2	3	4	5
Свободное движение одиночного автомобиля	$K_{p.c.} = 0,42 \cdot (B_{1факт.} - 3,1);$ $v_{факт.мах} = 50 \cdot (B_{1факт.} - 3,1)$	< 700	< 600	< 500

Продолжение таблицы 26

1	2	3	4	5
Движение в частично связном потоке	$K_{p.c.} = 0,33 \cdot (B_{1факт.} - 4);$ $v_{факт.мах} = 40 \cdot (B_{1факт.} - 4)$	700 - 4200	600 - 3600	500 - 3000
Движение при интенсивном встречном потоке	$K_{p.c.} = 0,22 \cdot (B_{1факт.} - 4);$ $v_{факт.мах} = 26,4 \cdot (B_{1факт.} - 4)$	>4200	> 3600	> 3000
Движение на трёхполосной проезжей части: – при наличии полной разметки;	$K_{p.c.} = 0,21 \cdot (B_{1факт.} - 7,3);$ $v_{факт.мах} = 25 \cdot (B_{1факт.} - 7,3)$	> 6000	> 6000	> 5000
– при отсутствии разметки	$K_{p.c.} = 0,15 \cdot (B_{1факт.} - 8,5);$ $v_{факт.мах} = 23,3 \cdot (B_{1факт.} - 8,5)$	> 7000	> 6000	> 6000
Движение на проезжей части одного направления четырёхполосной автомагистрали: – с разделительной полосой шириной более 5 м;	$K_{p.c.} = 0,25 \cdot (B_{1факт.} - 4,1);$ $v_{факт.мах} = 29,4 \cdot (B_{1факт.} - 4,1)$	≤ 15000	≤ 12000	≤ 12000
– с разделительной полосой шириной до 5 м	$K_{p.c.} = 0,2 \cdot (B_{1факт.} - 4,1);$ $v_{факт.мах} = 24,4 \cdot (B_{1факт.} - 4,1)$	≤ 12000	≤ 10000	≤ 10000

Частный коэффициент $K_{p.c.2} = 1,2$.

Частный коэффициент $K_{p.c.3}$ зависит от состава и интенсивности движения

$$K_{p.c.3} = K_{p.c.1} - \Delta K_{p.c.},$$

где $\Delta K_{p.c.}$ – снижение коэффициента обеспеченности расчётной скорости под влиянием интенсивности движения (приложение В).

Частный коэффициент $K_{p.c.4}$ находят по размеру продольного уклона для расчётного состояния поверхности дороги в каждый период года, который характеризуется сопротивлением качению автомобиля и коэффициентом сцепле-

ния. Различают следующие расчётные схемы при оценке влияния продольного уклона на $K_{p.c.4}$ и скорость:

- скорость, допустимая на спуске по условиям безопасности в зависимости от коэффициента сцепления и поверхности дороги;
- возможная скорость на подъём по динамическим характеристикам автомобиля;
- то же по соотношению сопротивления движению и сил сцепления.

Значения для различных состояний поверхности дороги приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Значения частного коэффициента обеспеченности расчётной скорости, учитывающего влияние продольных уклонов

Продольный уклон, ‰	$K_{p.c.4}$ при состоянии покрытия								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Движение на подъём									
0	1,11	1,06	1,03	0,8	0,69	0,61	0,39	0,27	0,5
10	1,06	1,02	0,98	0,74	0,64	0,55	0,33	0,21	0,42
20	1,02	0,97	0,93	0,69	0,59	0,49	0,27	0,15	0,35
30	0,97	0,93	0,9	0,64	0,54	0,42	0,21	0,09	0,27
40	0,93	0,89	0,86	0,59	0,49	0,36	0,15	0,03	0,2
50	0,89	0,85	0,82	0,54	0,44	0,3	0,09	-	0,12
60	0,85	0,81	0,78	0,49	0,39	0,24	0,03	-	0,05
70	0,81	0,77	0,75	0,44	0,33	0,18	-	-	-
80	0,71	0,74	0,71	0,39	0,28	0,13	-	-	-
Движение на спуск									
Расстояние видимости поверхности дороги 55 м									
20	0,54	0,44	0,39	0,4	0,33	0,35	0,36	0,37	0,24
40	0,54	0,44	0,38	0,39	0,32	0,34	0,36	0,36	0,22
60	0,53	0,43	0,38	0,38	0,31	0,33	0,34	0,35	0,2
80	0,53	0,42	0,37	0,37	0,3	0,31	0,33	0,34	0,18
Расстояние видимости поверхности дороги 100 м									
20	0,8	0,62	0,55	0,56	0,45	0,48	0,51	0,52	0,32
40	0,8	0,61	0,54	0,54	0,44	0,46	0,49	0,51	0,3
60	0,79	0,6	0,52	0,53	0,42	0,45	0,48	0,49	0,27
80	0,78	0,59	0,51	0,51	0,4	0,43	0,46	0,47	0,24

Продолжение таблицы 27

<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расстояние видимости поверхности дороги 200 м									
20	1,17	0,8	0,7	0,76	0,6	0,64	0,68	0,71	0,42

40	1	0,8	0,65	0,74	0,58	0,62	0,66	0,68	0,38
60	0,95	0,75	0,6	0,72	0,55	0,59	0,64	0,65	0,34
80	0,9	0,7	0,58	0,7	0,52	0,57	0,61	0,64	0,3
Расстояние видимости поверхности дороги 300 м									
20	1,25	0,8	0,75	0,89	0,7	0,74	0,79	0,82	0,48
40	1	0,8	0,7	0,86	0,66	0,71	0,76	0,79	0,43
60	0,95	0,76	0,65	0,83	0,63	0,68	0,73	0,76	0,39
80	0,9	0,75	0,6	0,8	0,6	0,65	0,7	0,73	0,33
Расстояние видимости поверхности дороги 500 м									
20	1,25	0,8	0,8	1	0,8	0,86	0,92	0,96	0,55
40	1	0,8	0,77	0,9	0,76	0,82	0,89	0,92	0,49
60	0,95	0,8	0,75	0,84	0,72	0,78	0,85	0,89	0,43
80	0,9	0,8	0,7	0,82	0,68	0,74	0,81	0,85	0,37

Примечание: Состояние покрытия: 1 – сухое чистое; 2 – мокрое чистое; 3 – мокрое за-
грязнённое; 4 – уплотнённый снег; 5 – слой рыхлого снега толщиной до 10 мм; 6 – слой рых-
лого снега толщиной от 10 до 20 мм; 7 – слой рыхлого снега толщиной от 20 до 40 мм; 8 –
слой рыхлого снега толщиной от 40 до 60 мм; 9 – гололёд.

Частный коэффициент $K_{p.c.5}$ определяют по радиусу кривой в плане для
расчётного состояния поверхности дороги в каждый период года (таблица 28).

Таблица 28 – Значения частного коэффициента обеспеченности расчётной
скорости $K_{p.c.5}$, учитывающего уклон виража и влияние радиуса кривых в плане

Состояние покрытия	$K_{p.c.5}$ при радиусе кривой в плане, м										
	30	60	100	150	200	300	400	600	800	1000	1200
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
1	0,37	0,52	0,65	0,78	0,89	1,06	1,2	1,25	1,25	1,25	1,25
2	0,31	0,42	0,52	0,61	0,68	0,79	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
3	0,28	0,38	0,48	0,57	0,64	0,75	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
4	0,24	0,33	0,42	0,49	0,55	0,64	0,71	0,81	0,92	0,94	0,98
5, 6, 7 и 8	0,23	0,31	0,39	0,46	0,51	0,59	0,66	0,75	0,78	0,78	0,82
9	0,18	0,25	0,31	0,37	0,41	0,48	0,53	0,6	0,61	0,6	0,62

Примечание: Состояние покрытия см. примечание к таблице 27.

Частный коэффициент $K_{p.c.6}$ находят по расстоянию видимости поверхно-
сти дороги для её расчётного состояния (таблица 29), а частный коэффициент
 $K_{p.c.7}$ – по сумме неровностей покрытия проезжей части (таблица 30).

Таблица 29 – Значения частного коэффициента обеспеченности расчётной скорости, учитывающего влияние расстояния видимости

Состояние покрытия	$K_{p.c.6}$ при расстоянии видимости дороги, м					
	55	100	200	300	500	750
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
1	0,55	0,81	1,18	1,25	1,25	1,25
2	0,45	0,63	0,8	0,8	0,8	0,8
3	0,4	0,56	0,77	0,8	0,8	0,8
4	0,41	0,57	0,78	0,91	1,08	1,2
5	0,34	0,47	0,63	0,72	0,84	0,92
6	0,36	0,49	0,67	0,77	0,89	0,98
7	0,37	0,52	0,71	0,82	0,96	1,06
8	0,38	0,54	0,73	0,85	0,99	1,1
9	0,26	0,35	0,46	0,52	0,6	0,65

Примечание: Состояние покрытия см. примечание к таблице 27.

Таблица 30 – Значения частного коэффициента обеспеченности расчётной скорости, учитывающего влияние ровности покрытия

Ровность по толчкоммеру, см/км	$K_{p.c.7}$	Ровность по толчкоммеру, км/ч	$K_{p.c.7}$
<i>I</i>	2	3	4
20	1,25	200	0,4
40	1,02	250	0,35
60	0,8	300	0,31
80	0,68	350	0,28
100	0,6	400	0,26
120	0,54	600	0,21
140	0,49	800	0,18
160	0,45	1000	0,15
180	0,42		

При проектировании усиления ожидаемый частный коэффициент $K_{p.c.7}$ определяют исходя из интенсивности, прочности дорожной одежды и состава движения на конец срока между ремонтами, т. е. из числа проходов расчётного автомобиля к концу срока между ремонтами и начальной ровности покрытия (таблица 31).

Таблица 31 – Ожидаемые значения частного коэффициента обеспеченности расчётной скорости, учитывающего влияние ровности для дорожной одежды нежёсткого типа (данные Коганзона М.С.)

Приведённая к нагрузке 100 кН на ось, авт./сут.	$K_{p.c.}$ при расчётном модуле упругости дорожной одежды $E_{упр.}$, МПа								
	200	220	240	260	280	300	320	340	360
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Начальная ровность 25 см/км по толчкомеру									
100	0,78	0,85	0,9	0,94	0,98	1	1,02	1,04	1,06
200	0,56	0,66	0,74	0,8	0,84	0,88	0,91	0,94	0,96
500	0,36	0,47	0,56	0,63	0,69	0,74	0,78	0,82	0,85
700	0,26	0,36	0,45	0,52	0,6	0,65	0,7	0,74	0,77
900	0,2	0,3	0,38	0,46	0,53	0,59	0,64	0,68	0,72
1100	0,16	0,25	0,34	0,41	0,48	0,54	0,59	0,63	0,67
1300	0,14	0,22	0,3	0,37	0,44	0,5	0,55	0,6	0,64
1600	0,12	0,19	0,27	0,34	0,41	0,47	0,52	0,57	0,61
1800	0,1	0,17	0,24	0,31	0,38	0,44	0,49	0,54	0,58
Начальная ровность 42 см/км по толчкомеру									
100	0,58	0,63	0,67	0,7	0,72	0,74	0,76	0,77	0,79
200	0,42	0,49	0,55	0,59	0,63	0,65	0,68	0,7	0,71
500	0,27	0,35	0,41	0,47	0,51	0,55	0,58	0,61	0,63
700	0,19	0,27	0,34	0,38	0,44	0,48	0,52	0,55	0,57
900	0,15	0,22	0,29	0,34	0,39	0,44	0,47	0,5	0,53
1100	0,12	0,19	0,25	0,31	0,36	0,4	0,44	0,47	0,5
1300	0,1	0,16	0,22	0,28	0,33	0,37	0,41	0,44	0,47
1600	0,09	0,14	0,2	0,25	0,3	0,35	0,38	0,42	0,45
1800	0,07	0,13	0,18	0,23	0,28	0,33	0,36	0,4	0,43
Начальная ровность 50 см/км по толчкомеру									
100	0,52	0,57	0,6	0,63	0,65	0,67	0,68	0,69	0,7
200	0,37	0,44	0,49	0,53	0,56	0,59	0,61	0,62	0,64
500	0,24	0,31	0,37	0,42	0,46	0,49	0,52	0,54	0,56
700	0,17	0,24	0,3	0,34	0,4	0,43	0,46	0,49	0,51
900	0,13	0,2	0,26	0,31	0,35	0,39	0,42	0,45	0,48
1100	0,11	0,17	0,22	0,27	0,32	0,36	0,39	0,42	0,45
1300	0,09	0,14	0,2	0,25	0,29	0,33	0,37	0,4	0,42
1600	0,08	0,13	0,18	0,23	0,27	0,31	0,35	0,38	0,4
1800	0,07	0,11	0,16	0,21	0,25	0,29	0,33	0,36	0,39

Частный коэффициент $K_{p.c.8}$ определяют по коэффициенту сцепления при состоянии покрытия, которое характерно расчётному периоду года по условиям движения (таблица 32), при этом видимость поверхности принимают равной нормативной для данной категории дороги.

Таблица 32 – Значения частного коэффициента обеспеченности расчётной скорости, учитывающего влияние коэффициента сцепления покрытия с колёсами

Расстояние видимости, м	$K_{p.c.8}$ при коэффициенте сцепления покрытия φ_{20}									
	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,8
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
750	0,42	0,52	0,62	0,72	0,81	0,9	0,99	1,16	1,25	1,25
500	0,4	0,5	0,58	0,68	0,75	0,83	0,91	1,05	1,19	1,25
300	0,37	0,46	0,53	0,61	0,68	0,74	0,8	0,92	1,03	1,22
225	0,35	0,43	0,5	0,56	0,62	0,68	0,74	0,84	0,93	1,09
200	0,34	0,42	0,48	0,54	0,6	0,66	0,71	0,8	0,89	1,04
175	0,33	0,4	0,46	0,52	0,58	0,63	0,67	0,76	0,84	0,98
125	0,31	0,36	0,42	0,47	0,51	0,55	0,59	0,66	0,73	0,84
100	0,28	0,34	0,38	0,43	0,47	0,5	0,54	0,6	0,65	0,75
85	0,27	0,32	0,36	0,4	0,43	0,47	0,5	0,55	0,6	0,69
65	0,24	0,28	0,32	0,35	0,38	0,41	0,43	0,48	0,52	0,58
55	0,22	0,26	0,29	0,32	0,35	0,37	0,39	0,43	0,47	0,52
45	0,2	0,24	0,26	0,29	0,31	0,33	0,35	0,38	0,42	0,45

3.3 Схемы и принципы действия приборов и оборудования для оценки транспортно-эксплуатационных качеств дорог

Геометрические параметры дорог (радиусы кривых, длину прямых и кривых, поперечные и продольные уклоны, ширину проезжей части и земляного полотна и видимость в профиле и плане) определяют с помощью аэрофото-съёмки, передвижных лабораторий или наземного геодезического оборудования и приборов, которые применяют для паспортизации дорог [1, с. 56].

Для испытаний дорожных одежд на прочность применяют оборудование, которое позволяет осуществлять кратковременное динамическое или статическое воздействия нагрузок на дорожные конструкции. Для статического нагружения при штамповых испытаниях дорожных одежд применяют автомобили групп А и Б и прицепы любых марок, для испытания колесом автомобиля с измерением прогиба покрытия прогибомерами применяют автомобили с нагрузкой на заднюю ось 100 кН. Для штамповых испытаний дорожных одежд при-

меняют передвижные прессы, которые снабжены оборудованием, приспособленным к прицепах и автомобилям [1, с. 56].

В настоящее время штамповые испытания из-за их малой производительности выполняют только для послойного определения значения модуля упругости грунта земляного полотна и слоёв дорожной одежды. Испытания ведут на поверхности каждого слоя ступенчато с разгрузкой каждой ступени и записи восстанавливающейся деформации $\lambda_{упр.} = \frac{l_{упр.}}{D}$.

По формуле

$$E_{общ.}^i = \frac{p \cdot (1 - \mu^2)}{\lambda_{упр.}} \quad (75)$$

Определяют общий модуль упругости на поверхности испытуемого i -ого слоя, а затем на поверхности полупространства, которое подстилает данный слой. Располагая этими данными и толщиной i -ого слоя, по формуле (54) определяют модуль упругости материала этого слоя.

Испытание колесом автомобиля. Данное испытание более производительнее в сравнении со штамповыми испытаниями на прогиб покрытия колесом автомобиля. Но этими испытаниями можно получить только деформацию всей дорожной конструкции. Прогиб измеряют с помощью прогибомеров.

Прогиб покрытия измеряют на полосе наката проезжей части по центру между скатами сдвоенного колеса автомобиля. Для этого прогибомер ставят в рабочее положение на ещё ненагруженное покрытие и записывают начальное показание индикатора. Затем нагруженный автомобиль с известной нагрузкой на заднюю ось на малой скорости движется, пока измерительный стержень прогибомера не окажется в центре между шинами сдвоенного колеса. При этом положении испытательного автомобиля записывают отсчёты по индикатору через каждую минуту до полного прекращения деформации. После снятия последнего отсчёта по индикатору автомобиль на малой скорости отъезжает от испытуемого места на 20 м. С момента начала отъезда, т. е. разгрузки, происходит вос-

становление деформации, и показания индикатора изменяются. Когда восстановление деформации прекращается, записывают показание индикатора [1, с. 57].

Разность между последним отсчётом по индикатору при нагруженном покрытии и начальным указанием индикатора представляет собой полную информацию. Разность между последним показанием при нагруженном покрытии и начальным показанием характеризует остаточную деформацию. Зная полную и остаточную деформации, определяют упругий прогиб. За истинное значение обратимого прогиба принимают среднее из замеров в трёх точках испытанного участка, которые отстоят одна от другой на 6 м. Зная данные упругого прогиба, по формуле (54) определяют общий модуль упругости одежды [1, с. 57].

Для механического и высокопроизводимого испытания дорожных одежд применяют установки динамического нагружения. К ним относятся установки с падающим грузом. Схема и принцип действия этой установки следующие: груз, который сбрасывают с определённой высоты H по направляющей штанге на пружину или другое амортизирующее устройство, создаёт кратковременное усилие, действующее через штамп на испытываемую дорожную одежду. Пружина может находиться не на штампе, а быть приваренной к грузу. Подъём груза, а также штампа осуществляется ручной или механической лебёдкой. Для измерения упругой деформации применяют вибрографы, которые записывают испытания на бумажную ленту, или датчики перемещения с фиксацией деформации с помощью осциллографа. Данная установка может быть навешана на кузов автомобиля. Существуют модели, на которых груз сбрасывают не на жёсткий штамп с пружиной, а на сдвоенное колесо, одновременно являющееся амортизатором. Также разработана лаборатория для массового определения прочности нежёстких дорожных одежд.

Кратковременное усилие во всех установках с падающим грузом изменяется во времени по закону, близкому к синусоиде. Наибольшее динамическое усилие $Q_{\text{динам.}}$ и длительность нагружения $T_{\text{лит.}}$

$$Q_{\text{динам.}} = M \cdot 9,81 \cdot \frac{\overline{2 \cdot H}}{\delta} \cdot K_{\text{пот.}}; \quad (76)$$

$$K_{\text{пот.}} = 0,9;$$

$$T_{\text{лит.}} = 3,14 \cdot \frac{\overline{\delta}}{9,81} \approx 0,1 \cdot \overline{\delta}, \quad (77)$$

где M – масса падающего груза, кг;

H – высота падения груза, см;

δ – показатель, который характеризует жёсткость амортизатора и равный его деформации от статического действия груза массой M , м;

$K_{\text{пот.}}$ – коэффициент, который учитывает потери энергии при сбрасывании груза;

l – вертикальная деформация дорожной одежды от первого удара при сбрасывании, см;

l' – вертикальная деформация дорожной одежды от второго удара после подскока при сбрасывании, см.

δ определяют тарировкой амортизирующего устройства, которую проводят каждый год перед началом испытаний [1, с. 58].

Для развития кратковременного усилия $Q_{\text{динам.}}$, которое соответствует нагрузке A ($Q_{\text{динам.}} = 50000$ Н) на установке с подъёмом груза ручной лебёдкой принимают $\delta = 0,043$ см; $M = 105$ кг; $H = 100$ см. Допустимое значение $Q_{\text{динам.}} = 65000$ Н с учётом динамического коэффициента. Длительность действия нагрузки $T_{\text{действ.}} = 0,03$ с [1, с. 58].

Опытный образец установки непрерывного контроля прочности дорожных одежд позволяет измерять радиус кривизны чаши прогиба под колесом движущегося автомобиля через каждые 1,75 м. Данная установка оборудована также штампом для статистических испытаний одежд на прочность [1, с. 58].

Также разработана и изготовлена автоматизированная установка динамического нагружения с жёстким штампом, которая представляет собой серийный прицеп, на шасси которого смонтирована динамическая установка с пультом дистанционного управления процессом нагружения, подхвата груза после отскока, измерения прогиба и его записи на электронное устройство с цифровой индикацией или микропроцессор [1, с. 58].

Приборы и оборудование для оценки ровности проезжей части. По принципу действия различают приборы:

- 1) регистрирующие геометрические параметры неровностей (нивелиры, уклонометры, рейки, профиломеры, профилографы);
- 2) импульсные – измеряют колебания или перемещения отдельных элементов автомобиля (акселерометры, толчкометры);
- 3) инерционные динамически преобразующие продольный профиль дороги (динамические преобразователи продольного профиля).

По приборам первой группы имеется обширная литература. Назначение и их конструкции изложены в учебниках по эксплуатации автомобильных дорог.

Из приборов импульсного действия широко применяют толчкометр, который предложил Бируля А.К. Данный толчкометр состоит из храповой муфты, которая соединена с задним мостом автомобиля гибким тросом, намотанным на барабан, жёстко соединённый с муфтой. Второй конец троса соединён с натяжной пружиной, которая прикреплена к станине прибора на полу кузова автомобиля. При колебаниях кузова и сжатия рессор натянутый трос проворачивает барабан и муфту; это меняет показания счётного механизма. При разжатии рессоры муфта выходит из зацепления, из-за чего показания счётного механизма не изменяются. Его показания печатаются на бумажной ленте, которая прижимается к цифрам электромагнитным механизмом, включаемым в момент приезде километрового знака нажатием на кнопку и включением двух электрических двигателей. Так показания счётчика толчкометра выражают сумму прогибов, т. е. сжатия, рессоры на определённом участке пути. Следовательно, автомобиль применяется как часть прибора для определения степени относитель-

ной, а не истинной ровности проезжей части, т. к. сумма прогибов, т. е. сжатия, рессоры при проезде автомобилем данного участка зависит от нагрузки, свойств подвески автомобиля, состояния покрытия, скорости.

Толчкомеры, которые устанавливаются на автомобилях различных марок, дают различные показания. Ещё один недостаток толчкомеров в том, что по его показаниям нельзя судить о микропрофиле дороги, т. к. при одном и том же показателе толчкомера неровности могут быть равномерно рассредоточены по длине участка и иметь небольшие впадины и выступы или же сосредоточены в виде больших неровностей на коротком отрезке исследуемого участка. На этом принципе основаны электронные толчкомеры.

Более совершенны приборы инерционного действия, прицепные ровномеры. Эти приборы имеют измерительное колесо, которое пригружено тяжёлой массой, совершающей вместе с ним колебания относительно общего центра. Перемещения системы колесо-масса служат характеристикой ровности [1, с. 60].

Динамический преобразователь записывает микропрофиль покрытия косвенно: сначала регистрируются преобразованные прибором электрические сигналы от неровностей покрытия, затем эти сигналы на аналоговом спектрометре-сигнализаторе обработанным преобразованием пересчитываются в неровности микропрофиля [1, с. 60].

Рассмотрим прибор, который представляет собой одноколёсный прицеп с мягкой подвеской к автомобилю. Траектория движения рамы представляет собой линию, относительно которой определяют отклонения измерительного колеса, катящегося по поверхности. Сигнал в виде электрического напряжения, который пропорционален скорости вертикального перемещения колеса, поступает в электронный блок среднего квадратичного значения уклона неровностей, где усиливается и регистрируется. Среднее квадратичное отклонение зависит от амплитуды неровностей и является производной от продольного микропрофиля покрытия [1, с. 60].

Приборы для определения коэффициента сцепления покрытия и шины.

Эти приборы делят на две группы: непосредственного измерения коэффициентов сцепления и их косвенной оценки по данным шероховатости покрытия. К приборам для непосредственного измерения коэффициента сцепления относят различные портативные приборы, динамометрические тележки, лабораторные стенды, автомобили, которые применяют в качестве тормозной тележки. Эти приборы дают более объективные результаты, чем приборы косвенной оценки.

Динамометрическими тележками определяют коэффициент сцепления по силе тяги, которая необходима для протаскивания по покрытию резки заторможенного колеса с заданной постоянной скоростью. Силу сцепления покрытия и шины тележки при торможении её колеса P_{max} измеряют динамографом. Вертикальная нагрузка G , которую передаёт колесо на дорогу, известна, тогда $\psi = \frac{P_{max}}{G}$. В тележках таких конструкций направление усилий совпадает с плоскостью качения колеса. Эти тележки могут буксироваться легковыми автомобилями.

Установка позволяет определить при помощи тензометрического датчика коэффициент сцепления по реактивному тормозному моменту на опорном диске тормоза колеса. Для увлажнения покрытия под колесом прицепа установка снабжена ёмкостью для воды и устройством подачи её на покрытие.

Достаточно точные результаты измерений коэффициента сцепления могут быть получены навесным динамометрическим колесом.

Относительно несложным методом определения коэффициента является применение заторможенного автомобиля и измерение его тормозного пути.

Коэффициент сцепления также возможно измерить по максимальному замедлению, т. е. отрицательному ускорению. Для этого применяют деселерометр, работа которого основана на измерении силы инерции, возникающей при торможении. Для этого в приборе имеется груз – инертная масса, который способен перемещаться под действием силы инерции.

Для измерения коэффициента поперечного сцепления применяют тележки, которые воссоздают условия качения колеса при действии боковой силы и имитируют занос автомобиля без торможения.

У пешеходных переходов, на пересечениях и в других местах наиболее вероятного возникновения дорожно-транспортных происшествий скользкость дорожных покрытий оценивают малогабаритным прибором.

Портативный прибор ударного действия основан на применении энергии падающего груза для перемещения имитаторов шин, которые находятся на 12 мм выше покрытия. При падении груз ударяется о муфту, которая заставляет толкающие тяги преодолевать сопротивление пружины и вынуждать имитаторы шин скользить по покрытию. Конечное перемещение имитаторов, которое характеризует скользкость покрытия, определяют по шкале на опорной штанге [1, с. 62].

Оценка шероховатости покрытия. Для этого применяют микропрофилограф Подлиха, игольчатый прибор, метод песчаного пятна [1, с. 62].

Приборы для измерения износа покрытия. Могут применяться электрические приборы для измерения толщины слоёв в слоистых полупространствах. Например, применяют прибор стратотест, который основан на принципе отражения электромагнитных волн. При работе с таким прибором при строительстве покрытия необходимо уложить в определённых местах металлическую плёнку или фольгу между слоями одежды. Эта плёнка служит отражателем. Над местом, где уложена фольга, устанавливают прибор и включают механизм (обмотку) возбуждения. Электромагнитное поле под действием отражателя в зависимости от расстояния между ним и зондом вызывает различную силу тока, которую фиксирует индикатор. По шкале индикатора сразу определяют толщину покрытия $H_{остат}$. [1, с. 62].

3.4 Прочность и морозоустойчивость дорожной одежды. Методы определения

Оценка прочности дорожных одежд. Её выполняют инструментально или расчётом при известных данных об их конструкциях, грунтовых и гидрологических условиях. Инструментальная оценка прочности не имеет очень широкого применения из-за нехватки измерительных приборов и оборудования промышленного изготовления. Поэтому в необходимых случаях, особенно при массовых обследованиях состояния дорог, применяют расчётный метод, который состоит в том, что фактическую прочность определяют на основании данных о толщине конструктивных слоёв, их состоянии, о материалах этих слоёв, их характеристиках, о грунтах земляного полотна и условиях увлажнения. Эти данные получают при полевых обследованиях путём отбора кернов, вскрытия дорожной одежды, лабораторных испытаний материалов и грунтов и оценки их свойств по табличным данным. Зная характеристики конструктивных слоёв, грунтов и материалов, по инструкциям определяют модуль деформации дорожной конструкции или фактический модуль упругости [1, с. 63].

Оценивая прочность дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием, учитывают особенности его поведения в зависимости от температуры. В то время как покрытие наиболее напряжённо работает при умеренных температурах, грунт земляного полотна и слои одежды из зернистых и слабосвязных материалов, а также конструкция в целом испытывают большие напряжения при повышенных температурах, когда модуль упругости асфальтобетона снижается. Поэтому для расчёта асфальтобетонного покрытия на растяжение при изгибе его характеристики должны соответствовать невысоким весенним температурам. Для расчёта слоёв зернистых и слабосвязных материалов, грунта на сопротивление сдвигу и всей конструкции по упругому прогибу модуль упругости асфальтобетона должен соответствовать повышенным температурам.

Расчёт усиления дорожной одежды ведут с учётом надёжности, под которой понимают вероятность безотказной работы конструкции в течение всего периода между капитальными ремонтами.

В зависимости от уровня надёжности устанавливают минимальный коэффициент прочности к концу срока между капитальными ремонтами K_{min} , определение которого – это экономическая и техническая задача. В каждом случае решать её необходимо на основе сравнения вариантов по суммарным приведённым автотранспортным и дорожным затратам на выполнение заданного объёма перевозок.

Минимальное значение коэффициента прочности нормировано по категориям дороги (таблица 32).

Таблица 32 – Минимальный коэффициент прочности к концу периода между капитальными ремонтами

Тип одежды	Категория дороги	K_{min}
<i>I</i>	2	3
Переходный	IV и V	0,67
Облегчённый	II, III и IV	0,94
Капитальный	I, II и III	1

Дорожную одежду капитального типа считают прочной, если удовлетворяются три условия:

1. Относительный упругий прогиб одежды λ под многократным воздействием расчётной нагрузки не превышает допустимого значения $[\lambda]$, установленного с учётом развития усталостных явлений в материале

$$\lambda \leq [\lambda] \text{ или } E_{общ.} \geq E_{тр.} = \frac{p \cdot (1 - \mu)^2}{[\lambda]}, \quad (78)$$

где $\lambda = \frac{l}{D}$ - относительный прогиб;

l – фактический прогиб, см;

$[\lambda]$ – допустимый относительный прогиб дорожной одежды при данной приведённой капитальности одежды, см, и интенсивности движения.

Ограничение упругого прогиба одежды, который влияет на расшатывание структуры и развитие усталостных явлений в материалах монолитных слоёв, способствует повышению надёжности конструкции.

2. Под действием наиболее тяжёлых автомобилей в слабосвязных материалах промежуточных слоёв одежды и подстилающем грунте не достигается местное предельное равновесие по сдвигу

$$(\tau_{\text{активн. max}} + \tau_{\text{активн. вес}}) \leq [K_{\text{комплекс.}}], \quad (79)$$

Где $\tau_{\text{активн. max}}$ – максимальное активное напряжение сдвига в нижнем слое двух-слойной системы от расчётной временной нагрузки, МПа;

$\tau_{\text{активн. вес}}$ – активное напряжение сдвига от собственного веса вышележащих слоёв, МПа;

$K_{\text{комплекс.}}$ – комплексный коэффициент, который учитывает условия работы дорожной одежды и особенности конструкции.

Соблюдение этого условия предотвращает возможность образования остаточных пластических деформаций.

3. Под действием повторяющихся нагрузок от автомобилей не возникают чрезмерные растягивающие напряжения в монолитных изгибающихся слоях (грунты и материалы, которые укреплены вяжущими, асфальтобетон)

$$\sigma_r \leq [R_u]. \quad (80)$$

Данное условие гарантирует работу слоя без появления трещин, без нарушения сплошности материала.

Значения левых частей неравенств (55) и (56) зависят от модуля упругости грунтов и материалов одежды E_i , их толщины h_i , от параметров расчётного

автомобиля B_m , p и D . Левая часть неравенства (56) зависит также от угла внутреннего трения слабосвязного материала или грунта.

Значения $E_{треб.}$ для дорог общей сети не должны быть меньше указанных в таблице 34.

Таблица 34 – Минимальные значения требуемого модуля упругости

Категория дороги	N , ед./сут.		$E_{треб.}$ одежды, МПа		
	группа А	группа Б	капитальных	облегчённых	переходных
<i>I</i>	2	3	4	5	6
I	500	–	230	–	–
II	250	–	220	180	–
III	70	–	180	160	–
IV	–	70	–	125	65
V	–	50	–	100	–

Расчётную приведённую интенсивность воздействия нагрузки определяют приведением интенсивности более тяжёлых или лёгких нагрузок к расчётной с помощью формул (73) и (74).

Значения сцепления (правая часть неравенства (76)) и угла внутреннего трения φ° слабосвязных материалов и грунтов при расчётной влажности устанавливают на основании результатов их испытаний на трёхосное сжатие или на сдвиг по заданной плоскости.

Комплексный коэффициент $K_{комплекс.}$ В правой части неравенства (81) представляет собой произведение трёх частных коэффициентов

$$K_{комплекс.} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (81)$$

где k_1 – коэффициент, который учитывает снижение сопротивление грунта сдвигу под агрессивным действием колебаний, подвижных нагрузок; при длительном действии нагрузок с малой повторяемостью $k_1 = 0,9$; при расчёте на воздействие кратковременных нагрузок $k_1 = 0,6$;

k_2 – коэффициент запаса на неоднородность условий работы конструкции, который связан с технологическими и другими причинами, недоучётом неблагоприятных природных особенностей; эти факторы проявляются в тем большей мере, чем выше интенсивность движения; при интенсивности более 3000 ед./сут. $k_2 = 1,3$;

k_3 – коэффициент, который учитывает особенности работы грунта в конструкции, связанные с увеличением фактического сцепления в грунте за счёт зацепления, защемления и изменения объёма частиц.

Введением коэффициента k_3 учитывают также отличие реальных условий сопряжения слоёв на контакте от принятых при построении расчётных диаграмм. При расчёте необходимо принимать для несвязных грунтов $k_3 = 7$; для связных (супеси, глины, суглинки) $k_3 = 1,5$ [1, с. 65].

Правую часть неравенства (81) – это расчётные допустимые значения растяжения при изгибе монолитных материалов (материалов и грунтов, которые укреплены цементом или другими вяжущими, асфальтобетона, дёгтебетона), устанавливаются на основании испытаний образцов из них на изгиб.

Прочность облегчённых дорожных одежд с усовершенствованными покрытиями, эксплуатационные требования к которым высокие, также оценивают по трём критериям, но с меньшей надёжностью (таблица 35), чем капитальные одежды.

Таблица 35 – Основные показатели для назначения ремонтных работ

Показатель	Содержание	Текущий ремонт	Средний ремонт	Капитальный ремонт	Реконструкция
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Эксплуатационный коэффициент обеспеченности расчётной скорости	1	1	0,75	$\leq 0,5$	$< 0,5$
Коэффициент запаса прочности	≥ 1	≥ 1	≥ 1	< 1	< 1
Коэффициент ровности покрытия	≥ 1	≥ 1	≤ 1	если $\neq 1$	если $\neq 1$

Продолжение таблицы 35

1	2	3	4	5	6
Коэффициент сцепных качеств покрытия	≥ 1	≥ 1	< 1	если $\neq 1$	если $\neq 1$
Итоговый коэффициент аварийности	20	20	40	> 40	> 40

Для переходных типов дорожных одежд с покрытиями, периодическое выравнивание которых не сопряжено со значительными затратами (гравийные, которые обработаны жидким битумом, гравийные) допускается некоторое накопление остаточных деформаций под действием движения. Прочность этих одежд оценивают по критерию «упругий прогиб».

Испытание и оценка прочности дорожных одежд по упругому прогибу. Полевые испытания для оценки прочности одежд проводят в процессе эксплуатации, когда ровность покрытий не удовлетворяет требованиям движения или при приёмке дорог. Полевые испытания выполняют в расчётный период года методом статического нагружения колесом автомобиля или прессом, а также более производительными методами кратковременного нагружения [1, с. 65].

Между результатами испытаний одежды разными методами имеются удовлетворительные взаимосвязи. Например, между упругими прогибами дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием, которые получены при статических испытаниях колесом автомобиля с параметрами нагрузки группы А и кратковременным нагружением с применением установки динамического нагружения падающим на штамп грузом $l_{\text{динам.}}$ имеется зависимость

$$l_{\text{стат.}} = \left(0,3 \cdot \frac{h}{h_1} + 1,1\right) \cdot l_{\text{динам.}} \quad (82)$$

где $l_{\text{стат.}}$ – обратимый прогиб при статическом нагружении колесом автомобиля группы А, мм;

$l_{\text{динам.}}$ – обратимый прогиб при кратковременном нагружении, мм;

h – толщина слоёв из материалов, которые содержат органическое вяжущее;

$$h_I = 100 \text{ мм.}$$

Зависимость (58) справедлива в пределах фактических прогибов $l_{\text{динам.}}$ от 0,1 до 1 мм.

Результаты полевых испытаний, которые выполнены в разное время, приводят к сопоставимому виду. Полученные значения общего модуля упругости конструкции сопоставляют с требуемым по условиям движения. Для непрочных участков назначают мероприятия по организации движения в неблагоприятные по условиям увлажнения периоды года или рассчитывают слои усиления.

Подготовительные работы. До начала испытаний дорожной одежды изучают: результаты выполненных ранее обследований (ведомости дефектов, отчёты); данные о погодных и климатических условиях при производстве ремонтных работ (журналы производства ремонтных работ, паспорт дороги, акты приёмки работы), о видах ремонтов с указанием состояния одежды перед ремонтом, о времени проведения ремонтных работ, о технологии и объёме выполненных работ, их качествах применённых материалах и перечень мероприятий по содержанию дороги; план трассы и продольный профиль по проектной документации; данные учёта интенсивности движения и состава автомобилей за весь период эксплуатации дороги (сводные ведомости); особенности строительства дороги, включая технологию работ по журналу производства работ, климатические и погодные условия во время строительства земляного полотна и конструктивных слоёв дорожной одежды.

Затем визуально оценивают состояние земляного полотна и дорожной одежды и устанавливают размеры и виды её дефектов (таблицы 17 и 18). Одновременно нивелируют поперечные профили и поверхность стока, оценивают соответствие земляного полотна требованиям и при необходимости принимают решение об углублении дорожных канав и планировке поверхности стока.

На основании анализа документальных данных составляют сводную ведомость и разбивают дорогу на участки, которые различаются по следующим признакам:

- конструкцией дорожной одежды;
- типом местности по условиям увлажнения;
- видом грунта земляного полотна;
- типом местности по условиям увлажнения;
- технологией строительства одежды и качеством применённых при этом материалов;
- приведённой интенсивностью движения;
- состоянием проезжей части по видам дефектов [1, с. 66].

Участки не должны быть короче 0,5 км.

На участке намечают контрольную точку в месте, которое наиболее полно представляет картину внешнего состояния и конструкцию дорожной одежды на участке, и данные об этой точке заносят в сводную ведомость.

Методика испытаний. Испытания на всём протяжении и в контрольных точках участков (линейные испытания) проводят в наиболее неблагоприятный по увлажнению дорожной конструкции период года (расчётный период). На контрольных точках испытания начинают раньше, чем линейные (в начале расчётного периода). Для районов с сезонным промерзанием грунта земляного полотна начало расчётного периода $T_{нач.}$ наступает при переходе температуры воздуха весной через +5 °С. Дату перехода через +5 °С принимают по климатологическому справочнику.

Продолжительность расчётного периода

$$T_{расч.} = \frac{h}{v}, \text{ сут.} \quad (83)$$

где h – глубина промерзания грунта для II и III дорожно-климатической зоны;

v – среднесуточная скорость оттаивания плотна, которую принимают равной 1 см/сут.

Дата окончания расчётного периода

$$T_{кон.} = T_{нач.} + T_{расч.} \quad (84)$$

В южных районах, где расчётный период наибольшего ослабления одежды совпадает с зимой, испытания на контрольных точках начинают с наступлением устойчивой влажной погоды в сочетании с низкими для данного района температурами.

Для получения данных об особенностях суточного изменения прогибов (модуля упругости) дорожной конструкции на каждой контрольной точке проводят по два испытания во второй половине дня через день. При испытаниях фиксируют температуру асфальтобетонного покрытия на глубине 5 см.

Линейные испытания начинают, когда на контрольных точках заметна тенденция увеличения прогиба покрытия изо дня в день. Характерный участок делят на отрезки длиной около 1 км. На каждом отрезке проводят по 20 измерений для обеспечения наибольшей точности результатов. Если на отрезках менее 100 м отмечено резкое снижение прочности (например, густая сетка трещин, просадка), то необходимо провести 20 уточняющих испытаний в точках, которые расположены на равных расстояниях одна от другой.

Испытания на контрольных точках не прекращают и после окончания линейных испытаний, пока не станет заметной тенденция стабилизации прочности дорожной одежды. Общая длительность испытаний на контрольных точках составляет 35 дней.

Обработка результатов испытаний и оценка прочности дорожной одежды. Время испытания на контрольной точке и на характерном участке не совпадает со временем, когда температура слоёв, содержащих органическое вяжущее, равна расчётным +10 °С. Поэтому измеренные прогибы l приводят к сопоставимому по температуре виду $l(c)$

$$l_{(c)} = l \cdot K_{\theta}, \quad (85)$$

где l – измеренный прогиб;

K_{θ} – температурный коэффициент; $K_{\theta} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Значение прогиба покрытия на характерном участке линейных испытаний, которое приведено к сопоставимому виду по температуре в расчётном периоде и прочности конструкции

$$l_{\text{прогиби}} = \frac{(l_{\text{контр. с}} + t_{\text{контр.}} \cdot \sigma_{\text{контр.}}) \cdot (l_{ji} + t_{ji} \cdot \sigma_{ji})}{l_{ki}}, \quad (86)$$

где l_{ji} , $l_{\text{контр.}(c)}$ – средние значения прогибов покрытия по данным измерений в разных местах j по протяжённости характерного участка, которые выполнены в i -й день расчётного периода, и по результатам измерения прогибов на контрольной точке в разные дни расчётного периода, приведённых к сопоставимому виду по температуре $l_{\text{контр.}(c)}$;

σ_{ji} – среднее квадратичное отклонение прогибов для характерного участка;

$\sigma_{\text{контр.}}$ – среднее квадратичное отклонение прогибов для контрольной точки;

$l_{\text{контр. } i}$ – измеренный на контрольной точке прогиб в i -й день, т. е. в день линейных испытаний на участке;

i – номер дня от начала периода;

j – порядковый номер места испытаний на участке.

Общий модуль упругости дорожной одежды на данный год испытаний

$$E_i = \frac{K_i \cdot p \cdot D \cdot (1 - \mu^2)}{l_i}, \quad (87)$$

где K_i – коэффициент, который зависит от характера передачи нагрузки на покрытие:

$K_i = \frac{\pi}{4}$ – при испытаниях жёстким штампом;

$$K_i = 0,6.$$

$$p = \frac{Q_d}{F}, \quad (88)$$

где F – площадь отпечатка колеса или штампа $\left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right)$

Приведение результатов испытаний к расчётному году. Полевые испытания дорожных одежд могут быть выполнены не в расчётном году. Поэтому полученные данные не дают объективную характеристику состояния дорожной одежды и необходима корректировка. Эту корректировку осуществляют с учётом многолетних наблюдений за изменениями влажности грунта земляного полотна.

На участках обследуемой дороги с различным грунтом земляного полотна закладывают шурфы на обочине около контрольных точек и один раз в 5 дней отбирают пробы грунта из-под проезжей части, чтобы выявить изменение относительной влажности грунта. Определяют относительную влажность W земляного полотна на участке, который соответствует типичному для всего расчётного периода состоянию дорожной одежды.

Морозоустойчивость дорожных конструкций. В процессе промерзания дорожной конструкции в неблагоприятных гидрологических грунтовых условиях районов сезонного промерзания грунта происходит перемещение влаги из нижних сильно увлажнённых слоёв грунта в верхние. В верхней части земляного полотна образуются линзы и кристаллы льда, грунт разуплотняется, поэтому вспучиваются грунт и дорожная одежда. Зимнее пучение происходит неравномерно и вызывает разрушение дорожной одежды, и образование неровностей на проезжей части. При оттаивании избыточно насыщенного влагой грунта снижается его сопротивление напряжениям от временной нагрузки, это приводит к возникновению деформаций на дорогах весной. Чтобы дорожная конструкция была долговечной и надёжной, она должна быть прочной и морозо-

устойчивой. Конструкцию считают морозоустойчивой, если выполняется неравенство

$$(l_{нуч.} + l_{мз}) \leq [l], \quad (89)$$

где $l_{нуч.}$ – ожидаемое или фактическое зимнее пучение грунта земляного полотна;

$l_{мз}$ – расчётное пучение материала морозозащитного слоя;

$[l]$ – допускаемое морозное пучение, см, при котором состояние и ровность проезжей части отвечают требованиям движения:

- одежда капитального типа с цементобетонным покрытием $[l] = 3$;
- одежда капитального типа с цементобетонным сборным покрытием $[l] = 4$;
- одежда капитального типа с асфальтобетонным покрытием $[l] = 4$;
- одежда облегчённого типа с асфальтобетонным покрытием $[l] = 6$;
- одежда переходного типа $[l] = 10$ [1, с. 68].

Фактическое зимнее вспучивание $l_{нуч.}$ Определяют систематическими многолетними высотными нивелированиями проезжей части во все сезоны года. Если это невозможно выполнить, то его определяют расчётом [1, с. 68].

Фактическая толщина слоя стабильных материалов с учётом их теплотехнических свойств

$$z_{факт.1} = h_1 \cdot \varepsilon_1 + h_2 \cdot \varepsilon_2 + h_3 \cdot \varepsilon_3 + \dots + h_n \cdot \varepsilon_n, \quad (90)$$

где h_1, h_2, h_3 и h_n – толщина слоёв из стабильных материалов;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ и ε_n – эквиваленты теплотехнических свойств материалов слоёв по отношению к уплотнённому щебню [1, с. 69].

3.5 Ровность, шероховатость и сцепление

Ровность и сцепные качества покрытий определяют при приёмке дороги в эксплуатацию после среднего или капитального ремонта, строительства. В процессе эксплуатации дороги производят систематический контроль ровности и сцепления [1, с. 69].

Процесс определения ровности покрытия толчкометром состоит из трёх этапов: подготовка к измерениям, полевые измерения, обработка результатов. На первом этапе проверяют техническое состояние автомобиля; проверяют надёжность работы толчкометра, раскачивая автомобиль периодическими нажатиями на задний бампер, и берут пробные отсчёты по толчкометру; инструктируют по технике безопасности всех участников измерений; совершают 20-километровый холостой пробег, во время которого стабилизируется работа подвески испытательного автомобиля; проверяют работу спидометра [1, с. 69].

Второй этап – это полевые измерения – начинают с того, что автомобиль, который расположен в 400 м от начального створа измерений, разгоняют до постоянной скорости. В момент пересечения автомобилем этого створа нажимают на кнопку включения печатающего механизма, благодаря чему на ленте фиксируется начальный отсчёт толчкометра. При пересечении автомобилем створов, которые находятся друг от друга на расстоянии 1 км, нажатием кнопки регистрируют отсчёты толчкометра. По разности отсчётов на смежных километрах определяют ровность на каждом километре. Проводя измерения, водитель сохраняет постоянными траекторию движения автомобиля и его скорость в пределах испытываемого участка.

На третьем этапе – камеральная обработка результатов измерений – вычисляют средние значения ровности на каждом километре и строят график [1, с. 69].

Шероховатость, сцепление и определение коэффициента скользкости. Шероховатость покрытия – косвенную характеристику сцепления – с применением микропрофилографа или игольчатого прибора оценивают по средней вы-

соте выступов, среднему расстоянию между вершинами и углами при вершине выступов. Средняя высота выступов – это средняя арифметическая между суммой высот пяти наиболее высоких выступов и суммой глубин пяти самых глубоких впадин между выступами [1, с. 69].

Расстояние между выступами вычисляют как среднее арифметическое из замеренных на профиле размеров. Участники для измерений шероховатости покрытия намечают при визуальном изучении при проезде по дороге на автомобиле с малой скоростью с остановками. Во время этого проезда отмечают границы участков с однотипными поверхностями покрытиями. В границах каждого участка визуальным образом определяют места примерно с одинаковой шероховатостью. На каждом месте намечают не менее трёх створов на расстоянии 10 м друг от друга и в пределах каждого выполняют не менее трёх измерений на наружной и внутренней полосах наката и на середине проезжей части. Микропрофилографом измеряют шероховатость в каждом месте два раза: один раз при установке прибора вдоль оси дороги, второй раз – перпендикулярно к ней. Измерительное колесо должно быть оборудовано шиной размером 13 с внутренним давлением воздуха 0,17 МПа и иметь протектор без рисунка. Вертикальная нагрузка на измерительное колесо должна составлять 2,9 кН. В момент измерения коэффициента сцепления толщина водной плёнки на покрытии должна быть не менее 1 мм.

Коэффициент сцепления определяют в три этапа: визуальный осмотр поверхности покрытия, оценка состояния поверхности покрытия, регистрация границ участков с однородными покрытиями, выбор мест измерения, выбор мероприятий по обеспечению безопасности измерений; подготовка автомобиля и прибора к проведению измерений; измерения намеченных на первом этапе участков [1, с. 71].

Проводя измерения коэффициента сцепления, фиксируют температуру воздуха и получаемые значения приводят к расчётной температуре +20 °С, вводя поправку (таблица 36).

Таблица 36 – Поправки к расчётной температуре воздуха [1, с. 71]

Температура воздуха, °С	Поправка
<i>1</i>	<i>2</i>
0	-0,06
+5	-0,04
+10	-0,03
+15	-0,02
+20	0
+25	+0,01
+30	+0,01
+35	+0,02
+40	+0,02

На каждом участке производят не менее трёх измерений. За коэффициент сцепления принимают среднее арифметическое измерений [1, с. 71].

3.6 Истирание и определение коэффициента изношенности покрытия

Различают деформации покрытия из-за недостаточной прочности и морозоустойчивости дорожной конструкции, и деформации, которые зависят от сдвигоустойчивости и износоустойчивости покрытия при морозоустойчивой и прочной конструкции [1, с. 72].

Износ – это процесс уменьшения толщины покрытия из-за потери материала под действием природных факторов и движения транспортных средств [1, с. 72].

Измерение износа с применением износомера и реперов. Износ асфальтобетонных, цементобетонных и других монолитных покрытий в долях миллиметра измеряют при помощи износомера и реперов. При этом способе в покрытие закладывают реперы-стаканчики из латуни. Дно стаканчика служит поверхностью, от которой выполняют расчёт при определённом для данного репера положении стрелки компаса. Во избежание засорения стаканчики закрывают резиновыми пробками. Износ покрытия определяют разностью значений произведённого в данный момент и предыдущего замеров [1, с. 73].

Износ определяют также с помощью пластин (марки) в форме трапеции, выполненные из мягкого металла или известняка, которые заделывают в покрытие, и они истираются вместе с ним. Полуразность между длиной ребра пластины l_1 на поверхности покрытия, измеренной после истирания, и первоначальной длиной l и характеризует износ.

Истирание покрытия за заданный отрезок времени

$$h_{\text{покр.}} = h - h_{\text{ост.}},$$

где h – первоначальная толщина покрытия;

$h_{\text{ост.}}$ – оставшаяся толщина покрытия [1, с. 73].

Определение износа покрытий расчётом. Среднее значение уменьшения толщины покрытия в год из-за износа

$$h = a + b \cdot V \text{ или } h = a + \frac{b \cdot N}{1000}, \quad (91)$$

где a – параметр, который зависит от климатических условий и погодоустойчивости покрытия [1, с. 73] (таблица 37).

Таблица 37 – Значения параметров a и b и предельно допустимого износа покрытия

Покрытия	a , мм	b , мм/млн. т брутто	$h_{\text{ост.}}$, мм, с учётом неравномерности истирания
l	2	3	4
асфальтобетонные	0,6	0,55	10
гравийные и щебёночные, обработанные вязкими органическими вяжущими, восстанавливаемые одиночной поверхностной обработкой	2,8	6	12
гравийные и щебёночные, обработанные вязкими органическими вяжущими, восстанавливаемые двойной поверхностной обработкой	2,7	5,5	25
щебёночные из слабопрочного камня	6,5	25	50
щебёночные из прочного камня	5,5	20	40

Продолжение таблицы 37

<i>l</i>	2	3	4
гравийные из слабопрочного гравия	60	30	70
гравийные из прочного гравия	4	22	50

b – показатель, который зависит от прочности материала покрытия, степени его увлажнения, скорости и состава движения (таблица 35);

B – грузонапряжённость, млн. т брутто в год;

$N = 0,001 \cdot B$ – интенсивность движения, авт./сут.

Износ покрытия за *T* лет с учётом изменения интенсивности и состава движения в перспективе по геометрической прогрессии

$$h_T = a \cdot T + \frac{b \cdot N_1}{1000} \cdot \frac{(k \cdot q_1)^T - 1}{k \cdot q_1 - 1}, \quad (92)$$

где N_1 – интенсивность движения в исходном году, авт./сут.;

$k = 1,07$ – коэффициент, который учитывает изменения в составе движения;

$q_1 = 1,1$ – показатель ежегодного роста интенсивности движения.

3.7 Оценка ровности покрытия автомобильных дорог универсальной трехметровой рейкой

Для обеспечения безопасного движения автомобилей с расчетными скоростями и заданным уровнем комфортности поверхность покрытия автомобильной дороги должна обладать устойчивой во времени ровностью. Покрытие не должно иметь таких неровностей, которые могли бы вызвать скопления воды. Во время укладки смеси и её укатки контролируется ровность укладываемого слоя, как в поперечном, так и в продольном направлениях.

Ровность дорожного покрытия – качество дороги, определяемое наличием на ней неровностей, вызывающих колебания колес и кузова транспортных средств.

Детальный контроль ровности поверхности основания или покрытия на выбранных захватках следует вести путем измерения просветов под трёхметровой рейкой.

Кроме этого, дополнительно измеряются продольные и поперечные уклоны рейкой с уровнем. Этот традиционно применяемый способ.

Рейка – это приспособление в виде жёсткого прямолинейного стержня, который прикладывают к поверхности основания (покрытия) дороги (аэродрома) с целью выявления просветов между стержнем и поверхностью. Просвет под рейкой – зазор между нижней гранью рейки и поверхностью основания (покрытия) дороги (аэродрома). Клиновой промерник – это приспособление в виде клина, на одной из граней которого нанесены деления для определения величины просвета под рейкой.

Измерения просветов под трёхметровой рейкой с помощью клина (промерника) следует производить в пяти контрольных точках, расположенных на расстоянии 0,5 м от концов рейки и друг от друга. На крайних точках рейки измерения не производятся.

Детальные измерения ровности следует производить по оси дороги и на расстоянии 0,5 – 1,0 м от каждой кромки покрытия или края полосы движения. На каждой захватке следует произвести: – 100 – 130 измерений просветов (25 – 30 приложений рейки) или непрерывную графическую запись неровностей; – 80 – 100 измерений поперечных уклонов рейкой с уровнем (25 – 30 измерений для захваток длиной 100 – 150 м); – определение вертикальных абсолютных или относительных отметок путем нивелирования с шагом 5 м.

При замерах трёхметровой рейкой ровность покрытия должна отвечать следующим требованиям: – 96 % значений просветов не должно превышать 3 мм; – остальные 4 % значений просветов не должны превышать 6 мм; – в одном приложении не должно быть двух значений просветов более 3 мм.

В последнее время из-за относительно низкой производительности рассматриваемого способа в международных стандартах всё шире используются методы оценки ровности по «международному индексу ровности (IRI)» и по

«спектральной плотности дисперсии отклонений вертикальных отметок». В качестве интегральной оценки ровности дорожного покрытия вводится международный индекс ровности, значения которого позволяют пересчитать показатели по прибору ПКРС в показатели IRI. Однако, даже при использовании этих современных методов, на дорогах, улицах, где затруднено цифровое измерение, ровность поверхности измеряют рейкой.

На основании данных журнала измерения (см. пример) и СП «Автомобильные дороги» даётся заключение (вывод) о ровности проверяемого участка.

Журнал (пример заполнения)

определения ровности покрытия трёхметровой рейкой на дороге

Тип покрытия – усовершенствованный капитальный

Ширина проезжей части – 7.0 м

Состояние покрытия – сухое, чистое

Время проведения измерений: год 2017 число 24.06 день недели пятница, часы с 14:30 до 16:00 ч.

Место замеров	№ № замеров	Величина неровностей, см, в пределах меток на рейке					Количество неровностей, шт.	Суммарная величина, см	Наибольший просвет
		0,5	1	1,5	2,0	2,5			
Участок № 1 L = 300м	1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0	0,5	0,7
	2	0,5	0,7	0,5	0,5	0,0	0	2,2	
	3	0,5	0,5	0,7	0,5	0,0	0	2,2	
	1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0	0,5	0,5
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	
	3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,5	

4 Система мероприятий по ремонту и содержанию дорог

4.1 Классификация и состав работ

Классификация работ по ремонту и содержанию дорог в зависимости от характера, периодичности и размеров выполнения включает четыре комплекса мероприятий:

- содержание дороги;
- текущий ремонт;
- капитальный ремонт.

К содержанию относят работы по поддержанию дорог в порядке и чистоте.

В каждый период года содержание имеет свои особенности, которые обусловлены воздействием природных факторов на дорогу в данный период.

К текущему ремонту относят работы, которые выполняют в порядке предупреждения и неотложного устранения небольших деформаций и повреждений дорог и их сооружений, а также периодически выполняемые работы по возмещению изношенного покрытия и улучшению его эксплуатационных качеств – коэффициентов ровности и скользкости в соответствии с растущими интенсивностью и составом движения. Ремонт производят в соответствии с данными ведомостей дефектов, а технически сложные работы – по отдельным проектам.

К капитальному ремонту относят периодически выполняемые работы по повышению транспортно-эксплуатационных характеристик дороги и, в частности, увеличению прочности сооружений и дорожной одежды в пределах норм, которые установлены для данной категории дороги, замене её изношенных элементов, в соответствии с требованиями растущего движения.

Состав основных работ по отдельным видам ремонта и содержания дорожных одежд приведён в таблице 38.

Таблица 38 – Классификация и состав основных работ по ремонту и содержанию дорог

Классификация работ	Покрытия	Состав основных работ
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Капитальный ремонт дороги	<p>1. Грунтовые дороги.</p> <p>2. Улучшенные грунтовые дороги.</p> <p>3. Гравийные и щебёночные покрытия.</p> <p>4. Гравийные и щебёночные покрытия из материала, обработанного вяжущим материалом.</p> <p>5. Асфальтобетонные покрытия.</p> <p>6. Цементобетонные покрытия.</p>	<p>1. Полное восстановление профиля, профилирование с устройством твёрдых покрытий на труднопроезжаемых участках в низинах, на крутых уклонах, в населённых пунктах с россыпью укрепляющих добавок до 500 м³ на километр.</p> <p>2. Строительство покрытия и основания из грунта, обработанного различными вяжущими материалами; россыпь гравия, ракушечника, металлургических и топочных шлаков, дресвы, укрепляющих добавок с обработкой верхнего слоя вяжущим материалом.</p> <p>3. Перестройка, уширение и утолщение одежды без поверхностной обработки покрытия или с ней; утолщение одежды гравием или щебнем, обработанным дёгтем или битумом, с перестройкой или усилением основания.</p> <p>4. Укладка асфальтобетона на одежду, используемую в качестве основания; утолщение или укладка нового верхнего слоя покрытия из материала, обработанного дёгтем или битумом, с усилением или перестройкой основания.</p> <p>5. Уширение дорожной одежды; усиление и замена нижнего и верхнего слоёв асфальтобетона, в необходимых случаях с усилением и перестройкой основания на слабых и пучинистых участках.</p> <p>6. Уширение дорожной одежды; строительство цементобетонного или асфальтобетонного покрытия.</p>

Продолжение таблицы 38

1	2	3
Текущий ремонт дороги	<p>1. Грунтовые дороги.</p> <p>2. Булыжные мостовые.</p> <p>3. Гравийные и щебёночные покрытия.</p> <p>4. Гравийные и щебёночные покрытия, обработанные органическими вяжущими материалами.</p> <p>5. Асфальтобетонные покрытия.</p> <p>6. Цементобетонные покрытия.</p>	<p>1. Ремонтная выравнивающая профилировка с россыпью укрепляющих добавок до 300 м³ на километр.</p> <p>2. Перемощение отдельных участков, устройство поверхностной обработки.</p> <p>3. Двойная или одиночная поверхностная обработка; ремонтная выравнивающая профилировка с добавлением гравия или щебня.</p> <p>4. Двойная или одиночная поверхностная обработка.</p> <p>5. Укладка отдельными участками верхнего слоя асфальтобетона и поверхностная обработка.</p> <p>6. Укладка в отдельных местах протяжённостью до 200 м выравнивающего асфальтобетонного слоя; Выравнивание плит, исправление швов, замена пришедших в негодность плит.</p>
	<p>1. Гравийные и щебёночные покрытия.</p> <p>2. Все типы дорожных покрытий и одежд.</p>	<p>1. Россыпь высевок и мелкого гравия, включая обработанные дёгтевыми и битумными материалами.</p> <p>2. Профилировка гравийных и грунтовых дорог; заделка ям, выбоин, трещин, колея (ямочный, ямочно-колеяный ремонт, ремонт картами), исправление бордюров и кромок, устранение просадок.</p>
Содержание дороги	<p>1. Разметка проезжей части.</p> <p>2. Обеспечение проезда на слабых и пучинистых участках.</p> <p>3. Устранение скользкости и гололедицы покрытия.</p> <p>4. Гравийные и грунтовые покрытия, тракторные пути.</p> <p>5. Гравийные и щебёночные покрытия.</p> <p>6. Все виды покрытий.</p>	<p>1. Нанесение направляющих линий.</p> <p>2. Содержание объездов, заделка и закрытие воздушных воронок, проведение аварийных и внеочередных работ, связанных с пучинистыми участками.</p> <p>3. Посыпка песком, противогололёдными материалами.</p> <p>4. Утюжка.</p> <p>5. Наметание высевок и мелкого гравия, необработанных или обработанных дёгтевыми и битумными материалами.</p> <p>6. Обеспыливание водой и уборка катуна, очистка от грязи, льда, снега и пыли.</p>

4.2 Межремонтные сроки службы дорожных одежд и покрытий

Срок службы дороги – это период, за который автомобильная дорога приходит в состояние, когда износ и ежегодные разрушения увеличиваются настолько, что становится экономически невыгодным или технически невозможным поддерживать её в нормальном для движения состоянии. Характерными показателями долговечности дорожной конструкции являются межремонтные сроки службы дорожных покрытий и одежд.

Межремонтные сроки – это период от момента сдачи дороги в эксплуатацию до первого среднего или капитального ремонта, а также период между двумя смежными средними или капитальными ремонтами в процессе эксплуатации.

Продолжительность срока службы дорожной одежды между капитальными ремонтами определяют исходя из неизбежного снижения в процессе эксплуатации дороги коэффициента прочности одежды из-за увеличения интенсивности движения, повышения грузоподъемности автомобилей, воздействия природных факторов, которые ухудшают состояние проезжей части. Для назначения капитального ремонта критерием служит состояние, при котором прочность дорожной одежды мала настолько, что становится неэкономичным и невозможным поддерживать эксплуатационные качества на требуемом уровне только средними и текущими ремонтами. Опыт службы дорожных одежд с различными типами покрытия и технические и экономические расчёты показывают, что потребность в капитальном ремонте возникает, когда коэффициент прочности одежды снижается до значений, указанных в таблице 39.

Таблица 39 – Значения коэффициента запаса прочности дорожной одежды, при которых требуется капитальный ремонт

Категория дороги	Материал покрытия	Коэффициент запаса прочности одежды к концу межремонтного срока $K_T = K_{min}$
1	2	3
I и II	Асфальтобетон I марки Асфальтобетон II марки	1 0,94
III	Асфальтобетон III марки; дёгтебетон; каменные материалы, обработанные вязким битумом, битумной эмульсией, битумной эмульсией и цементом	0,9
	Каменные материалы, обработанные вязким битумом по способу полупропитки	0,85
	Каменные материалы, обработанные органическим вяжущим способом смешения на дороге; гравийные и щебёночные покрытия с поверхностной обработкой	0,8
IV	Покрытия из щебня прочных пород, устраиваемые по способу заклинки; покрытия из малопрочных каменных материалов, укрепленных вяжущими материалами; покрытия из гравия прочных пород	0,6
V	Щебёночно-гравийно-песчаные смеси; малопрочные каменные материалы; грунты, укрепленные местными малоактивными веществами; грунты, улучшенные местными материалами; шлаки	0,6

Формулы для определения срока службы дорожных одежд между капитальными ремонтами:

1) межремонтный срок для облегченных и капитальных дорожных одежд с монолитными покрытиями I, II, III и частично IV категорий дорог, прочность которых рассчитана по сопротивлению растяжению при изгибе.

$$T_{изгиб} = 1 + \frac{\lg\left(\frac{K_{износ1}}{K_{износT}}\right)}{c + n \cdot \lg q}; \quad (93)$$

2) межремонтный срок для переходных и облегченных дорожных одежд IV и V категорий дорог, прочность которых рассчитана по упругому прогибу

$$T_{\text{упруг.}} = 1 + \frac{\frac{K_{\text{упруг.1}}}{\eta \cdot K_{\text{упруг.T}}} - 1 \cdot \lg(10 aN_1)}{\lg q}. \quad (94)$$

где $K_{\text{износ1}}$ и $K_{\text{упруг.1}}$ – коэффициенты запаса прочности одежды в первом году службы перед капитальным ремонтом;

$K_{\text{износT}}$ и $K_{\text{упруг.T}}$ – коэффициенты запаса прочности одежды в последнем T-ом году службы перед капитальным ремонтом;

c – коэффициент, который учитывает снижение прочности одежды из-за старения органического вяжущего материала; $c = 0,004$;

n – показатель, который учитывает усталостные явления в асфальтобетоне при его многократном нагружении; $n = 0,2$;

q – показатель ежегодного роста интенсивности движения по геометрической прогрессии;

d – коэффициент, который учитывает число проходов транспортных средств по одному следу в зависимости от числа полос движения и ширины проезжей части;

N_1 – интенсивность грузового движения в первом году службы, авт./сут.;

η – коэффициент, который учитывает ухудшение состояния одежды, развитие деформаций в процессе эксплуатации, способствующее усилению динамического воздействия транспортных средств

$$\eta = 1,07 \cdot \frac{t-1}{5}, \quad (95)$$

где $t = 10$ лет – для облегчённых одежд; $t = 15$ лет – для капитальных.

Срок службы дорожного покрытия между средними ремонтами определяют исходя из неравномерного износа, истирания покрытия и ухудшения его ровности под действием колёс транспортных средств. Продолжительность срока между средними ремонтами

$$T = \frac{h_{\text{ост.}}}{a} - \frac{b \cdot N_1}{1000 \cdot a} \cdot \frac{q_0^T}{q_0 - 1}, \quad (96)$$

где N_1 – интенсивность движения в год ввода дороги в эксплуатацию или после среднего ремонта;

$h_{\text{ост.}}$ – допустимый износ (см. таблицу 39);

a и b – параметры, значения которых приведены в таблице 38;

$$q_0 = 1,03 \cdot q_1.$$

Формула (63) действительная для дорожных одежд, у которых $K_{np.} > 0,95$.

Срок службы покрытия между средними ремонтами, который определяют по потере шероховатости, зависит от интенсивности и состава движения по дороге, способности каменного материала, образующего шероховатую поверхность, противостоять шлифующему действию шин. Применяемые в настоящее время материалы обеспечивают срок службы шероховатой поверхности покрытий на дорогах I, II и III категорий 3 года [1, с. 77].

По формулам (94), (95) и (96) с учётом данных опыта и таблицы 38 получены значения технически целесообразных межремонтных сроков службы покрытий и одежд (таблицы 40 и 41).

Таблица 40 – Межремонтные сроки службы дорожных покрытий и одежд

Дорожная одежда и покрытие	Категория дороги	Начальная приведённая к расчётному автомобилю интенсивность движения, авт./сут.	Сроки между ремонтом, годы, при q , равном					
			1,05		1,1		1,15	
			капитальным	средним	капитальным	средним	капитальным	средним
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дорожные одежды переходного типа								
Мостовые из колото-го и булыжно-го камня	IV и V	50	18	9	16	8	-	-
		100	16	8	14	7	-	-
		200	14	7	12	6	-	-

Продолжение таблицы 40

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
Грунт, укрепленный вяжущими материалами	V	50 100	4 5	3 2	- -	- -	- -	- -
Малопрочные каменные материалы, укрепленные вяжущими материалами	IV	100 200 500	8 6 5	4 3 2	6 5 4	3 2 2	5 4 3	3 2 2
Гравий, уложенный по способу заклинки	IV	100 200	6 4	3 2	5 3	2 2	- -	- -
Щебень прочных пород, уложенный по способу заклинки	IV	100 200 500	8 6 5	4 3 2	6 5 4	3 3 2	5 4 3	3 2 2
Дорожные одежды облегченного типа								
Гравий, щебень с поверхностной обработкой	IV	100 200 500	10 9 7	4 2 2	8 7 6	3 2 2	7 6 5	3 2 1
Каменные материалы, обработанные органическим вяжущим материалом способом смешивания на дороге	IV	100 200 500	12 10 8	5 4 3	9 8 7	4 4 3	8 7 6	3 3 2
Каменные материалы, обработанные битумной эмульсией с цементом	III	500 750 1500	15 13 10	8 7 5	11 9 7	6 5 4	9 7 6	5 4 3
Каменные материалы, обработанные битумной эмульсией	III	500 750 1500	15 13 10	7 6 5	11 9 7	6 5 4	9 7 6	5 4 3
Чёрный щебень, уложенный по способу заклинки	III	500 750 1500	15 13 10	7 6 5	11 9 7	6 5 4	9 7 6	5 4 3
Каменные материалы, обработанные вязким битумом по способу полупропитки	IV	100 500 750	10 8 7	5 4 3	8 7 6	4 3 3	7 6 5	3 3 2
Каменные материалы, обработанные вязким битумом по способу пропитки	III	500 750 1500	15 13 10	8 6 5	11 9 7	6 5 4	9 7 6	4 3 2
Дёгтебетон	IV	100 500 750	13 11 8	7 6 5	10 8 6	5 4 3	8 6 5	4 3 2
Дёгтебетон	III	500 750 1500	131 11 8	7 6 5	10 8 6	5 4 3	8 6 5	4 3 2
Асфальтобетон III марки	III	500 750 1500	15 13 10	8 6 5	11 9 7	6 5 4	9 7 6	4 3 2

Продолжение таблицы 40

<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
Дорожные одежды капитального типа								
Асфальтобетон II марки	III	500	17	9	13	7	10	4
		750	15	7	11	6	9	3
		1500	13	5	9	5	8	2
Асфальтобетон I марки	I и II	1000	16	8	12	6	10	5
		3000	14	6	10	5	8	4
		5000	12	4	9	4	7	3
Цементобетон	I и II	1000	25	12	23	11	20	10
		3000	23	11	20	10	18	9
		5000	20	10	18	9	16	8

Таблица 41 – Межремонтные нормы для дорог

Нормативная интенсивность движения, авт./сут.	Категория дороги	Тип нежесткой дороги	Уровень надёжности одежды к концу межремонтного периода	Срок службы одежды до капитального ремонта, годы
<i>1</i>	2	3	4	5
< 200	V	Переходный Низший	0,65	3
				2
от 200 до 500	IV	Переходный	0,82	3
от 500 до 1000	III	Облегченный	0,87	9
< 3000	III	Облегченный	0,88	12
> 1000	III	Капитальный	0,92	13
< 7000	II	Капитальный	0,94	13
> 3000	II	Капитальный	0,94	13
> 7000	I	Капитальный	0,95	16

При перспективном планировании среднего и капитального ремонта нет необходимости в разделении сроков между ремонтами.

На дорогах с облегченными и капитальными одеждами сроки между средними ремонтами в зависимости от интенсивности движения на полосе в первый год после строительства; среднего и капитального ремонта составляют:

2 года при интенсивности движения	более 6501	авт./сут.
3 года при интенсивности движения	от 4501 до 6500	авт./сут.
4 года при интенсивности движения	от 2501 до 4500	авт./сут.
6 лет при интенсивности движения	от 1501 до 2500	авт./сут.
8 лет при интенсивности движения	до 1500	авт./сут.

Работоспособность дороги и дорожной одежды – это важный технико-экономический показатель, который характеризует полезную работу за время её службы.

Полная работоспособность дороги и дорожной одежды – это количество тонн брутто груза, которые пропущены за период от сдачи дорог в эксплуатацию до капитального ремонта или между капитальными ремонтами.

Частичная работоспособность дороги и покрытия – это количество тонн брутто груза, которые пропущены за период от сдачи дороги в эксплуатацию до среднего ремонта или между средними ремонтами.

Между межремонтным сроком службы T и работоспособностью P имеется зависимость [1, с. 79]

$$P = T \cdot B. \quad (97)$$

Зная межремонтный срок T и среднегодовую грузонапряжённость B , можно определить работоспособность. Для определения работоспособности по грузонапряжённости в исходном году B_1 и данным о ежегодном росте интенсивности движения по геометрической прогрессии q можно применять формулу

$$\frac{P}{B_1} = \frac{(q^T - 1)}{q - 1}. \quad (98)$$

Значения работоспособности применительно к проезжей части шириной 7 м при постоянном составе и интенсивности движения даны в таблице 42.

Таблица 42 – Полная и частичная работоспособности, млн. т брутто

Дорожная одежда и покрытие	Полная для дорожной одежды	Частичная для покрытия
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Грунтовое, обработанное битумом	0,8	0,3
Гравийное необработанное	1,2	0,6
Гравийное из материалов, обработанных органическими вяжущими материалами	5	2

Продолжение таблицы 42

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Щебёночное из материалов, обработанных органическими вяжущими материалами	7,5	2,5
Асфальтобетонное на мостовой	25	6
Асфальтобетонное на щебёночном и цементобетонном основаниях	40	10
Цементобетонное	80	20

4.3 Принципы планирования работ

В основу планирования ремонтных работ положена оценка прочности в состоянии дорожной одежды.

Характер и вид ремонтных работ назначают на основе сопоставления фактических значений состояния проезжей части с предельными, руководствуясь рекомендациями таблицы 41.

Капитальный ремонт может потребоваться также при недостаточно морозоустойчивых конструкциях из-за образования значительных деформаций одежды от неравномерного вспучивания. Условием, при котором потребуется капитальный ремонт, является неравенство $K_{му} < 1$.

Когда на отдельных участках фактическая интенсивность становится выше нормативной для дороги данной категории, возникает необходимость в реконструкции. Планируя на ближайшие два года реконструкцию, капитальный ремонт не выполняют. При совпадении сроков среднего и капитального ремонтов первый не планируют и не выполняют. В год проведения капитального или среднего ремонта ограничивают объём работ по текущему ремонту.

Состояние дорожной одежды устанавливают по следующим признакам. К дорожным одеждам в нормальном состоянии относят одежды с малоизношенными покрытиями, которые обеспечивают движение с расчётной скоростью, установленной для дороги данной категории, и имеющими достаточную прочность, т. е. коэффициент запаса прочности $K_{прочн.} \geq 1$.

К непрочным относят одежды с изношенными покрытиями, которые не обеспечивают проезд транспортных средств со скоростями, установленными для дороги данной категории, и не обладают достаточной прочностью:

- для дорог I, II и III категорий $1 > K_{проч.} > 0,8$;
- для дорог IV и V категорий $0,9 > K_{проч.} > 0,65$ [1, с. 79].

Для визуальной оценки ровности покрытия и прочности дорожной одежды по виду разрушений и деформаций применяют балльную шкалу:

I балл – поперечный профиль сохранился, поверхность проезжей части ровная. Нет деформаций, которые характерны для недостаточно прочной конструкции. Скорость движения не ограничивается.

II балла – поперечный профиль в ряде мест искажён. Могут быть отдельные неглубокие просадки по полосам наката с характерной для покрытий сеткой трещин с малыми ячейками. При проезде нагруженных автомобилей одежда слегка прогибается без образования остаточных деформаций.

III балла – значительные неровности и искажения поперечного профиля из-за недостаточной прочности дорожной одежды. При проезде гружёного автомобиля одежда сильно деформируется, появляется «зыбь». Могут быть проломы.

К асфальтобетонным покрытиям применяют следующую шкалу:

1 балл (состояния отличное) – покрытие ровное, плотное, шероховатое, без волн, трещин и других заметных деформаций.

2 балла (состояние хорошее) – покрытие ровное, плотное, могут быть редкие поперечные трещины или небольшое количество других деформаций, которые не отражаются на условиях движения автомобилей.

3 балла (состояние удовлетворительное) – на покрытии имеются небольшие неровности, редко расположенные крупные трещины или незначительное число других деформаций.

4 балла (состояние неудовлетворительное) – на покрытии наплывы, волны, вмятины, крупные поперечные, продольные косые трещины, выкрашивание, выбоины.

Подобная оценка позволяет предварительно судить о необходимости и очерёдности проведения тех или иных ремонтных мероприятий.

Чем ниже коэффициент прочности одежды, тем больше возникает на проезжей части разрушений и деформаций, уменьшается уровень надёжности одежды, быстрее ухудшаются эксплуатационные качества покрытия, сокращаются межремонтные сроки и увеличиваются затраты на ремонт.

Надёжность – это вероятность безотказной работы конструкции в течение всего периода между капитальными ремонтами дорожной одежды, который установлен нормами или определён по формуле (91) или (22). Отказ – это состояние дорожной одежды и соответствующее ему значение коэффициента запаса прочности, при котором необходим капитальный ремонт (таблица 43).

Таблица 43 – Основные показатели для назначения ремонтных работ [1, с. 80]

Показатель	Содержание	Текущий ремонт	Средний ремонт	Капитальный ремонт	Реконструкция
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Эксплуатационный коэффициент обеспеченности расчётной скорости	1	1	0,75	$\leq 0,5$	$< 0,5$
Коэффициент запаса прочности	≥ 1	≥ 1	≥ 1	< 1	< 1
Коэффициент ровности покрытия	≥ 1	≥ 1	≤ 1	≈ 1	≈ 1
Коэффициент сцепных качеств покрытия	≥ 1	≥ 1	< 1	≈ 1	≈ 1
Итоговый коэффициент аварийности, кроме дорог в горной местности	20	20	40	> 40	> 40

Примечание: Курсивом выделены значения, при которых данный вид ремонта выполняются независимо от других показателей.

Для оценки прочности дорожных одежд и расчёта усиления методом трёх критериев количественным показателем служит фактический или ожидаемый уровень надёжности K_H – это отношение протяжённости не требующих капи-

тального ремонта участка к общей протяжённости участка с данным значением коэффициента запаса прочности при соответствующих коэффициентах вариаций «прочности» и «нагрузки», которые являются функциями случайных характеристик. Функция «прочности» характеризует допустимые значения прочностных показателей или деформаций, а функция «нагрузки» – деформации или напряжения в опасных местах, которые возникают при воздействии нагрузок от транспортных средств.

Чтобы оперативнее проектировать усиление дорожной одежды, допустимый уровень надёжности K_H нормирован по категориям дорог и капитальности одежды (таблица 44).

Таблица 44 – Допустимый уровень надёжности дорожной одежды к концу межремонтного срока

Тип одежды	Категории дороги	K_H
<i>I</i>	2	3
Переходный	IV и V	0,6
Облегчённый	III и IV	0,85
Капитальный	I и II	0,95
	III	0,9

Ожидаемый уровень надёжности связан с коэффициентом запаса прочности одежды. Связь между коэффициентом запаса прочности K_{II} и уровнем надёжности K_H . Формула этой связи имеет вид

$$K_H = 0,5 \cdot [1 + \Phi \cdot (\frac{m \cdot K_{II} - 1}{\vartheta_{II}^2 \cdot m^2 \cdot K_{II}^2 + \vartheta_{II}^2})], \quad (99)$$

где Φ – интеграл вероятности;

m – коэффициент, который характеризует скрытый запас прочности конструкции, определяемой расчётом по тому или иному критерию;

K_{II} – коэффициент запаса прочности, который определяют по формулам (9), (10) и (11);

ϑ_{II} – коэффициент вариации случайной функции «прочности»;

ϑ_H – коэффициент вариации случайной функции «нагрузки» [1, с. 85].

Получаемый по формуле (99) уровень надёжности относят к заданному рассматриваемому году, в котором определён испытаниями или расчётом коэффициент запаса прочности. В процессе эксплуатации дороги уменьшается коэффициент запаса прочности и уровень надёжности [1, с. 81].

Для прогнозирования эксплуатационного уровня надёжности в любой t -й год после испытания дорожной одежды необходимо располагать данными о коэффициенте запаса прочности одежды, который получен по результатам испытаний, сведениями об интенсивности движения в первом году и о показателе её ежегодного роста. В этом случае коэффициент запаса прочности в t -м году

$$K_{usz.t} = \frac{K_{изг.1}}{a_1^{t-1} \cdot q^{n \cdot (t-1)}} = \frac{R_{изг.1}}{\sigma_{r1} \cdot a_1^{t-1} \cdot q^{n \cdot (t-1)}}; \quad (100)$$

$$K_{ynp.t} = \frac{K_{ynp.1}}{\eta \cdot [1 + t - 1 \cdot \frac{\lg q}{\lg(10 a N_1)}]} = \frac{E_{общ.1}}{E_{треб.1} \cdot \eta \cdot [1 + t - 1 \cdot \frac{\lg q}{\lg(10 a N_1)}]}, \quad (101)$$

где $K_{usz.1}$ – коэффициент запаса прочности дорожной одежды по критерию «растяжение при изгибе» асфальтобетонного покрытия в первом году эксплуатации дороги после капитального ремонта или строительства либо после истирания в период между капитальными ремонтами;

$K_{ynp.1}$ – коэффициент запаса прочности дорожной одежды по критерию «упругий прогиб» асфальтобетонного покрытия в первом году эксплуатации дороги после капитального ремонта или строительства либо после истирания в период между капитальными ремонтами;

$R_{usz.1}$ – допускаемое напряжение на растяжение при изгибе асфальтобетонного покрытия в первый год эксплуатации;

σ_{r1} – ожидаемое напряжение на растяжение при изгибе асфальтобетонного покрытия в первый год эксплуатации;

$E_{общ.1}$ – общий модуль упругости конструкции в первый год эксплуатации;
 $E_{треб.1}$ – требуемый модуль упругости конструкции в первый год эксплуатации;

a_1 – коэффициент, который учитывает постепенное снижение прочности одежды, обусловленное старением органического вяжущего в покрытии, а также повышение напряжений в слоях из-за ухудшения характеристик материалов;

$a = 1,01$ – для одежд с асфальтобетонным покрытием;

q – показатель ежегодного роста интенсивности движения по геометрической прогрессии;

n – показатель, который учитывает усталостные явления в асфальтобетоне при его многократном нагружении; $n = 0,16$;

η – коэффициент, который учитывает ухудшение состояние одежды, развитие деформаций в процессе эксплуатации, обуславливающее повышение динамического воздействия автомобилей; $\eta = q_1^{\frac{t-1}{5}}$; $q_1 = 1,07$;

a – коэффициент, который учитывает число проходов транспортных средств по одному следу в зависимости от числа полос движения и ширины проезжей части;

N_1 – интенсивность движения в первый год эксплуатации дороги [1, с. 82].

Чтобы получить значения уровня надёжности в t -м году службы одежды $K_{Нt}$ необходимо рассчитанные по зависимостям (65) и (66) коэффициенты запаса прочности $K_{узг.t}$ и $K_{упрг.t}$ подставить в формулу (64). По уровню надёжности делают вывод о том, какая часть в % протяжённости конструкций с данным коэффициентом прочности, вероятно, прослужит весь период между капитальными ремонтами. Это позволит заранее наметить и зарезервировать средства на преждевременное не нормативное выполнение капитального ремонта [1, с. 82].

От уровня надёжности и коэффициента запаса прочности дорожной одежды зависит объём мелких деформаций на проезжей части в виде ям, выбоин [1, с. 82].

От коэффициентов надёжности и прочности конструкций и от состояния проезжей части зависят скорость транспортных средств и себестоимость перевозки (таблица 45).

Таблица 45 – Относительные значения скорости транспортных средств и себестоимости перевозки

Дорожная одежда и покрытие	Скорость		Себестоимость	
	после капитального ремонта или постройки	при необходимости капитального ремонта	после капитального ремонта или постройки	при необходимости капитального ремонта
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Низшие грунтовые, укрепленные различными местными материалами	0,6	0,45	1,75	2,5
Переходная с покрытиями из грунта, обработанного жидким органическим вяжущим материалом	0,8	0,55	1,3	1,8
Переходная с покрытиями из булыжного и колотого камня (мостовые)	0,6	0,5	1,65	2,1
Переходная с гравийными и щебёночными покрытиями	0,8	0,55	1,35	1,9
Облегченная с покрытиями из гравийных, щебёночных материалов, обработанных органическими вяжущими материалами, грунта, обработанного в установке вязкими битумами, из холодного асфальтобетона	0,95	0,8	1,06	1,25

Продолжение таблицы 45

1	2	3	4	5
Капитальная с покрытия из цементобетона, асфальтобетона, укладываемого в горячем состоянии, прочных щебёночных материалов, обработанных в смесителе вязкими битумами или дёгтями	1	0,95	1	1,06

Планирование ремонтов. С помощью классификации работ по содержанию и ремонту автомобильных дорог и рекомендаций таблицы 41 можно определить вид ремонта, характер и состав работ, которые предусмотрены этим ремонтом, очередность его выполнения. Порядок установления объёмов работ зависит от вида планирования – перспективного, годового или оперативного [1, с. 82].

Перспективное планирование объёмов работ по среднему и капитальному ремонтам производят с применением норм межремонтных сроков дорожных покрытий и одежд с учётом их работоспособности, а перспективное планирование содержания и текущего ремонта дорог – по укрупнённым покิโลметровым измерителям [1, с. 82].

Затраты на ремонт должны обеспечить эффект, который выражается в оптимальном повышении транспортно-эксплуатационных качеств проезжей части, безопасности и удобства движения, в снижении себестоимости перевозки [1, с. 82].

Проектирование усиления дорожных одежд. Усиление необходимо предусматривать в случаях, которые указаны в таблице 42 и когда по результатам оценки прочности одежды с учётом роста интенсивности движения можно ожидать в ближайшее время прогрессирующих разрушений и деформаций.

Если имеются данные о фактических прогибах дорожных одежд под колесом расчётного автомобиля, которые относятся к периоду наибольшего ослабления конструкции в расчётном году, то толщину слоёв усиления назна-

чают на основе расчёта по упругому прогибу всей конструкции, проверяя на растяжения при изгибе и на сдвиг вновь укладываемых слоёв. Если нет данных о прогибах одежды, то слои проектируют на основе обследований, которые содержат результаты измерений толщины всех конструктивных слоёв, характеристики их качества и состояния, сведениях о грунте земляного полотна и условиях его увлажнения. В этом случае толщину слоёв усиления одежды назначают на основе расчёта по упругому прогибу всей конструкции, сопротивлению растяжению при изгибе монолитных слоёв старой и новой частей одежды и сопротивлению сдвигу всех слабосвязных слоёв грунта земляного полотна и одежды.

Общие модули упругости с учётом особенностей старых конструкций находят последовательно послойным методом по формулам М.Б. Корсунского:

– для $E_1 < E_2$ и любого значения $\frac{h}{D} = h_0$

$$E_{общ.} = \frac{E_2}{A}, \quad (102)$$

где $A = \frac{2}{\pi} \cdot (1 - \mu_2^2) \cdot \arctg \left(\frac{1}{2 h_0} \cdot \sqrt[3]{\frac{6E_2}{E_1}} \right) + (1 + \mu_1^2) \cdot \frac{E_2}{E_1} \cdot \left[1 - \frac{h_0}{1 - \mu_1} \cdot (2\mu_1 - 1 - \frac{2h_0}{1 + 4 h_0^2}) - \sqrt{1 + 4h_0^2} \right];$

– для $E_1 > E_2$ и любого значения $\frac{h}{D}$, в том числе $\frac{h}{D} > 2$,

$$E_{общ.} = \frac{E_1 \cdot [1,05 - 0,1 \cdot \frac{h}{D} \cdot (1 - \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}})]}{0,71 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}} - \arctg 1,35 \cdot \frac{h_3}{D} + \frac{2}{\pi} \cdot \frac{E_1}{E_2} \cdot \arctg \frac{D}{h_3}}. \quad (103)$$

При проектировании усиления новый вид покрытия не должен быть менее совершенным, чем покрытие усиливаемой одежды. Покрытие назначают в зависимости от интенсивности воздействия нагрузки в год после усиления одежды.

Если интенсивность более 301 ед./сут, то предпочтительнее капитальное покрытие, при интенсивности от 100 до 300 ед./сут – облегчённое и при интенсивности 99 и менее ед./сут – переходное [1, с. 84].

Установив вид нового покрытия и требуемый модуль упругости, рассчитывают на прочность слои усиления методами, которые применяют при проектировании новых дорожных одежд [1, с. 84].

При проектировании усиления дорожной одежды переходного типа, а также в случаях, когда покрытие находится в неудовлетворительном состоянии, т. е. на проезжей части имеются отдельные частые трещины, сетка трещин, выбоины и другие дефекты, минимальную толщину слоя усиления из материала, который содержит органическое вяжущее, назначают с учётом интенсивности воздействия нагрузки:

Приведённая интенсивность воздействия нагрузки, ед./сут	100	200	500	1000	2000	4999	5000 и более
h_{min} покрытия из материала, который содержит органическое вяжущее, см	7	8	10	12	13	15	17

Когда полученная расчётом толщина слоя усиления больше соответствующих значений h_{min} , то нижнюю его часть предусматривают из другого менее дорогостоящего и прочного материала.

Если покрытие из материалов, которые содержат органическое вяжущее, в хорошем состоянии и на нём имеются отдельные редко расположенные трещины, то в указанную толщину h_{min} включают 50 % толщины существующего покрытия.

Вопрос о конструкции и сроке усиления одежды решают на основании технико-экономического сравнения вариантов.

Если в год проведения испытания невозможно или экономически невыгодно усилить одежду, то на участках с недостаточной прочностью конструкций временно ограничивают интенсивность движения транспортных средств и

осевые нагрузки в периоды года, которые являются неблагоприятными по условиям увлажнения земляного полотна.

М.Б. Корсунский рекомендует методику установления размеров ограничения движения: По результатам испытаний или расчётом определяют допустимые нагрузки на ось Q и приведённую интенсивность её воздействия на дорожную одежду N .

4.4 Оценка эффективности дорожно-ремонтных работ

Эффект от выполнения дорожно-ремонтных работ выражается в повышении транспортно-эксплуатационных качеств дороги, безопасности и скорости движения, удобства, в снижении себестоимости перевозки. При этом затраты на ремонт должны быть не только компенсированы, но и перекрыты получаемой экономией издержек на автомобильные перевозки. Технико-экономический критерий назначения ремонтных мероприятий

$$\mathcal{E} = F(A) - f(D) \rightarrow \max, \quad (104)$$

где $F(A)$ – экономия издержек на автомобильные перевозки по участку в результате выполнения ремонтных работ, руб.;

$f(D)$ – затраты на ремонт, руб. [1, с. 85]

Раскроем каждую из функций в формуле (104) через основные составляющие

$$\mathcal{E} = \left[\frac{3,65 \cdot L \cdot N_0 \cdot \psi \cdot \omega \cdot S_{\text{эталон}} \cdot (\Pi_{\text{с/п}}^0 - \Pi_{\text{с/п}}^1) \cdot \frac{t}{1} q^{t-1}}{(1 + E_{\text{н/п}})^t} \right] - D_L \quad (104)$$

или показатель эффективности дорожно-ремонтных работ

$$P_9 = \frac{3,65 \cdot L \cdot N_0 \cdot \psi \cdot \omega \cdot S_{\text{эталон}} \cdot (\Pi_{\text{с/п}}^0 - \Pi_{\text{с/п}}^1) \cdot \frac{t}{1} q^{t-1}}{(1 + E_{\text{н/п}})^t \cdot D_L}, \quad (105)$$

где N_0 – среднесуточная интенсивность движения на дороге в год проведения ремонтов;

ψ – параметр, который учитывает долю грузовых автомобилей в составе движения, среднюю грузоподъёмность автомобилей, коэффициент использования грузоподъёмности и коэффициент использования пробега; $\psi = 1,62$;

ω – коэффициент, который учитывает снижению экономии транспортных издержек из-за ухудшения условий движения в период ремонтных работ; $\omega = 0,98$;

$S_{\text{эталон}}$ – себестоимость перевозки в дорожных условиях, которые приняты за эталон, коп. т · км;

$\Pi_{\text{с/п}}^0$ – показатель себестоимости перевозки до ремонта;

$\Pi_{\text{с/п}}^1$ – показатель себестоимости перевозки после ремонта;

q – показатель роста интенсивности движения;

t – срок суммирования затрат;

$E_{\text{н/п}}$ – нормативный коэффициент для приведения разновременных затрат к исходному периоду; $E_{\text{н/п}} = 0,08$;

D_L – затраты на ремонт участка автомобильной дороги протяжённостью L км, руб. [1, с. 85]

Показатели $\Pi_{\text{с/п}}^0$ и $\Pi_{\text{с/п}}^1$ в формулах (69) и (70) определяют на основе анализа данных объективной оценки состояния дороги по непрерывности проезда по дороге $\Pi_{\text{непрерыв.}}^1$, безопасности движения $\Pi_{\text{безопасн.}}$, прочности дорожной конструкции $\Pi_{\text{прочн.}}$, скорости Π_v .

Показатель скорости движения

$$\Pi_v = \frac{v_{\text{факт.}}}{v_{\text{эталон.}}}, \quad (106)$$

где $v_{факт.}$ – фактическая средняя скорость свободного движения автомобилей при данном состоянии дороги, км/ч;

$v_{эталон.}$ – средняя скорость автомобилей в эталонных дорожных условиях, км/ч; за эталонный принимают горизонтальный прямой участок с проезжей частью шириной 7,5 м, достаточно прочной дорожной одеждой, ровными шероховатым покрытием, укрепленными обочинами [1, с. 86].

С достаточной для практических целей точностью значения P_v :

Ширина покрытия для горизонтальной части и подъёмов с уклоном 20 %, м	4,5	6	7,5	9	10,5	15		
P_v	0,6	0,8	1	1,05	1,1	1,2		
Ширина обочин, м	2,5	укрепленных от 2,5 до 1,5	укрепленных меньше 1,5	неукрепленных от 2,5 до 1,5	неукрепленных меньше 1,5			
P_v	1	0,95	0,9	0,9	0,85			
Радиус кривой в плане, м	600	500	400	300	200	100	50	меньше 50
P_v	1	0,96	0,92	0,87	0,8	0,75	0,7	0,6
Подъёмы, %	0	20	30	40	50	60	70	80
P_v	1	0,92	0,84	0,76	0,65	0,56	0,45	0,34
Участки с ограниченной видимостью в плане, м	600 - 700	300 - 400	200 - 250	100 - 150	меньше 100			
P_v	1	0,95	0,9	0,85	0,75			
Участки с ограниченной видимостью в профиле, м	больше 100	100	50	меньше 50				
P_v	1	0,95	0,75	0,6				
Ровность покрытия, см/км	299 и меньше	от 300 до 399	от 400 до 499	от 500 до 649	от 650 до 750			
1	0,95	0,9	0,85	0,8				

Зная показатели скорости, находят соответствующие коэффициенты K_v , которые характеризуют влияние скорости на себестоимость перевозки:

P_v	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7
K_v	1	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06

Показатель безопасности движения

$$P_{\text{безопасн.}} = K_{\text{авар.}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_{18}, \quad (107)$$

где $K_{\text{авар.}}$ – итоговый коэффициент аварийности;

$K_1, K_2, K_3, \dots, K_{18}$ – частные коэффициенты аварийности.

Влияние показателя безопасности движения на себестоимость перевозки:

$P_{\text{безоп.}}$	1	2	3	5	8	10	20
$K_{\text{перевоз.}}$	1	1,002	1,004	1,007	1,01	1,012	1,019

При наличии данных о дорожно-транспортных происшествиях их влияние на себестоимость перевозки устанавливают с учётом относительного числа аварий D [1, с. 88]:

$D, \text{ДТП/млн. авт.-км}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7
$K_{\text{перевоз.}}$	1,002	1,01	1,019	1,025	1,041

Показатель прочности дорожной одежды определяют по формулам (9) и (10).

Влияние прочности дорожной конструкции на себестоимость перевозки оценивают коэффициентом $K_{\text{проч.}}$ [1, с. 88]:

$K_{\text{перевоз.}}$	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75
$K_{\text{проч.}}$	1	1,007	1,011	1,014	1,019	1,024

Показатель непрерывности движения

$$P_{\text{непрерыв.}} = \frac{n_{\text{факт.}}}{n_{\text{год}}}, \quad (108)$$

где $n_{\text{факт.}}$ – фактическое число дней в году, в течение которых был обеспечен проезд по дороге;

$n_{год}$ – число дней в расчётном году.

На показатель непрерывности движения $P_{непрерыв.}$ влияет прочность дорожной конструкции. При её недостаточной прочности непрерывность движения нарушается (обычно в осенний, весенний периоды) из-за закрытия или ограничения проезда. В результате чего часть автомобильного парка простаивает [1, с. 88].

Зная показатель прочности дорожной конструкции $P_{проч.}$, можно определить показатель непрерывности движения:

$P_{проч.}$	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75
$P_{непрерыв.}$	1	0,97	0,95	0,93	0,9	0,87

Влияние показателя непрерывности движения на себестоимость перевозки:

$P_{непрерыв.}$	1	0,95	0,9	0,85	0,8
$K_{непрерыв.}$	1	1,002	1,01	1,014	1,018

Показатель себестоимости перевозки считают, определив показатели P_v , $P_{безоп.}$, $P_{проч.}$ и $P_{непрерыв.}$, которые характеризуют состояние дороги или её участка, а также установив значения коэффициентов K_v , $K_{перевоз.}$, $K_{проч.}$ и $K_{непрерыв.}$.

$$P_{с/п} = K_v + K_{перевоз.} + K_{проч.} + K_{непрерыв.} - 3. \quad (109)$$

5 Обеспечение безопасности и организация движения на дорогах

5.1 Оценка влияния дорожных условий на безопасность движения в различные периоды года

Дорожные условия влияют на безопасность движения, поэтому дорожные эксплуатационные организации и службы организации движения ведут систематический учёт и анализ дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

ДТП совершают из-за неблагоприятного сочетания нескольких факторов, которые связаны друг с другом, что затрудняет выявление истинных причин при их анализе. Необходимо, чтобы представители дорожной службы принимали активное участие в осмотре мест происшествий и анализе их причин. Из-за неудовлетворительных дорожных условий совершают около 25 % ДТП.

Распространёнными видами ДТП являются опрокидывания (около 40 %), столкновения (около 35 %) и наезды на пешеходов (около 23 %). Чем ниже категория дороги, тем больший удельный вес составляют опрокидывания транспортных средств из-за недостатка геометрических параметров и инженерного оборудования таких дорог. На дорогах высших категорий увеличивается число наездов на пешеходов.

По степени влияния на возникновение каждого происшествия все причины ДТП делят на:

- главная или основная причина, которая оказала наибольшее влияние на возникновение ДТП;
- активные причины или факторы, которые в значительной мере способствовали его возникновению;
- косвенные или второстепенные, которые оказывали незначительное влияние.

Исследования показывают, что нарушения правил дорожного движения и ошибки водителей в управлении автомобилем – это главная причина большинства ДТП. Эти нарушения и ошибки часто связаны с недостатками автомобильных дорог, которые в 80 % случаев являются одной из активных причин, а в 17 % случаев – это главная причина ДТП.

Дорожно-эксплуатационные организации ДТП регистрируют в линейном журнале по форме, которая утверждена соответствующими министерствами. Записи в журнале производят не позднее двух дней с момента ДТП [1, с. 89].

С неудовлетворительным состоянием дороги связаны ДТП, которые вызваны несоответствием её технических параметров требованиям движения (например, узкие мосты, малые радиусы кривых в плане и профиле, недостаточная ширина проезжей части), а также недостатками в обустройстве и содержании дорог; повышенная скользкость покрытия, выбоины на покрытии, его загрязнение, неудовлетворительное состояние мостов и подъездов к ним, съездов и примыканий, обочин, сужение проезжей части из-за неполной очистки снега, ограниченная видимость из-за разросшихся зелёных насаждений, откосов выемок, отсутствия уширения проезжей части на кривых малого радиуса и виражей, неправильная установка или отсутствие дорожных знаков, разметки, отсутствие ограждений (таблица 46).

Таблица 46 – Основные недостатки дорог, которые являются причинами ДТП, % [1, с. 90]

Причина ДТП	Дороги
<i>1</i>	<i>2</i>
Покрытие с неровностями	22,5
Скользкое покрытие	71,9
Недостаточная ширина или отсутствие обочин	1,3
Радиус кривой в плане меньше нормы	0,9
Отсутствие «карманов» для остановки автобусов	0,3
Плохое состояние обочин	5,2
Отсутствие обозначений пешеходных дорожек	0,3
Отсутствие пешеходных дорожек и тротуаров	1,4
Ограничение видимости из-за насаждений, строений и других препятствий	1,3
Отсутствие удерживающих ограждающих устройств	1,6
Сужение проезжей части дорожно-строительными материалами или машинами	2,9

Продолжение таблицы 46

<i>I</i>	2
Недостаточное освещение проезжей части	0,9
Отсутствие знаков в необходимых местах	3,7
Отсутствие ограждений в местах выполнения работ	1,5
Отсутствие разметки	1,3
Плохая видимость знаков ночью или днём	0,3
Несоответствие габарита моста ширине проезжей части дороги	0,5
Плохое содержание дорог в зимнее время	7,6
Несоответствие оборудования железнодорожных переездов требованиям	0,2
Другие недостатки и условия	11,4

Для выбора мероприятий по повышению безопасности движения и очередности их выполнения выявляют наиболее неблагоприятные участки дорог в различные периоды года и оценивают степень их опасности. Существует несколько способов и критериев оценки безопасности движения на дорогах. Оценка и сравнение разных участков может быть выполнена по абсолютному числу происшествий на этих участках или по покิโลметровому графику ДТП. Недостаток этого способа состоит в том, что он не учитывает интенсивность движения.

Более надёжна оценка по коэффициенту происшествий, который характеризует число ДТП, приходящихся на 1 млн авт.-км пробега.

Коэффициент происшествий для участка дороги

$$D = \frac{1000000 \cdot A}{365 \cdot N \cdot L}, \quad (110)$$

где A – число ДТП в год;

N – среднегодовая суточная интенсивность движения, которую принимают по данным учёта движения, авт./сут;

L – длина участка, км.

Для коротких участков (автобусные остановки, площадки для стоянок и остановок автомобилей, искусственные сооружения, примыкания и пересече-

ния в одном уровне) коэффициент происшествий, т. е. число ДТП на 1 млн автомобилей

$$D_1 = \frac{1000000 \cdot A}{N \cdot 365}$$

Для примыкания или пересечения в одном уровне

$$D_2 = \frac{1000000 \cdot A}{[365 \cdot (N_{\text{главн.}} \cdot N_{\text{второстеп.}})]}$$

где $N_{\text{главн.}}$ и $N_{\text{второстеп.}}$ – среднегодовая суточная интенсивность движения на пересекающихся дорогах, авт./сут.

По вычисленным коэффициентам строят линейный график коэффициентов происшествий, который объективно и наглядно покажет наиболее опасные участки дорог.

Места и участки концентрации ДТП по опасности для движения оценивают исходя из значений коэффициентов происшествий:

D	0,4 и меньше	от 0,41 до 0,8	от 0,81 до 1,2	1,21 и больше
Характеристика участка	неопасный	малоопасный	опасный	очень опасный

Важным показателем безопасности движения служит плавность изменения скорости автомобиля на смежных участках, которую можно оценить коэффициентом безопасности – это отношение максимальной скорости въезда автомобиля на этот участок или такое же отношение значений коэффициента обеспеченности расчётной скорости.

По степени опасности для движения участки оценивают исходя из значений коэффициентов безопасности:

Коэффициент безопасности	0,8 и больше	от 0,6 до 0,79	от 0,4 до 0,59	0,39 и меньше
Характеристика участка	неопасный	малоопасный	опасный	очень опасный

Изменение скоростей оценивают на расстояниях, которые не меньше нормативных расстояний видимости поверхности дороги. График коэффициентов безопасности строят для летнего, осенне-весеннего и зимнего периодов, подставляя в расчётные формулы определения максимальных скоростей для каждого периода года фактические значения ширины чистой поверхности дороги, коэффициентов сцепления, сопротивления качению [2, с. 90].

Для оценки безопасности движения применяют разработанный Бабковым В.Ф. метод итогового коэффициента аварийности. Основанный на этом линейный график сезонности коэффициентов аварийности строят по методу Васильева А.П. для каждого периода года, а частные коэффициенты назначают в зависимости от фактических характеристик и параметров дорог, которые соответствуют расчётному состоянию в данный период года, учитывая их разделение на группы:

- постоянные;
- переменные или сезонные;
- временные или кратковременные [1, с. 91].

График сезонных коэффициентов аварийности – это рабочий документ для оценки безопасности движения на дороге в различные периоды года, на основании которого разрабатывают мероприятия по повышению безопасности движения, сроки и очерёдность их проведения на разных участках.

Для построения графика сезонных коэффициентов аварийности необходимо выполнить сезонные обследования состояния дороги и измерить её основные характеристики и параметры. Наиболее характерные состояния наблюдаются в июле летом, в ноябре осенью, в феврале зимой. Эти обследования проводят в течение одного года и в последующем корректируют данные участков, на которых производили изменения характеристик и параметров [1, с. 91].

Если отсутствует возможность провести обследования, то строят сезонные графики коэффициентов аварийности с применением поправочных коэффициентов к характеристикам и параметрам дорог (таблица 47) [1, с. 91].

Таблица 47 – Поправочные коэффициенты к параметрам и характеристикам дорог в разные сезоны года (за единицу приняты летние условия)

Параметры или характеристики	Весна	Осень	Зима
<i>I</i>	2	3	4
Сезонные колебания интенсивности движения	0,9	1,4	1
Эффективно используемая ширина проезжей части при укрепленных обочинах	1	1	1
Эффективно используемая ширина проезжей части при неукрепленных обочинах	1	1	0,98
Эффективно используемая ширина проезжей части при уменьшении ширины укрепленных обочин	1	1	1
Эффективно используемая ширина проезжей части при уменьшении ширины неукрепленных обочин	1	1,03	1
Ограничение видимости на прямых участках из-за метелей, снегопадов и туманов	1	1	1
Ограничение видимости на кривых в плане	1	1	1
Изменение соотношения интенсивности движения по дорогам, пересекающимся в одном уровне из-за колебаний интенсивности движения на основной дороге	0,9	1,4	1,4
Изменение соотношения интенсивности движения по дорогам, пересекающимся в одном уровне из-за использования съездов на полевые дороги	1,4	1,4	1
Уменьшение ширины проезжей части мостов	1	1	1
Скользкость покрытия	1	1	0,8
Изменение видимости на пересечениях в одном уровне	1	1	1

Среднегодовой или проектный параметр дороги умножают на поправочный коэффициент и по этому значению параметра принимают частный коэффициент аварийности для каждого периода года [1, с. 93].

Степень опасности движения по коэффициентам аварийности определяют в зависимости от размера итогового коэффициента аварийности в каждый период года в холмистой и равнинной местности [1, с. 93]:

$K_{итог.}$	от 0 до 9	от 10 до 19	от 20 до 39	40 и более
Характеристика	неопасный	малоопасный	опасный	очень опасный

На участках с $K_{итог.} > 20$ необходимы срочные меры для повышения безопасности движения. При реконструкции или капитальном ремонте дорог

участки с коэффициентом аварийности более 40 в холмистой и равнинной местности необходимо перестраивать [1, с. 93].

В горной местности на дорогах, которые проложены перевальным ходом, и на дорогах, где на большом протяжении есть продольные уклоны больше 50 ‰ и кривые в плане радиусом меньше 300 м, степень опасности определяют по соотношению значения сезонного итогового коэффициента аварийности на смежных участках:

Разница между значениями сезонного $K_{итог.}$ на смежных участках, ‰	19 и меньше	от 20 до 39	от 40 до 99	100 и больше
Характеристика участка	неопасный	малоопасный	опасный	очень опасный

Участки, на которых сезонный итоговый коэффициент аварийности превышает на 40 ‰ и более значения этого коэффициента на одном из смежных участков (до и после оцениваемого), относят к опасным и должны быть перестроены при реконструкции или капитальном ремонте.

Метод сезонных графиков коэффициентов аварийности эффективен при оценке безопасности на дорогах с высокой интенсивностью движения. На дорогах с малой интенсивностью или в часы спада движения на загруженных дорогах эффективно применять метод коэффициентов безопасности.

5.2 Методы повышения удобства и безопасности движения на дорогах

Общие положения. Состояние автомобильной дороги должно обеспечивать плавность изменения скорости движения, уверенного движения по дороге и наличие пространства для манёвров автомобилей, высокие ездочные качества обочин и покрытия, своевременную информацию об особенностях и условиях проезда на данном участке, чёткую ориентацию водителей в направлении движения. Главное из данных требований – это обеспечение плавности изменения скорости по длине дороги [1, с. 93].

К мероприятиям, направленные на обеспечение безопасности движения и улучшение его организации, которые осуществляют в процессе содержания и ремонта дорог, относят:

- улучшение в процессе ремонтных работ геометрических элементов дорог до нормативных размеров путём увеличения радиусов кривых в плане, смягчения продольных уклонов, уширения узких мостов, устройства переходных кривых и виражей;

- разделение транспортного потока на группы по динамическим характеристикам, скоростям, направлениям, отделение движения на сложных участках за счёт строительства дополнительных полос на подъёмах, переходных скоростных полос в зонах автобусных остановок и пересечений, направляющих островков на пересечениях, обходов городов, полос для местного транспорта, тротуаров и велосипедных дорожек в пределах населённых пунктов, оборудование автобусных остановок, стоянок, площадок отдыха, скотопрогонов, пешеходных перегонов;

- уменьшение числа пересечений транспортных потоков за счёт закрытия неорганизованных переездов и съездов и улучшения условий движения на остающихся;

- улучшение организации движения за счёт совершенствования системы установки дорожных знаков и разметки, дорожных ограждений, светофоров, устройства «трясущих» полос, аварийных улавливающих «карманов» и прочих технических средств и методов;

- укрепление обочин, недопущение обнажения кромки дорожных одежд, обеспечение отвода воды с обочин, предотвращение образования на обочинах ям, колеи и прочих неровностей;

- обеспечение видимости на всём протяжении дороги;

- поддержание ровности покрытий, устранение на них трещин, ям, выбоин и прочих деформаций;

- поддержание шероховатости покрытия за счёт строительства шероховатых слоёв с устойчивыми свойствами и содержание дорог в чистом состоянии;

– обеспечение высокого уровня содержания в сложных погодных условиях, предупреждение образования и ликвидация зимней скользкости.

Установка дорожных знаков. Форма, изображения и размеры знаков должны соответствовать требованиям ГОСТ «Знаки дорожные». На дорогах знаки устанавливают в соответствии с требованиями ГОСТ «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения», а также Указаниями по расстановке дорожных знаков.

Все знаки разделены на группы:

- предупреждающие;
- запрещающие;
- приоритета;
- предписывающие;
- информационно-указательные;
- сервиса;
- дополнительной информации – таблички.

В зависимости от условий применения дорожные знаки бывают следующих типовых размеров:

- I – малого;
- II – нормального;
- III – большого;
- IV – очень большого (таблица 48).

Таблица 48 – Типовые размеры дорожных знаков и условия их применения

Типовой размер знака	В населённых пунктах	Вне населённых пунктов
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
I	Дороги местного значения	Дороги с одной полосой
II	Магистральные дороги	Дороги с двумя и тремя полосами
III	Скоростные дороги	Дороги с четырьмя и больше полосами и автомобильные магистрали
IV	Ремонтные работы на автомобильных магистралях, опасные участки на других дорогах при обосновании целесообразности применения	

Размеры сторон и диаметры колеблются от 600 до 1500 мм. Дорожные знаки устанавливают, возобновляют, содержат и ремонтируют дорожные организации, в ведении которых находятся данные дороги. Группы знаков, места установки и их количество определяют расположением, которую составляют дорожные эксплуатационные организации и согласовывают с соответствующими органами республики, области, края [1, с. 94].

Для понимания дорожных знаков и исключения случаев их ошибочного толкования запрещено:

- помещать на знаке или на его стойке обозначения, которые не имеют отношения к данному дорожному знаку;
- в полосе отвода устанавливать не относящуюся к дороге информацию, афиши, плакаты, которые могут приняты за дорожные знаки;
- устанавливать знаки, которые не предусмотрены стандартом.

Установка каждого знака и знаков, которые вводят ограничения, должна быть обоснована. Общее число знаков на участке должно быть минимальным.

Знаки сезонного или кратковременного действия устанавливают на период, когда они необходимы, и снимают после устранения причин, которые вызвали их установку.

Знаки устанавливают так, чтобы их видимость в светлое время суток составляла не меньше 150 м.

В одном поперечном сечении дороги допустимо устанавливать не больше трёх знаков без учёта дублирующих и знаков дополнительной информации – табличек.

Знаки размещают на опорах, колоннах, мачтах, столбах по горизонтали или вертикали, на тросах, растяжках, кронштейнах, рамах, которые расположены над проезжей частью по горизонтали на одном уровне. Знаки предпочтительно размещать по горизонтали.

Расстояние между соседними знаками, которые размещены на одной опоре, кроме знаков, выполненных в одном корпусе, должно составлять 50 мм.

На дорогах вне населённых пунктов опоры знаков устанавливают за пределами обочин на бермах, которые присыпаны к обочине, на откосах насыпи, полосе отвода за боковой канавой или над обочинами.

Расстояние от кромки проезжей части, а при наличии обочины – от бровки земляного полотна до ближайшего к ней края знака, который установлен сбоку от проезжей части, должно составлять 2 м, а до края знаков предварительного указания направлений – 5 м.

В горной местности допустимо устанавливать опоры на обочинах. В стеснённых условиях (например, у парапетов, выступов скал, обрывов) разрешено устанавливать знаки на обочинах, если между кромкой проезжей части и ближайших к ним краем знака 1 м. Опоры размещают за парапетом со стороны откоса, встраивать в блоки парапета или устанавливать между отдельными блоками парапета. На участках с ограждениями располагают опоры знаков за ограждениями со стороны откоса, ближе к опорам ограждений, или закреплять на опорах ограждений.

На дорогах I и II категорий знаки располагают над обочиной на Г-образных опорах, над проезжей частью на П-образных опорах, тросах-растяжках. Опоры несущих конструкций располагают на берме 0,5 м от бровки дороги или края разделительной полосы. Знаки с правой стороны по ходу движения устанавливают на присыпных бермах. Размер берм зависит от числа стоек. Бермы присыпают так, чтобы от стоек знаков до краёв бермы было 0,75 м.

От нижнего края знака, без учёта таблички, до поверхности покрытия – высота установки:

2 м – при установке сбоку дороги вне населённых пунктов;

4 м – в населённых пунктах;

6 м – при размещении над обочиной или проезжей частью.

При расстоянии от поверхности покрытия до низа пролётного строения меньше 5 м знаки не должны выступать за их нижний край, если расстояние не меньше 0,6 м – при установке на островке безопасности и на проезжей части.

Стойки дорожных знаков бывают деревянные, железобетонные, из асбестоцементных и металлических труб и прочих материалов. Стойки из дерева и предварительно напряжённого железобетона должны соответствовать требованиям ГОСТ.

Длина опор для размещения на них знаков различных типоразмеров приведена в таблице 49.

Таблица 49 – Длина опор для дорожных знаков [1, с. 96]

Типоразмеров знаков	Длина опоры L , м
<i>I</i>	2
I	5
II	5,5
III	6
IV	6

Разметка. Выполняют в соответствии с ГОСТ «Разметка дорожная», Указаниями по разметке автомобильных дорог, ГОСТ «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения» на дорогах с усовершенствованными покрытиями при интенсивности движения более 1000 авт./сут.

Различают горизонтальную разметку, которую наносят на поверхность покрытия, и вертикальную, наносимую на дорожное обустройство, и сооружения. Разметка может быть в виде поперечных и продольных лент, плиток, блоков, катафотов, вставок, которые наносят с помощью клеев, мастик, смол или втапливанием, прокатыванием, запрессовкой, размещением в выфрезерованных канавках, напылением аэрозоля [1, с. 96].

Для обеспечения видимости разметку выполняют из материалов белого или жёлтого цветов. На автомобильных магистралях она должна обладать световозвращающими свойствами. На дорогах с интенсивностью движения более 7 тыс. авт./сут. разметку выполняют из износостойких материалов (например, хладопластик, термопластик). Для безопасности и обеспечения водоотвода раз-

метка не должна выступать над проезжей частью больше чем на 6 мм. Во влажном состоянии коэффициент сцепления у разметки должен быть не меньше 0,3.

Разметку выполняют пунктирными и сплошными линиями. Сплошные линии, которые нанесены вдоль проезжей части, запрещено переезжать. Прерывистые линии можно переезжать, но соблюдая правила движения. Различают основные виды линий [1, с. 96].

Осевая линия – это линия белого цвета, прерывистая или сплошная, необходима для разделения встречных транспортных потоков. Ширина осевой линии 0,1 м. Прерывистая линия в 3 раза короче промежутка между линиями и зависит от скорости движения [1, с. 96]:

Скорость, км/ч	59 и меньше	60 и больше
Длина линий, м	3	4
Длина промежутков, м	9	12

Барьерная линия шириной 0,1 м – это белая сплошная линия, наносят рядом с прерывистой осевой линией, запрещает пересекать пунктирную линию с одной стороны.

Разделительные линии шириной 0,1 м – это белые прерывистые или сплошные линии необходимы для образования рядов движения. В местах, где линии прерывистые, перестроение разрешается, а там, где они сплошные – запрещается.

Краевые и граничные линии шириной 0,2 м – это жёлтые или белые линии, пунктирные или сплошные, ограничивают проезжую часть или отделяют транспортные потоки от велосипедов или пешеходов.

Линии пешеходного перехода шириной 0,4 м – это белые в виде поперечных широких полос («зебра»).

Применяют линии поворота, направляющие стрелы, линии островков безопасности, площадок посадки и для стоянки, центра перекрёстка, запрещения остановки, надписи на проезжей части и пр.

Для усиления воздействия разметку наносят в комплексе с установкой знаков, которые дублируют или дополняют смысл разметки. Это имеет особое значение для районов с длительным зимним периодом, когда разметка бывает неэффективной.

При невозможности нанести разметку в полном объёме из-за отсутствия необходимого количества разметочных материалов её необходимо наносить, прежде всего, на наиболее опасных участках – примыкания и пересечения дорог, спуски и подъёмы, кривые с необеспеченной видимостью, железнодорожные переезды, путепроводы, мосты. Схема разметки должна полностью соответствовать схеме дислокации светофоров и дорожных знаков.

На прямых горизонтальных участках двухполосных дорог необходимо обозначать осевую линию с помощью пунктирной линии или сплошной в зависимости от интенсивности движения и состава потока. При ширине проезжей части менее 6 м сплошную осевую линию не наносят. Сплошную линию наносят при ширине проезжей части 6 м и больше.

На прямых горизонтальных участках трёхполосных дорог разметку проезжей части выполняют так, чтобы средняя полоса использовалась для реверсивного движения или обгонов. В зависимости от состава потока и интенсивности движения обгоны по средней полосе разрешают с помощью разметки без ограничений для выезда на среднюю полосу [1, с. 97].

Использование средней полосы для организации по ней реверсивного движения целесообразно при одновременном выполнении условий:

- интенсивность движения, которая приходится на каждую полосу в час пик превышает 500 авт./ч;
- неравномерность интенсивности движения изменяется по направлениям по дням недели или в течение суток и это изменение регулярное;
- суммарная интенсивность движения в прямом направлении больше, чем во встречном, на 500 авт./ч.

При организации реверсивной полосы на ней устанавливают светофоры, которые показывают разрешённое направление движения.

На прямых горизонтальных участках многополосных дорог с помощью разметки разделяют встречные потоки, нанося по оси проезжей части двойную сплошную линию при отсутствии разделительной полосы, обозначают границы полос движения пунктирной линией и край проезжей части сплошной линией или для скоростных дорог.

Разметку на участках спусков и подъёмов осуществляют так, чтобы обеспечивалась возможность обгона в сторону подъёма, кроме участков с ограниченной видимостью.

На затяжных подъёмах длиной 1200 м и больше через 800 м предоставляют возможность обгонов транспортных средств, которые едут в сторону спуска.

На выпуклых горизонтальных и вертикальных кривых с необеспеченной видимостью линии разметки наносят так, чтобы исключить возможность обгонов транспортным средствам в зоне ограниченной видимости. Этим зонам может быть две: первая для автомобилей одного направления, вторая – для другого. Зоны могут частично перекрывать друг друга или находиться отдельно одна от другой.

Во всех случаях на кривых с ограниченной видимостью перед осевой линией наносят линию приближения.

На трёхполосных и двухполосных дорогах при ширине проезжей части на мосту не более 10 м запрещают обгоны, нанося сплошную линию по оси проезжей части моста и не менее чем за 200 м вне его пределов. Когда ширина проезжей части на мосту и подходах к нему неодинаковая, то с помощью разметки, которую наносят по краю проезжей части, её выравнивают за 200 м до путепровода или моста. Когда ширина проезжей части мостов равна ширине проезжей части подходов, то разметка на мостах должна соответствовать разметке на подходах к ним.

Для разметки дорог применяют различные эмали, краски, термопластики, плёнки, полимерные ленты и прочие материалы, которые обладают требуемой долговечностью, белизной, контрастностью, шероховатостью, влагоустойчиво-

стью, световозвращающей способностью, малой загрязнённостью, морозоустойчивостью и прочими качествами, которые предусмотрены техническими условиями. Широко применяют термопластики и краски. Для разметки возможно применять местные материалы (халцедон, фаянсовый бой, шлакоситал, фарфоровая крошка).

Разметку из местного белого щебня и крошки устраивают по методу поверхностной обработки с применением битума (таблица 50).

Таблица 50 – Нормы расхода материалов для устройства разметки [1, с. 99]

Размер крошки, мм	Расход крошки при укладке разметки в бороздки на покрытие, кг/м ²	Расход битума, кг/м ²
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
от 5 до 9	9,5	0,9
от 10 до 14	12	1
от 15 до 20	14	1,1

Для улучшения сцепления фарфоровой крошки с вяжущим применяют в качестве активатора портландцемент марки 600 в количестве 3 % от массы крошки, известь гидратную и прочие поверхностные активные вещества.

Разметку выполняют машиной, которая оборудована битумным котлом, бункером для крошки и узлом нанесения. В состав специализированного звена, который выполняет разметку покрытия, входит машина для нарезки бороздок.

Термопластик и нитроэпоксидную эмаль наносят с помощью разметочных машин. Расход материалов на 1 км сплошной линии шириной 10 см составляет: термопластик – 600 кг, нитроэпоксидная эмаль – 40 кг [1, с. 99].

Разметку выполняют, когда её износ в сплошной линии на участке длиной 20 м составляет 25 % и более по площади, а в прерывистой превышает 50 %, а также и при меньшем износе, если нельзя определить её вид.

Нанесение на покрытие символов и надписей осуществляют с помощью специально изготовленных шаблонов и ручных краскораспылителей. При ис-

пользовании для таких целей пластбетонов их распределяют на покрытие по шаблонам с помощью шпателя.

Ограждения и направляющие устройства. Ограждения выполняют две функции: информируют водителей о границах дороги и задерживают автомобиль на её поверхности. Установка ограждений не уменьшает число ДТП, но снижает тяжесть их последствий, число раненых и погибших.

Ограждения являются препятствием, наезд на которое может вызывать повреждение автомобиля, гибель и травму людей, поэтому необходимо избегать лишней установки ограждений там, где возможно принять другие меры (например, увеличить размеры кривых, сделать откосы более пологими).

По принципу работы различают типы ограждений:

- жёсткие, которые работают как мощная ограждающая балка;
- полужёсткие, которые способны умеренно деформироваться под действием растягивающих и изгибающих усилий;
- гибкие, которые обладают способностью воспринимать большие растягивающие деформации.

К жёстким относят ограждения из железобетонного бруса, каменные и бетонные парапеты, которые установлены на разделительной полосе и обочинах, к полужёстким – ограждения из коробчатых металлических балок, прокатных полос различных форм, металлических планок. Это эффективный тип ограждений, который способен плавно гасить кинетическую энергию ударившегося автомобиля за счёт собственных деформаций и имеет высокую прочность. Но они способствуют образованию снежных заносов и создают помехи при снегоочистке. К гибким относят тросовые ограждения различных конструкций [1, с. 99].

Установка ограждений должна быть выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения».

По назначению дорожные ограждения делят на группы. Ограждения первой группы предназначены для предотвращения вынужденных съездов транс-

портных средств с эстакад, мостов, путепроводов, земляного полотна, наездов на массивные сооружения и предметы, которые расположены в полосе отвода дороги (опоры путепроводов, стойки информационно-указательных знаков, опоры освещения), столкновений со встречными транспортными средствами при переезде разделительной полосы. К ограждениям этой группы относят бордюры, парапеты, барьеры. Ограждения второй группы предназначены для предотвращения выхода на проезжую часть диких и домашних животных и упорядочения движения пешеходов. К ограждениям этой группы относят конструкции перильного типа, сетки.

Ограждения первой группы на обочинах дорог I, II, III и IV категорий устанавливаются на участках:

- проходящих по насыпям крутизной откосов 1:3 и более в соответствии с требованиями таблицы 50;
- расположенных параллельно железным дорогам, болотам и водным потокам глубиной не меньше 2 м, оврагам и горным ущельям на расстоянии до 25 м от кромки проезжей части при интенсивности движения не меньше 4 тыс. прив. ед./сут и до 15 м при меньшей интенсивности;
- пролегающих на склонах местности крутизной больше 1:3 со стороны склона при интенсивности движения не меньше 4 тыс. прив. ед./сут;
- со сложными примыканиями и пересечениями в разных уровнях;
- с недостаточной видимостью при изменении направления дороги в плане.

Таблица 51 – Условия установки ограждений первой группы

Участки автомобильных дорог	Продольный уклон, ‰	N, ед./сут, не менее	Минимальная высота насыпи, м
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Прямолинейные, кривые в плане радиусом более 600 м и с внутренней стороны кривых в плане радиусом менее 600 м после спуска и на нём	до 40	2000	3
	более 40	1000	4
		2000	2,5
		1000	3,5

Продолжение таблицы 51

1	2	3	
С внешней стороны кривых в плане радиусом менее 600 м после спуска и на нём	до 40	2000	2,5
	более 40	1000	3,5
		2000	2
		1000	3
На вогнутых кривых в продольном профиле, которые сопрягают встречные уклоны с алгебраической разностью 50 и более ‰	-	2000	2,5
		1000	3,5

На обочинах ограждения первой группы устанавливают не ближе 0,5 м не дальше 0,85 м от бровки земляного полотна в зависимости от жёсткости дорожных ограждений.

Ограждения первой группы устанавливают около опор связи и освещения, путепроводов, рамных и консольных опор информационно-указательных дорожных знаков, если они ближе 4 м от кромки проезжей части.

На обочинах дорог I и II категорий устанавливают барьерные односторонние металлические энергопоглощающие ограждения с шагом стоек:

1 м – с внешней стороны кривых в плане радиусом менее 600 м;

2 м – на прямых и на внешней стороне кривых в плане радиусом более 600 м;

3 м – на прямых и на внутренней стороне кривых в плане радиусом более 600 м;

4 м – с внутренней стороны кривых в плане радиусом менее 600 м.

На обочинах также рекомендуют барьерные односторонние ограждения:

– металлические жёсткие – на дорогах I и II категорий, кроме внутренней стороны кривых в плане радиусом менее 600 м, и на прямолинейных участках и кривых в плане радиусом более 600 м на дорогах III категории;

– с металлической планкой на железобетонных стойках – с внутренней стороны кривых в плане радиусом менее 600 м дорог I и II категорий и на дорогах III категории;

– железобетонные с шагом стоек 1,25 м – с внутренней стороны кривых в плане радиусом более 600 м дорог IV категории;

– железобетонные с шагом стоек 2,5 м – на прямолинейных участках и кривых в плане радиусом более 600 м дорог III категории и на дорогах IV категории;

– тросовые – с внутренней стороны кривых в плане радиусом менее 600 м дорог III категории и на дорогах IV категории.

Ограничения парапетного типа рекомендуют в горной местности на дорогах I, II, III и IV категорий, а при технико-экономическом обосновании – и на дорогах V категории.

На разделительных полосах дорог I категории ограждения первой группы устанавливают исходя из интенсивности движения, ширины разделительной полосы, наличия на ней препятствий (таблица 52).

Таблица 52 – Условия установки ограждений первой группы на разделительной полосе дорог I категории [1, с. 101]

Число полос движения в обоих направлениях	N, тыс. прив. ед./сут, при ширине разделительной полосы, м, не менее	
	4	5 – 6
1	2	3
4	30	40
6	40	60

На разделительной полосе ограждения первой группы располагают по её середине, а при наличии опасных препятствий – вдоль полосы не ближе 1 м от кромки проезжей части. Если разделительная полоса шире 3 м, то рекомендуют барьерные двусторонние металлические ограждения; если она не превышает 3 м, то железобетонные ограждения парапетного типа, в том числе со специальным профилем боковых поверхностей.

Не допустимы ограждения барьерного типа с применением торосов на дорогах I и II категорий, а также парапетного типа в виде отдельно стоящих блоков на всех дорогах [1, с. 101].

На разделительной полосе и на обочинах в районах с длительным зимним периодом и на снегозаносимых участках необходимо устраивать съёмные

ограждения. Их убирают перед началом метелей и устанавливают весной с началом таяния снега. Для уменьшения заносимости на снегозаносимых участках укрепляют обочину на всю ширину каменными материалами, которые обработаны вяжущими материалами или необработанными.

Ограждения у препятствий, которые находятся у обочин и на разделительной полосе, размещают не менее чем за 25 м до начала препятствия со стороны приближения к нему транспортных средств и продолжают за препятствием не менее чем на 2,5 м [1, с. 102].

На дорогах с одной проезжей частью, на которых движение в различных направлениях не разделено разделительной полосой или ограждением, ограждения продолжают не менее чем на 25 м в обе стороны от препятствия.

Ограждения второй группы устанавливают:

- на боковой или центральной разделительной полосе дорог I категории напротив автобусных остановок с надземными или подземными пешеходными переходами в пределах всей длины остановки и на протяжении не менее 20 м в каждую сторону за границами остановки;

- у границ полосы отвода дорог I и II категорий, которые проложены через заповедники (ограждения из сеток);

- на участках с ограниченной видимостью, где запрещено движение пешеходов через проезжую часть.

Ограждения второй группы располагают по середине разделительной полосы, а при наличии рамных и консольных опор информационно-указательных дорожных знаков, освещения, путепроводов – вдоль разделительной полосы не ближе 1 м от кромки проезжей части для сеток и не менее 0,5 м, если ограждения перильного типа.

Направляющие сигнальные столбики устанавливают на дорогах I категории, на опасных участках дорог II, III и IV категорий, когда не требуется установка ограждений первой группы и искусственное освещение. На дорогах I категории сигнальные столбики устанавливают между развязками на всём протяжении участков, которые не имеют ограждающих устройств через 50 м; в пре-

делах кривых с двух сторон съездов – на расстояниях, которые указаны в таблице 53.

Таблица 53 – Расстояния между сигнальными столбиками, м, на кривых в плане

Радиус кривой в плане, м	На подходах к кривой			В пределах кривой	
	от начала до первого столбика	от первого до второго столбика	от второго до третьего столбика	на внутренней стороне	на внешней стороне
<i>l</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
20	6	10	20	6	3
<i>l</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
30	7	11	21	6	3
40	9	15	31	8	4
50	12	20	40	10	5
100	25	42	50	20	10
200	30	45	50	30	15
300	36	50	50	40	20
400	50	50	50	50	30
500	50	50	50	50	40
600	50	50	50	50	50

На обочинах дорог II, III, IV и V категорий сигнальные столбики устанавливают (таблица 54):

– в пределах кривых в плане и на подходах к ним, по три столбика с каждой стороны, при высоте насыпи не менее 1 м (расстояния указаны в таблице 52);

– в пределах кривых в продольном профиле и на подходах к ним, по три столбика с каждой стороны, если насыпь не ниже 2 м, интенсивность движения не менее 2000 прив. ед./сут (расстояния указаны в таблице 53);

– на прямых участках, если насыпь выше 2 м, интенсивность движения не менее 2000 прив. ед./сут – через 50 м;

– на дорогах, которые расположены ближе 15 м от болот и водотоков глубиной от 1 до 2 м, – через 10 м;

– в пределах кривых на пересечениях и примыканиях дорог в одном уровне на расстояниях, которые указаны в таблице 53 для внешней стороны кривой;

– у водопропускных труб по одному столбику с каждой стороны дороги по оси трубы и по три столбика с двух сторон дороги до и после сооружения – через 10 м;

– у путепроводов и мостов по три столбика с двух сторон дороги до и после сооружения – через 10 м.

Таблица 54 – Расстояния между сигнальными столбиками, м, на участках кривых в продольном профиле

Радиус кривой в продольном профиле, м	В пределах кривой	На подходах к кривой		
		от начала до первого столбика	от первого до второго столбика	от второго до третьего столбика
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
200	7	12	23	47
300	9	15	30	50
400	11	17	33	50
500	12	19	37	50
1000	17	27	50	50
2000	25	40	50	50
3000	31	47	50	50
4000	35	50	50	50
5000	40	50	50	50
6000	45	50	50	50
8000	50	50	50	50

Направляющие столбики устанавливаются в пределах неукрепленной части обочины, отступая при этом на 35 см от бровки земляного полотна. В районах с длительным зимним периодом и на снегозаносимых участках направляющие столбики устраивают в виде наклонных столбиков сечением 15x10 см с отгибами или располагают на откосе насыпи в 30 см от бровки земляного полотна.

Обеспечение безопасности движения на спусках и подъемах. На затяжных спусках и подъемах совершается около 15 % ДТП, на дорогах в горной и холмистой местности – около 40 %. Число при движении на спуск в 2 раза

больше, чем на подъём. Происшествия на спуске приходится в большинстве в конце, особенно если там располагается кривая в плане, имеются сужение проезжей части, узкий мост или другие помехи.

На подъёме происшествия происходят больше в верхней части и на выпуклых вертикальных кривых. Резко увеличивается число ДТП на участках спусков и подъёмов при повышенной скользкости покрытий.

Мера снижения аварийности на подъёмах – это создание дополнительной полосы шириной 3,75 м для движения по ней тихоходных грузовых автомобилей, это обеспечит безопасность их обгона легковыми автомобилями.

Дополнительные полосы строят на участках дорог II категории, если интенсивность движения выше 2000 авт./сут и на дорогах III категории с продольными уклонами более 30 ‰ при длине участка более 1 км и с уклонами более 40 ‰ при длине участка от 0,5 до 1 км. Дополнительные полосы нецелесообразны на участках с кривыми в плане, которые имеют радиус менее 200 м, на прямых вставках между ними длиной менее 300 м. Дополнительные полосы прокладывают за пределами подъёмов:

Интенсивность движения в сторону подъёма, авт./сут	200	300	400	500 и более
Общее протяжение полосы за пределами подъёма, м	50	100	150	200

На дополнительных полосах необходима установка соответствующих знаков и специальная разметка проезжей части.

Первоочередная мера, которая обеспечит безопасность движения на затяжных спусках, – это повышение шероховатости покрытий, установка ограждений и предупреждающих знаков.

На дорогах в горной местности устраивают аварийные съезды – улавливающие «карманы». Основное назначение аварийного съезда – это вывести автомобиль, который потерял управление из-за отказа тормозов на спуске, из транспортного потока, дать возможность погасить скорость до безопасных пределов за счёт повышенного сопротивления движению на съезде и остановиться.

Аварийный съезд устанавливают с использованием встречного подъёма местности. Для более быстрого снижения скорости на съезде создают дополнительное сопротивление качению путём укладки слоя одноразмерного гравия или рыхлого песка, или керамзита фракций около 10 мм, который позволит получить замедление до $9,5 \text{ м/с}^2$. Длина активного участка, т. е. участка гашения скорости, при расположении его на встречном подъёме

$$l = \frac{v_0^2}{254 \cdot (i + f)}, \quad (111)$$

где v_0 – скорость автомобиля при входе на активный участок въезда, км/ч, но не менее 100 км/ч;

f – сопротивление качению:

$f = 0,02$ – для асфальтобетонного покрытия;

$f = 0,05$ – для рыхлого грунта;

$f = 0,45$ – для керамзитового рыхлого гравия;

i – встречный уклон, ‰.

Аварийный съезд заканчивается площадкой размером 15x15 м для разворота автомобиля и песчаным валом высотой 1 м. Съезды оборудуют индивидуальными знаками. В процессе эксплуатации керамзит, гравий или песок на активном участке съезда и песчаный вал поддерживают в рыхлом сухом состоянии. Для этого обеспечивают водоотвод и систематическую вспашку или боронование.

Безопасность движения на участках с ограниченной видимостью. Ограничение видимости на отдельных участках дорог – это одна из нередких причин, которые способствуют возникновению ДТП. Ограниченная видимость часто бывает на кривых небольшого радиуса в плане и выпуклых кривых в продольном профиле (таблица 55).

Таблица 55 – Характерные причины ограничения видимости (по данным профессора Васильева А.П.)

Причина ограничения видимости	Удельный вес причины ограничения видимости, %, в местности		
	холмистой	равнинной	горной
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Недостаточный радиус вертикальных выпуклых кривых, неудачное сочетание вертикальных кривых, провалы дороги	42	15	6
Снегозащитные или декоративные насаждения, трава, кустарники, лес на внутренней части кривых в плане	90	37	33
Автопавильоны, заборы, ограждения, здания, постройки	13	33	10
Внутренний откос полувыемки или выемки	25	15	51

Для безопасного движения обеспечивают видимость в плане и профиле на всём протяжении дороги не менее требуемых норм. Во многих случаях это выполняет дорожная служба без больших затрат. Кроме участков крутых перегибов продольного профиля, ограничение видимости сооружениями и зданиями, откосами глубоких полувыемок и выемок, особенно в горной местности.

На вертикальных выпуклых кривых с недостаточной видимостью выполняют при реконструкции и ремонте комплекс мероприятий:

- при интенсивности до 500 авт./сут ушивают проезжую часть в пределах всей кривой по 1 м с каждой стороны, наносят линии разметки, которые запрещают обгон, укрепляют обочины на 1,5 м;

- при интенсивности более 500 авт./сут создают разделительный островок шириной 1 м в пределах всей кривой, увеличивают радиус вертикальной выпуклой кривой с обеспечением требуемой видимости.

Аналогичные мероприятия выполняют и на кривых в плане с недостаточной видимостью. Также на таких участках устанавливают указатели поворота, ограждения и зеркала на внешней стороне кривых. На кривых малого радиуса обязательна поверхностная шероховатая обработка. Для плавного снижения скорости на подходах к этим кривым строят «трясущие» полосы.

5.3 Обеспечение ровности и шероховатости покрытий

Недостаточная ровность и сцепные качества покрытий – это одни из главных причин ДТП (около 85 %) по вине дорожных условий, поэтому обеспечению сцепных качеств и ровности покрытия в процессе эксплуатации дороги уделяют немало внимания.

Мероприятия, которые выполняют для этой цели, делят на повседневные и повторяемые периодически. К повторяемым периодически относят ремонтные работы:

- строительство твёрдых покрытий на пересечениях, въездах и съездах;
- выравнивание поперечного профиля и возобновление слоёв износа, текущий ремонт, удаление наплывов и волн.

К повседневным работам относят:

- борьбу со снежными заносами и гололёдом;
- регулярную очистку от грязи и пыли;
- россыпь каменной мелочи в жаркое время по выступающему битуму.

Эти мероприятия выполняют поочерёдно, начиная с более опасных участков, которые выявлены на дорогах. Необходимо соблюдать требования к сцепным качествам покрытий на опасных участках, к которым относят:

- тормозные участки переходно-скоростных полос и пересечений в разных уровнях;
- левоповоротные съезды;
- переезды;
- примыкания;
- съезды;
- пересечения;
- населённые пункты;
- спуски;
- кривые малого радиуса и подходя к ним на расстоянии 100 м;
- 100 м по основной дороге в каждую сторону от съезда;

– участки с ограниченной видимостью.

Эффективный способ устранения скользкости покрытий – это создание на них шероховатой поверхности. Размер шероховатости поверхностной обработки регулируют, подбирая размер щебня, но крупношероховатые поверхностные обработки из щебня размером 20 и 25 мм применять не рекомендуется, особенно в пределах населённых пунктов, т. к. они повышают уровень шума от автомобилей.

В районах с частыми снегопадами, большими снегопереносами и гололёдом влажный снег и лёд забивают зазоры между выступами и повышают скользкость покрытий, поэтому строить крупношероховатые покрытия в районах с длительной зимой нецелесообразно. Не имеет большого смысла применять шероховатые покрытия в засушливых районах, потому что основную часть года стоит жаркая и сухая погода.

В зависимости от типа покрытия устраивают одиночную, двойную или тройную поверхностную обработку, т. к. шероховатая обработка служит также и слоем износа и защитным слоем покрытия. На облегчённых и асфальтобетонных покрытиях применяют одиночную поверхностную обработку, при ремонте цементобетонных покрытий – двойную. Шероховатые поверхности с применением тёплых и горячих асфальтобетонных смесей с повышенным содержанием щебня создают на автомобильных дорогах I, II и III категорий.

Втапливание щебня в укладываемый слой покрытия на дорогах I, II и III категорий. На дорогах III и IV категорий с покрытиями из асфальтобетона или смесей битума с минеральными материалами, которые приготовлены смешиванием на дороге, шероховатую поверхность создают укладкой верхнего слоя из холодного асфальтобетона с применением дроблёного песка из труднополируемых горных пород и щебня, втапливанием щебня в песчаные или малощебенистые смеси. Эффективная и простая также поверхностная обработка покрытий из битумных шламов. Шероховатая поверхность не даёт эффект, если не укрепить одновременно переезды, обочины и съезды, чтобы предотвратить занос грязи с них на покрытие колёсами автомобилей в распутицу и дождь. По-

этому со строительством шероховатой поверхности одновременно необходимо построить твёрдые покрытия на переездах и въездах, укрепить обочины.

Для снижения опасности гидропланирования во время дождя распространены покрытия из открытого или высокопористого асфальтобетона, для которого характерна пористость 20 %. Это покрытие укладывают на слой плотного асфальтобетона с поперечным уклоном 2 %. Оно обеспечивает высокий коэффициент сцепления покрытия с колесом, т. к. вода стекает к обочинам. Применение дренирующего асфальтобетона рекомендовано на дорогах I, II и III категорий.

Чистые и сухие покрытия обладают достаточно высокими сцепными качествами. На загрязнённых и запылённых участках, на участках с выступившим на поверхность битумом в жаркую погоду наблюдается повышенная скользкость, которая возрастает при таянии снега и в дождь.

Одним из основных источников загрязнения покрытия являются неукреплённые обочины, переезды и въезды, особенно неорганизованные. Грязь с колёс автомобилей, которые выехали на покрытие с грязной обочины или грунтовой дороги, разносится на расстояние до 100 м. Против каждого выезда в период дождей и распутицы возникают опасные участки до 1 км. Поэтому дорожная служба систематически удаляет грязь и пыль с покрытий, укрепляют обочины, переезды и съезды.

На гравийных покрытиях и дорогах с обочинами, которые укреплены каменными необработанными материалами, причиной скользкости служит песок или катун. Необходимо регулярно укреплять проезжую часть вяжущими материалами или убирать катун с проезжей части.

На участках, которые проходят в аллеяных насаждениях или лесу, осенью наблюдаются ДТП при листопаде. Дорожная служба регулярно очищает дорогу от опавших листьев [2, с. 106].

5.4 Обеспечение безопасности движения на пересечениях и в населённых пунктах

К опасным относят участки в пределах населённых пунктов, участки, на которых расположены переезды, примыкания, съезды, пересечения. Повышенного внимания заслуживают необорудованные пересечения. Действующее число переездов, примыканий, съездов, пересечений нередко превышает предусмотренное проектом. Около 75 % из них функционирует без соблюдения требований к их параметрам, без согласования с соответствующими дорожными органами.

Многие из этих пересечений работают не весь год (таблица 56).

Таблица 56 – Характеристика работы пересечений на автомобильных дорогах

Показатель	Дорожная климатическая зона		
	II	III	IV
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Число стихийно устроенных въездов, примыканий, съездов, пересечений, % от общего числа	65	61	39
Среднее число въездов, примыканий, пересечений, съездов по проекту на 1 км дороги	0,5	0,4	0,7
Фактически действуют на 1 км дороги зимой	0,3	0,35	0,9
Фактически действуют на 1 км дороги весной и осенью	0,9	0,7	1,1
Фактически действуют на 1 км дороги летом	1,02	1,1	1,1

На переездах, пересечениях, съездах совершается до 40 % ДТП. Для снижения аварийности на автомобильных дорогах закрывают стихийно возникшие переезды, пересечения, съезды, а оставшиеся оборудуют в полном соответствии с нормами. Для этого обеспечивают хорошо видимую и простую планировку пересечения. Видимость и обзорность на пересечении определяют исходя из расчётной скорости на каждой пересекающейся дороге согласно нормам. Важно увеличить до нормальных требований радиусы закруглений кромок сопрягающихся проезжих частей.

Дороги, которые примыкают к дорогам I, II и III категорий, к дорогам IV категории с твёрдым покрытием, должны иметь твёрдое покрытие на подходе к пересечению в зависимости от типа местного грунта на расстоянии не менее указанного в таблице 57.

Таблица 57 – Длина укрепленного участка, м

Грунт	Дороги I, II и III категорий	Дороги IV категории
<i>I</i>	2	3
Чернозём, глинистый, пылеватый и тяжёлый суглинок	200	100
Песчаный, лёгкий суглинистый, супесчаный	100	50

Одна из эффективных мер повышения безопасности – это разделение потоков движения и устранение конфликтных точек на пересечении. Для этого строят направляющие островки, переходно-скоростные полосы и специальные полосы для автомобилей, которые совершают левые повороты. Переходно-скоростные полосы в зоне примыканий и пересечений у кривых и не менее чем за 20 м за их пределами отделяют от основных полос движения разделительной полосой шириной 0,75 м на дорогах I и II категорий и 0,5 м на дорогах III категории, границы которой обозначают сплошной линией разметки. В зоне маневрирования переходно-скоростные полосы отделяют от полос движения прерывистой линией.

Островки безопасности для разделения транспортных потоков по направлениям создают на перекрёстках при суммарной интенсивности движения по примыкающим или пересекающимся дорогам не менее 1000 авт./сут, когда число полос для поворачивающих транспортных средств не менее 10 % на дорогах вне населённых пунктов. Направляющие островки устраивают с бордюрами. В районах с многоснежной зимой и на снегозаносимых участках островки устраивают из съёмных конструкций или обозначены краской на покрытии.

Значение имеет устройство на пересечениях разметки и оборудование дорожными знаками. Знаки на примыканиях и пересечениях, кроме предвари-

тельных указателей направлений на пересекаемой дороге, устанавливает дорожная организация, обслуживающая дорогу высшей категории, а при их одинаковой категории – организация, обслуживающая дорогу, интенсивность движения по которой больше, чем на примыкающей или пересекаемой дороге.

Около 40 % протяжённости старых дорог проходит через населённые пункты, где отмечено повышенное число ДТП, из которых около 51 % – наезды на пешеходов, около 7 % – наезды на автомобили, которые стоят на обочинах, около 9 % – наезды на велосипедистов.

Эффективно строительство обходов населённых пунктов и городов. Также успешно применяют строительство с одной или обеих сторон тротуаров, пешеходных переходов, велосипедных дорожек, оборудование стоянок автомобилей и автобусных остановок около мест общественного пользования (например, кинотеатров, магазинов, столовых, кафе), перевод с дороги транзитного или местного движения на параллельные улицы, освещение дороги в пределах всего населённого пункта или на наиболее опасных участках.

Пешеходные дорожки и тротуары должны быть на всех участках, которые проходят через населённые пункты, независимо от интенсивности автомобилей и движения пешеходов и в зонах, расположенных около населённых пунктов при числе пешеходов, превышающем 100 чел./сут. Пешеходные дорожки строят за пределами обочин на 2,7 м от кромки проезжей части. Ширину пешеходных дорожек и тротуаров принимают минимум 1,5 м, продольные уклоны – 80 ‰, поперечный уклон – 25 ‰.

При интенсивности движения более 2000 авт./сут, мопедов и велосипедистов больше 250 ед./сут необходимы велосипедные дорожки, длина которых на подходах к населённым пунктам:

Численность населения, тыс. чел	50 и более	от 25 до 50	от 10 до 25	менее 10
Длина велосипедной дорожки, км	8	6	4	3

Велосипедные дорожки располагают в пределах отвода минимум 2,4 м от кромки проезжей части. Ширина велосипедных дорожек для двухполосного разностороннего движения – 2 м, для однополосного движения – 1 м, продольный уклон – 30 ‰ [1, с. 108].

Автобусные остановки в пределах населённых пунктов располагают около столовых, магазинов, рынков и прочих мест общественного пользования через 1 км друг от друга. Их размещают на прямых участках и на кривых в плане радиусом минимум 1 км на дорогах I и II категорий, 600 м – на дорогах III категории, 400 м – на дорогах IV и V категорий с уклоном 40 ‰. На участках подъёмов автобусные остановки располагают на вершине подъёмов с устройством уширения или в 250 м до начала подъёма.

На дорогах I категории остановки размещают друг напротив друга со строительством надземного или подземного перехода и установкой барьера на разделительной полосе. Остановки смещают по ходу движения на дорогах II и III категорий на 120 м, на дорогах IV и V категорий – не 30 м. На междугородных дорогах в зоне автобусных остановок создают переходные скоростные полосы.

Остановочные площадки на дорогах I, II и III категорий строят по типу «полукармана» или закрытого «кармана» и отделяют от проезжей части линиями разметки, разделительной полосой или островками.

В зоне пересечения автобусные остановки размещают на расстоянии 250 м от начала и конца переходных скоростных полос.

Пешеходные переходы через дороги II, III, IV и V категорий устраивают в одном уровне. На дорогах I категории строят надземные или подземные пешеходные переходы. В крупных населённых пунктах пешеходные переходы располагают через 300 м.

Для повышения безопасности движения устраивают искусственное освещение в пределах населённых пунктов, также на участках дорог I категории со среднесуточной интенсивностью движения более 20000 авт./сут, достигаемой в первые 5 лет эксплуатации, пересечениях дорог I и II категорий между собой и

на подходах к ним минимум 250 м, на путепроводах, в автодорожных тоннелях, средних и больших мостах дорог I и II категорий, у железнодорожных переездов.

Если расстояние между соседними освещаемыми участками меньше 250 м, то рекомендовано непрерывное освещение дороги для исключения чередования неосвещённых и освещённых участков [1, с. 109].

5.5 Организация и обеспечение безопасности движения в сложных погодных условиях

Характерное состояние дорог по периодам года. Влияние погоды и климата на безопасность и режим движения ощутимо на дороге, но степень такого влияния во многом зависит и от организации содержания движения, технического уровня дороги.

Состояние дорог по условиям движения меняется по периодам года, особенно зимой и осенью.

На основании сезонных графиков устанавливают степень и места опасности аварийных участков дороги, которые меняются в течение года. Такие изменения отражают в плане организационно-технических мероприятий дорожной службы по повышению безопасности движений.

Эффективная ширина проезжей части. В зимний и осенне-весенний периоды колеблется в довольно широких пределах в зависимости от типа покрытия проезжей части и обочин, уровня содержания дорог, их инженерного оборудования. При неукреплённых обочинах, переездах, въездах, съездах на покрытии вдоль кромки проезжей части образуются загрязнённые полосы, вследствие чего фактически используемая для движения чистая ширина проезжей части уменьшается на ширину полос загрязнения.

Ещё большее сужение проезжей части может происходить зимой. В зависимости от уровня зимнего содержания выделяют основные типы поперечного профиля дороги. При хорошем содержании на прямых участках и кривых

большого радиуса фактическая ширина поверхности дороги, которая используется для движения зимой больше, чем летом, благодаря образованию полос наката составляет 8,5 м, это способствует повышению скоростей на отдельных участках. В то же время сокращается эффективная ширина проезжей части на участках с затруднёнными условиями снегоочистки [1, с. 110]. К ним относят:

- участки с большим числом опор, знаков и других препятствий, которые мешают очистке от снега;
- кривые малого радиуса в плане;
- участки с ограждениями;
- участки, которые заросли кустарником и травой;
- подходы к мостам;
- съезды;
- въезды.

Протяжение этих участков составляет около 20 % всей длины дороги. На стеснённых участках фактическая ширина проезжей части сокращается в до 6 м. При отсутствии регулярной патрульной снегоочистке движение происходит по снежному накату с колеями или в снежных выемках.

Состояние проезжей части и обочин, их ширина измеряется по периодам года. Продолжительность различных состояний зависит от технического уровня дороги, уровня её содержания, интенсивности движения.

Изменяется по периодам года ровность покрытия. Вместе с изменением состояния покрытия изменяется и коэффициент сцепления. Поэтому в расчётах коэффициент сцепления принимают с учётом состояния и типа покрытия [1, с. 110].

Повышение безопасности движения в сложных погодных условиях. Выбор инженерных решений для повышения безопасности движения в сложных погодных условиях производят с учётом погодной климатической характеристики района проложения дороги, на основе анализа графика коэффициентов обеспеченности расчётной скорости, сезонных графиков коэффициентов ава-

рийности. Мероприятия, которые направлены на повышение безопасности и удобства движения, по длительности их действия делят на:

- кратковременные;
- сезонные временные;
- постоянные (таблица 58).

Таблица 58 – Мероприятия, направленные на повышение удобства и безопасности движения

Основные мероприятия и решения	Кратковременного действия	Сезонного временного действия	Постоянно действующие
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Конструктивные решения и элементы	-	Сооружения для борьбы с наледями, снегозащитные сооружения и посадки, сборные защитные навесы, заборы и галереи	Улучшение геометрических параметров плана, поперечного и продольного профилей дороги: строительство примыканий и пересечений в разных уровнях, укрепление обочин, уширение проезжей части мостов и дорог, смягчение продольных уклонов, спрямление кривых, срезка внутренних откосов на кривых и их расчистка, краевые укрепленные полосы, дополнительные полосы на подъемах
Организационно-технологические мероприятия	Патрульная снегоочистка, борьба с гололёдом, очистка от грязи и пыли, обеспыливание дорог, информация по средствам массовой информации (СМИ) об условиях движения	Устранение колеи и трещин, шероховатые поверхностные обработки, ямочный ремонт	Средства массовой информации

Продолжение таблицы 58

1	2	3	4
Элементы инженерного оборудования и обустройства дорог	Разметка дорог, табло и знаки кратковременного действия	Разметка дорог, направляющие устройства и столбики, тротуары, съёмные ограждения, дорожные знаки сезонного действия	Ветрозащитные насаждения и сооружения, подземные пешеходные переходы, тротуары, ограждения дорог и направляющие устройства, дорожные указатели и знаки постоянного действия, освещение, системы автоматизированного управления функционированием движения или движением, а также их элементы

К постоянно действующим относят мероприятия, эффективность которых не изменяется в течение года. Они обязательны на участках, где опасность движения повышается в течение всего года.

Сезонными временными считают мероприятия, эффективность действия которых длиться до трёх месяцев. Мероприятия сезонного временного характера предусматривают на участках, где заметно повышается опасность движения в отдельные периоды года.

Эффективность действия кратковременных мероприятий длиться до одного месяца. Они направлены на нейтрализацию или ликвидацию воздействия кратковременных факторов (например, погодных, климатических).

Дорожная служба может применить все виды мероприятий, но чаще всего кратковременные и сезонные временные. Выбор мероприятий зависит от действия метеорологического фактора, на устранение которого рассчитано данное мероприятие (таблица 59).

Таблица 59 – Меры и пути предупреждения влияния метеорологических явлений на состояние дорожного покрытия и дорог [1, с. 112]

Метеорологические явления	Меры защиты от воздействия	Принцип действия
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Туман	<ol style="list-style-type: none"> 1) Специальные автоматически управляемые знаки 2) Устройство осветлённого покрытия 3) Специальное искусственное освещение 4) Краевые полосы, катафоты, разметки, которые отличаются от проезжей части по цвету 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Предупреждение водителей о тумане 2) Улучшение видимости дороги 3) Повышение видимости дороги в тумане 4) Улучшение видимости дороги
Снег	<ol style="list-style-type: none"> 1) Защитные галереи, навесы 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Предохранение автомобилей и дороги от попадания снега
Метель	<ol style="list-style-type: none"> 1) Патрульная снегоочистка 2) Снегопередающие заборы 3) Защитные укрытия, навесы, галереи 4) Строительство снегозащитного профиля земляного полотна 5) Снегозадерживающие стены, заборы, щиты, снежные траншеи 6) Снегозащитные насаждения 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Предупреждение образования больших отложений снега на покрытии 2) Перенос снега за пределы земляного полотна 3) Полное предохранение от воздействия ветра и попадания снега 4) Перенос снега через дорогу 5) Изменение скорости ветра на подходе к дороге и выпадение снега в местах её снижения
Гололёд	<ol style="list-style-type: none"> 1) Автоматически управляемые знаки предупреждения о гололёде 2) Тепловые и другие виды воздействия, химические реагенты, механические средства 3) Устройство гидрофобной поверхности покрытия 4) Теплообогрев дорожной одежды 5) Укрывающие навесы, галереи 6) Шероховатая поверхность покрытия 7) Профилактическое распределение противогололёдных реагентов 8) Регулирование теплотехнических свойств дорожной одежды 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Предупреждение водителей о гололёде 2) Удаление образовавшегося слоя льда 3) Устранение возможности примерзания к покрытию воды 4) Устранение критической температуры замерзания воды 5) Устранение с покрытия влаги 6) Ослабление влияния гололёда 7) Понижение температуры замерзания воды 8) Сокращение диапазона критических температур замерзания на поверхности воды

Продолжение таблицы 59

1	2	3
Ветер	1) Специальные знаки 2) Ветрозащитные ограждения и насаждения 3) Увеличение ширины полосы движения с учётом возможного отклонения автомобиля	1) Предупреждение о сильном ветре 2) Снижение скорости ветра над дорогой 3) Предупреждение выхода автомобиля за пределы своей полосы движения
Дождь	1) Шероховатая поверхность покрытия 2) Обеспечение требуемого поперечного уклона с учётом отвода воды с дороги 3) Лёгкие защитные навесы 4) Дренирующие конструкции дорожных одежд	1) Снижение толщины слоя воды на покрытии 2) Снижение толщины слоя воды на покрытии и ускорение её стока 3) Предохранение автомобилей и дороги от попадания воды 4) Снижение толщины слоя воды на покрытии

Для повышения безопасности движения выполняют мероприятия по сезонам года.

Зимний период. Суточная интенсивность движения снижается на 30 % по сравнению с летней.

Главная задача зимой – это борьба со снежными отложениями на дороге и гололёдом. При регулярной снегоочистке перестают быть опасными участки с неукреплёнными обочинами. Часть пересечений, съездов, въездов с полевых дорог зимой заносится снегом и не функционирует.

Кроме регулярной борьбы с гололёдом и снегоочистки, в зимний период принимают меры:

- устанавливают знаки «Сужение проезжей части» на опасных участках;
- снимают знаки «Перекрёсток» на подходах к занесённым въездам, съездам, пересечениям;
- устанавливают знаки «Гололёд» на опасных участках.

Организация движения по заснеженному покрытию. Нередко возникает необходимость организовать движение по покрытию, на поверхности которого имеется небранный снег, образующий накат. На дорогах IV и V категорий с покрытием переходного типа оставляют слой плотного снега, чтобы не разрушить покрытие при удалении снега. Снежный слой разравнивают и уплотняют его

толщиной 6 см. Хорошо уплотнённым считают снег, при движении автомобиля по которому на покрытии не остаётся колея глубже 2 см, допустимой прочностью считают такую, когда от прохода расчётного грузового автомобиля колея не превышает 6 см. При прочности снега 0,8 МПа глубина колеи составляет 8 см.

Коэффициент сцепления снижается с увеличением прочности уплотнённого снега, это необходимо учитывать при эксплуатации дороги. Оптимальная прочность около 0,8 МПа, этому соответствует плотность снега $0,6 \text{ г/см}^3$. При низких отрицательных температурах воздуха прочность снега выше 0,8 МПа, и коэффициент сцепления ниже допустимого. Это состояние возникает часто при ледяно-снежном накате, который образуется, если не полностью или несвоевременно убранный с покрытия влажный или сухой снег подвергается уплотнению колёсами автомобилей. Образование ледяно-снежного наката обычно наблюдают при температуре воздуха до $-7 \text{ }^\circ\text{C}$. В таких случаях для повышения сцепных качеств нужно на поверхности уплотнённого снега сделать насечки пропуском тракторов на гусеничном ходу, кулачковыми или ребристыми катками.

При температуре около $0 \text{ }^\circ\text{C}$ снеговое покрытие совсем не пригодно для проезда и должно быть своевременно удалено при приближении весны, при повышении температуры прочность снега уменьшается.

Сроки использования снегового покрытия ограничивают датами с устойчивыми отрицательными температурами не ниже $-5 \text{ }^\circ\text{C}$. При таких условиях длительность периода эксплуатации колеблется до 8 месяцев в году.

Дороги, которые оставляют для эксплуатации с уплотнённым снегом на покрытии, должны иметь защиту от снежных заносов, хотя требования к таким сооружениям могут быть немного ниже, чем на дорогах, где не допустимо наличие уплотнённого снега. На таких дорогах нужно удалять лишний снег, который выпал во время снегопадов и метелей, а также гребешки, валы, снежные комья, которые образовались из-за проведения снегоочистительных работ, придавать снежным откосам на откосах и обочинах обтекаемые, пологие для сне-

говетрового потока уклоны 1:10, своевременно устранять выбоины, колеи и другие неровности на снеговых уплотнённых покрытиях.

Если снегозаносимость дороги невозможно обеспечить, то необходимо в весенний период подготовить объезды заносимых участков. Перерывы движения возникают часто из-за заноса мелких насыпей и выемок на коротких участках, из-за этого может быть парализовано движение на большом протяжении дороги. Поэтому целесообразно предусмотреть варианты объезда заносимого участка с устройством временных дорог.

Иногда при развитой дорожной сети можно закрыть движение зимой по отдельным местным дорогам. Для этого нужно организовать бесперебойное движение по другим дорогам, которые связывают населённые пункты.

Организация движения в сложных погодных условиях. На участках дорог II и III категорий, где наблюдают повышенное число случаев гололёда, предусматривают автоматические световые табло, которые предупреждают водителей о гололёде.

Влияние туманов особо учитывают при организации движения. Анализ данных метеорологических станций позволит выявить участки с наибольшей повторяемостью туманов (водоёмы с тёплыми водами, заболоченные низины, котловины, поймы рек, озёра). На таких участках запрещено располагать автобусные остановки, примыкания, пересечения.

Для туманоопасных участков разрабатывают меры, которые позволяют водителям информацию о направлении движения, занятости и состоянии проезжей части и о наиболее целесообразном режиме движения:

- устранение выбоин и неровностей;
- строительство краевых полос из цветных материалов;
- стационарное освещение на опасных участках;
- сигнальные световые табло и устройства со сменной информацией, которая предупреждает об осадках, гололёде, тумане;
- направляющие планки и столбики со светоотражающими полосами плёнки или катафотами;

- шероховатые поверхностные обработки;
- разметка проезжей части в виде втапливаемых в покрытие светоотражающих шариков;
- дорожные указатели и знаки с рефлектирующей подвеской или поверхностью.

На ветроопасных участках дорог I и II категорий предусматривают мероприятия:

- уширение полос движения на размер отклонения автомобиля под действием ветра;
- строительство ветрозащитных сооружений (галереи, сетки, насаждения, заборы, ограждения);
- установка предупреждающей сигнализации на подходах к ветроопасным участкам.

Для обеспечения и организации безопасности движения в сложных погодных условиях и в неблагоприятные периоды года имеет значение информация населения, водителей и работников дорожной службы о метеорологических условиях и состоянии дорог. Для этого дорожная служба принимает участие в дорожно-информационных радиопередачах, создаёт свои метеорологические посты, имеет постоянную связь с метеорологической службой. Целесообразны выступления представителей дорожных органов в местных средствах массовой информации (СМИ).

Для информации водителей необходима система временных табло и дорожных знаков со сменной информацией, которую возможно заменять автоматически, с пульта управления или вручную. Эффективны знаки со сменной информацией, которые связаны с датчиками, регистрирующими опасные метеорологические явления. В таких случаях появляется возможность автоматического управления знаками, которые указывают рекомендуемый режим движения в зависимости от метеорологических условий.

Целесообразно разрабатывать специальную схему организации движения, которая включает организацию получения метеорологической информации и

передачи информации о проезжаемости в сложных условиях погоды, организацию объездов снегозаносимых участков, схему расстановки знаков по периодам года и разметки дороги и другие сведения о функционировании дороги в таких условиях [1, с. 110].

Осенний период. Когда интенсивность движения на большинстве дорог максимальная, а погодные условия ухудшаются, одна из главных задач – это борьба с загрязнениями проезжей части и разрушением обочин систематической промывкой поливомоечными машинами и очисткой покрытия механическими щётками. Осенью на обочинах возможно устранять только отдельные наиболее крупные разрушения. Укрепляют обочины летом.

Большое значение для обеспечения ориентирования водителей и безопасности движения имеют краевые укрепленные полосы. Укрепление обочин и создание краевых полос требуют разовых затрат, но снижает последующие эксплуатационные расходы, потому что облегчает снегоочистку, сокращает число ДТП, предотвращает разрушение кромок.

В районах с частыми дождями значение имеет водоотвод с проезжей части. Этому способствует ликвидация выбоин, колеи, ямочности, наплывов, повышение ровности покрытия.

Если невозможно обеспечить требуемый коэффициент сцепления, то дорожная служба устанавливает на опасных в дождливые периоды участках знаки ограничения скорости и дополнительные таблички «При влажном покрытии» или устанавливает знаки со сменной информацией.

5.6 Организация движения в местах производства ремонтных работ

На участках работ до их начала устанавливают временные дорожные знаки, направляющие и ограждающие устройства, устраивают временную разметку проезжей части и применяют другие технические средства организации движения.

Технические средства организации движения устанавливают в соответствии с типовыми схемами, которые приведены в Инструкции по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ. Если условия проведения работ и движения транспортных средств не соответствуют ни одной из типовых схем, которые имеются в Инструкции, то составляют индивидуальную схему организации движения.

Устанавливая ограждения мест работ и знаки, учитывают особенности организации движения на различных участках дорог. На пересечениях автомобильных дорог в одном уровне, чтобы снизить задержку автомобилей, работы проводят в несколько этапов: сначала на элементах пересечения второстепенной дороги, а затем на элементах главной дороги, используя отремонтированные участки для переключения на них движения. Поэтому для пересечений составляют несколько схем организации движения, которые соответствуют этапам проведения работ.

При проведении дорожных работ на мостах принимают меры против случайного падения транспортных средств с моста, устанавливая для этого временные удерживающие ограждения, а при наличии пешеходного движения и выполнении работ на тротуаре по обе стороны от моста устраивают временные пешеходные переходы.

Если работы проводят на половине ширины проезжей части, то оставшаяся часть используют для попеременного пропуска транспортных средств в разных направлениях; максимальную протяжённость ремонтируемого участка назначают в соответствии с имеющейся на дороге интенсивностью движения:

Интенсивность движения, авт./ч	100 и меньше	от 100 до 200	от 200 до 300	от 300 до 400	500 и более
Протяжённость ремонтируемого участка, м	350	150	80	50	30

Если технология требует проведения работ на участке длиной больше указанной, то вводят принудительное регулирование движения.

Особенность организации движения при дорожных работах в горной местности – это предоставление приоритета транспортным средствам, которые движутся на подъём, независимо с какой стороны дороги имеется сужение проезжей части.

На участках с ограниченной видимостью, где дорожные работы создают дополнительную опасность для транспортных средств, временные дорожные знаки размещают перед такими участками.

Места работ ограждают сигнальными огнями, конусами, стойками, щитами, штакетными барьерами, вехами, шнурами с цветными флажками. Штакетные барьеры, ограждения, щиты устанавливают поперёк проезжей части вплотную один к другому за 10 м до начала зоны проведения работ.

Конусы, вехи, стойки устанавливают вдоль направления движения на расстоянии 15 м друг от друга, а также под углом к оси проезжей части для отклонения транспортного потока на съезд или соседнюю полосу [1, с. 114].

При расстановке направляющих вех или конусов, которые отклоняют транспортные потоки, нанесении на проезжую часть в местах производства дорожных работ линий разметки длину отгона назначают в соответствии с данными таблицы 60 [2, с. 114].

Таблица 60 – Рекомендуемая длина отгона ширины проезжей части, которую закрывают для движения

Скорость на подходе, км/ч	$L_{отгон}$, м, при ширине закрываемой проезжей части, м					
	7,5	5	4	3,5	3	2,5
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7
100	160	115	105	100	90	80
80	130	100	85	75	65	60
60	125	95	75	65	55	45
50	110	80	60	50	40	30
40	70	60	50	40	30	20
30	50	35	30	25	20	12

Для обеспечения видимости границ места работ в тёмное время суток ограждающие устройства, которые применяют на неосвещаемых участках, обо-

рудуют световозвращающими элементами размером 5x5 см, на автомобильных магистралях 10x10 см, размещаемыми в верхней части через 0,5 м.

Опасные места (например, углубления больше 0,1 м, котлованы, траншеи, ямы) ограждают с применением сигнальных фонарей или факелов. Световозвращающие элементы и сигнальные фонари красного цвета.

Крупногабаритное оборудование и дорожные машины, которые находятся в зоне работ, окрашивают в жёлтый цвет с нанесением на габаритные части наклонными полосами красного цвета. Оборудование и дорожные машины на период тёмного времени суток, если в это время не проводят работы, убирают за пределы земляного полотна дороги. Допускается их размещать на расстоянии 1,5 м от границы ближайшей полосы, по которой осуществляют движение. При этом дорожные машины ограждают с обеих сторон барьерами с сигнальными фонарями жёлтого цвета, зажигаемыми с наступлением темноты.

Барьеры устанавливают на расстоянии 15 м от машин.

Список использованных источников

1. Васильев, А.П. Ремонт и содержание автомобильных дорог : Справочник инженера-дорожника / А.П. Васильев, В.И. Баловнев. – М. : Транспорт, 1989. – 287 с.
2. Васильев, А.П. Ремонт и содержание автомобильных дорог : Справочная энциклопедия дорожника / А.П. Павлов. – М. – Том II, 2004.
3. СП 78.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85*. Автомобильные дороги / Министерство регионального развития Российской Федерации. – Утв. 30.06.12 г., введ. в действие 01.07.13г. – Москва, 2012. – 117 с.
4. ОДН 218.0.006-2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. Отраслевые дорожные нормы / Минтранс РФ, Росавтодор. – М., 2002. – 137 с.
5. Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования (взамен ВСН 24-88). Приято Государственной службой дорожного хозяйства Министерства транспорта Российской Федерации от 17.03.2004 N ОС-28/1270-ис.
6. ОДМ 218.4.005-2010. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах / Издан на основании Распоряжения Росавтодора от 12.01.2011. №13-р.
7. ГОСТ 50 597-2017. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Введ. 2018-06-01*. – М. : Издательство стандартов, 2017.
8. Красиков О.А. Мониторинг и стратегия ремонта автомобильных дорог / О.А. Красиков / КазгосИНТИ. – Алматы, 2004. – 244 с.

Приложение А

Значения коэффициентов сцепления и изменения сцепных качеств (данные профессора Васильева А.П.)

Покрытие	Состояние покрытия											
	Гололёд		Уплотнённый снег		Рыхлый снег		Мокрое грязное		Мокрое чистое		Эталонное сухое	
	β_φ	φ_{20}	β_φ	φ_{20}	β_φ	φ_{20}	β_φ	φ_{20}	β_φ	φ_{20}	β_φ	φ_{20}
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Грунтовое улучшенное	0,002	0,18	0,0025	0,5	0,004	0,3	0,003	0,2	0,005	0,4	0,005	0,5
Гравийное и щебёночное	0,002	0,15	0,0025	0,5	0,004	0,35	0,003	0,3	0,0045	0,6	0,004	0,7
Чёрнощебёночное и черногравийное	0,002	0,15	0,0025	0,5	0,004	0,3	0,003	0,3	0,005	0,5	0,004	0,6
Чернощебёночное и чёрногравийное с шероховатой обработкой	0,002	0,2	0,0025	0,5	0,004	0,35	0,0025	0,35	0,004	0,6	0,004	0,7
Холодный асфальтобетон	0,002	0,15	0,0025	0,5	0,004	0,3	0,0025	0,35	0,004	0,5	0,005	0,7
Горячий асфальтобетон без шероховатой обработки	0,002	0,15	0,0025	0,5	0,004	0,35	0,0025	0,4	0,0035	0,6	0,002	0,85
Асфальтобетонное с шероховатой обработкой	0,002	0,2	0,0025	0,5	0,004	0,35	0,0035	0,55	0,0035	0,65	0,0035	0,85
Цементобетонное	0,002	0,15	0,0025	0,5	0,004	0,35	0,0025	0,45	0,0035	0,7	0,002	0,85

Приложение Б

Нормативные значения модуля упругости и расчётные значения прочностных характеристик грунтов

Грунт	Обозначения и измерительные характеристики	Значения характеристик при влажности грунта, доли W_m									
		0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Суглинок лёгкий пылеватый, супесь пылеватая, тяжёлая пылеватая	<i>c</i> , МПа	0,045	0,036	0,03	0,024	0,016	0,013	0,01	0,008	0,005	0,004
	<i>E</i> , МПа	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25
	φ , град	32	27	24	21	18	15	13	11	10	9
Глина, суглинок тяжёлый и лёгкий	<i>c</i> , МПа	0,045	0,036	0,03	0,024	0,019	0,015	0,011	0,009	0,006	0,004
	<i>E</i> , МПа	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23
	φ , град	32	27	24	21	18	15	13	11	10	9
Песок пылеватый	<i>c</i> , МПа	0,026	0,024	0,022	0,018	0,014	0,012	0,011	0,01	0,009	0,008
	<i>E</i> , МПа	96	90	83	78	72	66	60	54	48	43
	φ , град	38	38	37	37	36	35	34	33	32	31
Супесь лёгкая	<i>c</i> , МПа	0,015	0,014	0,014	0,013	0,012	0,011	0,01	0,009	0,008	0,007
	<i>E</i> , МПа	70	60	56	53	49	45	43	42	41	40
	φ , град	37	36	36	36	35	35	34	34	33	33

Приложение В

Значения частного коэффициента, который учитывает влияние интенсивности и состава движения

Интенсивность движения, тыс. авт./сут	$\Delta K_{p.c.}^N$ для дорог															
	двухполосных при β , равном					трёхполосных при β , равном					автомобильных магистралей из четырёх полос с разделительной полосой при β , равном					
	0,85	0,8	0,7	0,6	0,5	0,85	0,8	0,7	0,6	0,5	0,85	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1000 и меньше	0,07	0,06	0,04	0,03	0,02	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,07	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
от 1000 до 2000	0,13	0,11	0,08	0,06	0,05	0,1	0,07	0,06	0,04	0,03	0,12	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03
от 2000 до 3000	0,19	0,15	0,12	0,09	0,07	0,14	0,11	0,08	0,06	0,05	0,16	0,12	0,09	0,06	0,05	0,04
от 3000 до 4000	0,25	0,19	0,14	0,11	0,09	0,18	0,13	0,11	0,08	0,06	0,2	0,15	0,11	0,09	0,07	0,05
от 4000 до 5000	0,3	0,23	0,17	0,13	0,1	0,22	0,16	0,13	0,1	0,07	0,24	0,18	0,14	0,11	0,08	0,06
от 5000 до 6000	0,35	0,27	0,2	0,15	0,12	0,26	0,19	0,15	0,11	0,08	0,27	0,21	0,16	0,13	0,1	0,07
от 6000 до 7000	0,39	0,3	0,22	0,17	0,13	0,29	0,21	0,16	0,12	0,09	0,31	0,23	0,18	0,14	0,11	0,07
от 7000 до 8000	0,43	0,32	0,24	0,18	0,15	0,32	0,23	0,18	0,13	0,1	0,33	0,25	0,2	0,16	0,12	0,08
от 8000 до 9000	-	-	-	-	-	0,34	0,25	0,19	0,14	0,11	0,36	0,27	0,22	0,18	0,13	0,09
от 9000 до 10000	-	-	-	-	-	0,36	0,27	0,2	0,15	0,12	0,39	0,29	0,23	0,19	0,14	0,1
от 10000 до 11000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,41	0,31	0,25	0,2	0,14	0,11
от 11000 до 12000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,43	0,32	0,26	0,21	0,15	0,12
от 12000 до 13000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44	0,33	0,26	0,21	0,15	0,12
от 14000 и больше	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,45	0,34	0,27	0,21	0,15	0,12