

Оценка прочности нежестких дорожных одежд (взамен ВСН 52-89)

ОДН 218.1.052-2002. Оценка прочности нежестких дорожных одежд (взамен ВСН 52-89)

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА

(РОСАВТОДОР)

ОТРАСЛЕВЫЕ ДОРОЖНЫЕ НОРМЫ

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

ОДН 218.1.052-2002

УДК 625.855:625.72(083.75)

Дата введения 2002.19.11

1. РАЗРАБОТАНЫ ГП "РОСДОРНИИ"
2. ВНЕСЕНЫ Управлением инноваций и технического нормирования в дорожном хозяйстве.
3. УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации от 19.11.02 № ОС-1040-р
4. ВЗАМЕН "Указаний по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд. ВСН 52-89".

Изложены вопросы обследования и испытания нежестких дорожных одежд с целью оценки их прочности. Рассмотрены особенности расчета усиления одежд и даны рекомендации по расчету ограничения движения на дорогах в период наибольшего ослабления дорожных конструкций при их недостаточной прочности.

Учтены особенности снижения прочности дорожных одежд под многократно повторяющимся воздействием транспортных нагрузок. Даны рекомендации по приведению разновременных посезонно года испытаний одежд к сопоставимому виду. Определены объемы полевых испытаний, достаточные для объективной оценки неоднородности дорожных конструкций по величине обратимого прогиба. Предложенные требуемые модули упругости дорожных конструкций в комплексе учитывают работу материалов конструктивных слоев по критериям сдвига и изгиба и не требуют дополнительной проверки прочности усиленных конструкций, а также их морозоустойчивости, поскольку накопленный опыт свидетельствует, что слои усиления современных дорожных конструкций, отвечающие требованиям трех критериев прочности (обратимого прогиба, сдвига и растяжения при изгибе) удовлетворяют требованиям по их морозоустойчивости.

Документ разработан творческим коллективом ГП "РОСДОРНИИ" (кандидатами техн. наук В.К. Апестиним, А.И. Дудаковым, А.Е. Мерзликиным, инж. А.М. Стрижевским) на основе обобщения многолетнего опыта использования Указаний по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд (ВСН 52-89) в ходе систематической работы по диагностике федеральных автомобильных дорог. При подготовке документа использованы работы докторов техн. наук В.Н. Ефименко, М.Б. Корсунского, В.С. Радовского, Ю.М. Яковлева, кандидатов техн. наук М.С. Коганзона, В.П. Корюкова, А.А. Малышева, Г.А. Менделева, А.О. Салля, П.И. Теляева, А.М. Шака, инж. В.П. Козлова, учтены замечания доктора технических наук А.В. Линцера и кандидата технических наук С.Н. Жилина.

Отраслевые дорожные нормы предназначены для организаций, проводящих обследование и испытание дорожных одежд с целью оценки их прочности и планирования мероприятий по повышению надежности и прочности дорожных конструкций при разработке проектного ремонта и реконструкции автомобильных дорог, а также на стадии их приемки в эксплуатацию.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- 1.1. Документ содержит нормы и указания по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд. Им следует

пользоваться при:

- а) разработке проектной ремонт и реконструкцию автомобильных дорог;
- б) проведении обследований дорожных одежд с целью оценки их прочности;
- в) приемке автомобильных дорог в эксплуатацию.

В документе использованы следующие основные понятия и определения:

Дорожная конструкция - инженерное сооружение, состоящее из дорожной одежды и верхней части земляного полотна в пределах рабочего слоя.

Дорожная одежда - многослойное искусственное сооружение, ограниченное проезжей частью автомобильной дороги, состоящее из дорожного покрытия, слоев основания и подстилающего слоя, воспринимающая многократно повторяющееся воздействие транспортных средств и погодно-климатических факторов и обеспечивающее передачу транспортной нагрузки на верхнюю часть земляного полотна.

Нежесткая дорожная одежда - дорожная одежда со слоями, состоящими из асфальтобетонов, дегтебетонов, укрепленных вяжущими материалами и грунтов, а также шлаков и дискретных минеральных материалов.

Прочность (несущая способность) дорожной конструкции - свойство, характеризующее способность дорожной конструкции воспринимать воздействие движущихся транспортных средств и погодно-климатических факторов.

Отказ дорожной конструкции - переход дорожной конструкции в предельное состояние.

Предельное состояние дорожной конструкции - состояние, при котором дорожная конструкция перестает удовлетворять предъявляемым требованиям.

Работоспособность дорожной конструкции - свойство дорожной конструкции сохранять запас прочности на многократно повторяющееся воздействие автомобильных нагрузок в пределах расчетных, межремонтных сроков службы.

Срок службы дорожной конструкции - период времени, в пределах которого происходит снижение ее прочности и надежности до расчетного уровня, предельно допустимого по условиям дорожного движения.

Надежность дорожной одежды - вероятность безотказной работы дорожной одежды в пределах расчетного (нормативного) межремонтного срока службы.

Уровень надежности дорожной одежды - количественный показатель надежности, определяемый как отношение длины прочных (недеформированных) участков дороги к ее общей длине.

Нормативный межремонтный период дорожной одежды - установленный действующими нормами временной период от момента строительства до капитального ремонта или между капитальными ремонтами.

Расчетный период года - наиболее благоприятный по условиям увлажнения период года (обычно весенний), в течение которого прочность дорожных конструкций достигает минимальных значений.

Нерасчетный период года - временной период, находящийся за пределами расчетного периода года, в течение которого слой дорожной одежды и грунт земляного полотна имеют положительную температуру.

Расчетный год - условный год с расчетным периодом, типичным для всего периода эксплуатации дорожной одежды в пределах расчетного срока ее службы.

Линейные испытания - полевые испытания дорожных конструкций, проводимые равномерно вдоль обследуемого участка автомобильной дороги в объеме, достаточном для достоверной оценки их несущей способности.

Контрольные испытания - то же, на отдельных контрольных точках с целью выявления закономерности изменения жесткости дорожной конструкции во времени.

Характерный участок - однотипный участок автомобильной дороги, в пределах которого не наблюдается существенных изменений конструкции дорожной одежды и земляного полотна, интенсивности и состава дорожного движения, состояния покрытия по видам дефектов.

Расчетная нагрузка - вертикальная нагрузка, принятая для назначения требуемой прочности дорожных конструкций.

1.2. Прочность дорожных конструкций является одним из важнейших транспортно-эксплуатационных показателей, влияющих на технический уровень и эксплуатационное состояние автомобильной дороги.

Дорожная одежда считается прочной, если на рассматриваемый момент времени обеспечивается сплошность и ровность дорожного покрытия. Сплошность дорожного покрытия, достигнутая поверхностной обработкой или тонкими слоями износа, не является условием обеспечения прочности дорожной конструкции. Условия прочности дорожной конструкции соблюдаются, если: общая толщина дорожной одежды достаточна для обеспечения ее морозоустойчивости; фактический модуль упругости дорожной конструкции не ниже требуемого по условиям дорожного движения; при изгибе в связных слоях дорожной одежды не возникают растягивающие напряжения, превышающие допустимые значения; в несвязных и слабосвязных слоях дорожной одежды и грунте земляного полотна возникающие напряжения не превышают значений, при которых обеспечивается условие местного предельного равновесия при сдвигу.

В процессе эксплуатации дорожной конструкции под воздействием автомобильного движения, погодно-климатических и грунтово-гидрологических факторов происходит постепенное снижение ее прочности, связанное с внутренними, необратимыми изменениями в каждом из конструктивных элементов. Эти необратимые изменения накапливаются главным образом в расчетный период года. В северных и центральных районах Российской Федерации расчетный период совпадает со временем весеннего оттаивания грунта земляного полотна, в южных - его начало совпадает с периодом выпадения зимне-весенних осадков.

1.3. Чтобы предотвратить преждевременное повреждение дорожного покрытия, оценивают прочность дорожной конструкции и назначают мероприятия, обеспечивающие ее надежность и заданный срок службы.

1.4. Оценка прочности дорожных конструкций необходима:

- для накопления банка данных о состоянии эксплуатируемых дорог с целью рационального планирования денежных средств на ремонтные работы, а также определения объемов и адресов ремонтных работ;
- при проведении изыскательских работ и при подготовке технико-экономических обоснований для капитального ремонта или реконструкции дорог;
- на стадии приемки в эксплуатацию вновь построенных, реконструированных или отремонтированных участков дорог для контроля качества выполненных работ;
- при решении вопроса об усилении существующих дорожных одежд или временном ограничении движения автомобилей по осевым нагрузкам в неблагоприятные по условиям увлажнения периоды года;
- при разработке рекомендаций о пропуске по эксплуатируемым дорогам автотранспортных средств, перевозящих тяжеловесные грузы;
- в научно-исследовательских целях.

1.5. В качестве обобщающего критерия несущей способности (прочности) используют величину обратимого прогиба (модуля упругости) конструкции. Требуемые показатели прочности назначают с учетом принятой расчетной нагрузки, ее суммарной повторяемости за срок службы дорожной одежды, типа дорожного покрытия, общей толщины дорожной одежды, дорожно-климатической зоны и грунтово-гидрологических условий на обследуемом участке дороги.

1.6. Для оценки прочности выполняют полевые испытания (линейные и контрольные) дорожных одежек как в расчетный, так и в нерасчетные периоды года. Получаемые результаты приводят к расчетному году.

На стадии приемки дорог в эксплуатацию полевые испытания (контрольные и линейные) следует проводить после завершения строительства характерного участка дороги длиной не менее 500 м.

При решении вопроса об усилении покрытий дорожные одежды подвергают полевым испытаниям в случаях, когда их состояние по ровности или степени повреждения дорожных покрытий дефектами, характеризующими предельное состояние нежесткой дорожной одежды (сетки трещин, состоящей из ячеек преимущественно в виде четырехугольников с сторонами длиной до 1 м, при возможном сочетании с частыми поперечными трещинами, просадками, келейностью и продольными волнами длиной до 4 м) не удовлетворяет действующим требованиям. Связь между допустимым коэффициентом надежности дорожной одежды (K_H) и показателем ровности дорожного покрытия (d) представлена в табл. 1.1. Испытания дорожных конструкций начинают только после приведения намеченных к обследованию участков дорог в соответствии с нормативными требованиями СНиП 2.05.02-85 (п.6.10) в части возвышения поверхности покрытия над уровнем поверхности земли.

Таблица 1.1

Связь между допустимым коэффициентом надежности дорожной одежды (K_H) и показателем ровности дорожного покрытия (d)

K_H	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
d (см/км)	530	510	475	440	390	340	265	170	80

Примечания:

1. Показатель ровности дорожного покрытия (d), определенный по толчкомеру в соответствии с ОДМ "Руководство по оценке ровности дорожных покрытий толчкомером". Росавтодор, М., 2002.

2. Допустимую степень повреждения покрытий ($r_{доп}$) определяют по формуле

$$r_{доп} = 1 - K_n \quad (1.1)$$

1.7. Показатель прочности дорожной одежды (обратимый прогиб) может весьма существенно изменяться не только изо дня в день, но и в течение суток, особенно в расчетный период. В этих условиях результаты линейных испытаний дорожных конструкций должны быть приведены к сопоставимому виду.

Необходимые поправки вносят по результатам ежедневных контрольных испытаний на специально выбранных контрольных точках.

1.8. По результатам полевых испытаний, обработанных методами математической статистики, определяют фактические показатели прочности дорожных одежд, сопоставляют их с величинами, требуемыми по условиям движения, и принимают решения по обеспечению несущей способности обследованных дорог.

1.9. Требуемый показатель прочности дорожных одежд назначают с учетом многократно повторного воздействия расчетной нагрузки за рассматриваемый перспективный период времени (остаточный или нормативный срок службы) по величине фактической интенсивности движения транспортного потока на дороге, приведенной к расчетной нагрузке. Для приведения автомобилей к расчетной нагрузке используют коэффициенты приведения, назначенные с учетом типа дорожной одежды или прочности дорожной конструкции.

1.10. Прочными считают участки дорог, на которых фактические показатели прочности оказываются не ниже требуемых.

Для непрочных участков рассчитывают толщины слоев усиления или назначают мероприятия по ограничению движения автомобилей по осевым нагрузкам в неблагоприятные по условиям увлажнения периоды года. Допускается комбинированный подход, когда в течение определенного периода ограничивают движение по дороге, а затем усиливают дорожную конструкцию. Также допускается ограниченный пропуск тяжеловесных транспортных средств по недостаточно прочным участкам при условии

компенсациииущерба, наносимого транспортными средствами с повышенными осевыми нагрузками.

В каждом конкретномслучае вопрос о проведении того или иного мероприятия должен решаться наосновании технико-экономических расчетов.

2. ОБСЛЕДОВАНИЕ ДОРОЖНЫХКОНСТРУКЦИЙ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ИХ ПРОЧНОСТИ

2.1. Порядок оценки прочности дорожныхконструкций

2.1.1. Обследованиедорожных одежд с целью оценки их прочности проводят на участках снеудовлетворительным состоянием покрытия по ровности либо на участках с долейдеформированной поверхности покрытия, соответствующей коэффициенту надежностидорожной одежды (K_H) меньше допустимого (см. п.1.6). Полевые работы проводят в три основных этапа: предварительное обследование, подготовкак детальному и собственно детальное обследование (рис.2.1).

Рис.2.1. Порядкобследования дорожных конструкций для оценки и улучшения их состояния

2.1.2. При предварительном обследовании оценивают состояние дорожного покрытия по ровности фактической степени повреждения покрытия дефектами, являющимися следствием проявления необратимых процессов, связанных с прочностью дорожной конструкции. При получении неудовлетворительных показателей хотя бы по одному из этих критериев принимают решение о необходимости выполнения оценки прочности дорожной одежды и подготовке к проведению детального обследования.

2.1.3. В процессе подготовки к детальным обследованиям изучают техническую документацию и данные о фактическом состоянии покрытия, назначают границы характерных участков дороги. Дополнительно проверяют соответствие этих участков требованиям СНиП 2.05.02-85 по возвышению покрытия над уровнем поверхности земли для принятия решения о целесообразности проведения дополнительных работ по улучшению состояния водоотвода до проведения полевых испытаний дорожной одежды.

2.1.4. При детальном обследовании выполняют полевые испытания дорожных одежд на характерных участках для оценки прочности конструкций и назначения мер по улучшению их состояния. Если показатели прочности соответствуют установленным требованиям, на обследованных участках проводят работы по улучшению ровности дорожного покрытия и обеспечению его сцепных качеств. Для недостаточно прочных участков рассчитывают толщины слоев усиления. Обследованные конструкции могут не удовлетворять требованиям СНиП 2.05.02-85 по условию возвышения поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод и рассчитанная толщина слоев усиления может оказаться завышенной. Для проверки этого условия осуществляют бурение скважин на обочинах у кромок покрытия. В случае повышенного уровня грунтовых вод проводят мероприятия по понижению влажности грунтов земляного полотна, корректируют результаты полевых испытаний и снова рассчитывают толщины слоев усиления. Затем выбирают более выгодный вариант усиления дорожной конструкции. Во всех случаях вариант усиления дорожной конструкции без определения уровня грунтовых вод будет более эффективен при условии

$$\frac{C_{y1}}{C_{об} + C_{УГВ} + C_{y2}} \leq 1, \quad (2.1)$$

где C_{y1} - затраты на усиление дорожной одежды характерного участка дороги по результатам полевых испытаний нагрузкой;

C_{y2} - то же, но с учетом проведенного мероприятия по понижению влажности грунтов земляного полотна;

$C_{об}$ - затраты на обследование земляного полотна;

$C_{УГВ}$ - затраты на мероприятия по понижению уровня грунтовых вод.

2.2. Предварительное обследование дорожных конструкций

2.2.1. Обследования начинают с инструментальной оценки ровности дорожного покрытия. Одновременно оценивают состояние дорожного покрытия по степени его деформирования.

Фактическую степень деформирования поверхности покрытия (r_{ϕ}) определяют как отношение суммарной протяженности отрезков (L_{ϕ}) на обследуемом участке дороги с дефектами, характеризующими предельное состояние нежесткой дорожной одежды (см. пп.1.6), расположенными по крайней правой полосе наката к общей длине характерного участка дороги (L):

$$r_{\phi} = L_{\phi} / L. \quad (2.2)$$

2.2.2. Вид и количество дефектов на дорожном покрытии устанавливают на основе визуальной оценки. Все дефекты, обнаруженные на покрытии, подразделяют на виды в соответствии с характерными особенностями (табл.2.1) и определяют основные прочностные дефекты на каждом рассматриваемом участке. Например, если на участке не обнаружена сетка трещин, то в качестве основного дефекта рассматриваются частые трещины. Если нет частых трещин, то участок оценивается по редким трещинам (см.табл.2.1) и т.д.

Таблица 2.1

Вид дефекта	Характерные особенности дефекта покрытия
А. Дефекты прочностного характера	
Трещины:	Поперечные и косые трещины, расположенные на расстоянии более 15-20 м друг от друга
одиночные	
отдельные	Поперечные и косые трещины, расположенные примерно на одинаковом расстоянии друг от друга. Расстояние между соседними трещинами - 10-15 м
редкие	Поперечные и косые трещины (нередко с ответвлениями), не связанные между собой. Среднее расстояние между соседними трещинами - 4-10 м
частые	Поперечные и косые трещины с ответвлениями, иногда связанные между собой, но, как правило, не образующие замкнутых фигур. Среднее расстояние между соседними трещинами - 1-4 м
Сетка трещин	Поперечные и продольные трещины, развитые в зоне полос наката и образующие замкнутые, преимущественно четырехугольные фигуры с расстоянием между сторонами менее 1 м. Нередко сопровождаются просадками, келейностью и волнообразованием
Келейность	Плавное искажение поперечного профиля дорожного покрытия, локализованное вдоль полос наката. На покрытиях, устроенных с применением вяжущих, обычно сопровождается продольными трещинами и сеткой трещин
Просадки	Резкое искажение профиля покрытия, имеющее вид впадины с округлыми краями. На покрытиях,

	устроенных с применением вяжущих, просадки сопровождаются сеткой трещин, нередко охватывающей также и зоны покрытия, непосредственно к ним прилегающие
Волны	Закономерное чередование (через 0,5-2,0 м) на покрытии впадин и гребней, в поперечном направлении по отношению к продольной оси дороги. Как правило, имеют место на дорогах с переходными типами покрытий
Б. Дефекты, обусловленные влиянием нарушений в технологии производства работ	
Проломы	Полное разрушение дорожной одежды на всю ее толщину с резким искажением профиля покрытия
Выкрашивание и шелушение	Поверхностные разрушения покрытия за счет потери отдельных зерен минерального материала и отслаивания вяжущего
Выбоины	Местные разрушения дорожного покрытия, имеющие вид углублений с резко выраженными краями
Сдвиги	Смещение покрытия, наблюдающееся обычно на крутых спусках, в местах остановок и торможения автомобилей. Иногда в местах сдвига наблюдаются разрывы покрытия
Открытые пучины	Взбугривание покрытия с сеткой трещин. Сопровождается выдавливанием грунта на поверхность покрытия в момент проезда под колесом автомобиля

Результаты обследования заносят в специальную ведомость:

№ п/п	Вид основного прочностного дефекта на километровом участке покрытия	Границы участков по видам основных дефектов покрытия	
		начало (км+м)	конец (км+м)

2.3. Подготовка к детальному обследованию

2.3.1. Подготовка к детальному обследованию начинают непосредственно после выявления участков неудовлетворительной ровностью или высокой степенью деформированности дорожного покрытия.

2.3.2. При подготовке к детальному обследованию анализируют:

- проектную исполнительную документацию;
- мероприятия по содержанию и ремонту дороги (паспорт, акты приемки работ, журналы производств ремонтных работ и т.д.);
- данные учета состава и интенсивности движения автомобилей за весь период эксплуатации, предшествующей обследованию (сводные ведомости по учету движения);
- результаты ранее проведенных обследований (отчеты по оценке прочности дорожной одежды, "дефектные ведомости", отчеты о весенних и осенних осмотрах дороги ит.д.).

2.3.3. Данные анализ технической документации и "дефектных ведомостей" используют для назначения характерных участков, требующих детальных обследований.

2.3.4. За характерный принимают участок, отличающийся от соседних хотя бы одним из следующих показателей: конструкцией дорожной одежды, грунтом земляного полотна и типом поперечного профиля, типом местности по условиям увлажнения, технологией устройства одежды и характеристиками применявшихся при этом материалов, интенсивностью движения, приведенной к интенсивности движения расчетного автомобиля, состоянием покрытия по видам дефектов.

2.3.5. Нахождение границ характерных участков производят с помощью сводной ведомости (рис.2.2). При этом необходимо, чтобы длина характерного участка была не менее 500 м.

Километры	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Конструкция дорожной одежды											
Грунт земляного полотна	Суглинок тяжелый						Супесь				
Тип местности по условиям увлажнения	Тип I				Тип II						
Приведенная интенсивность движения	Учетный пункт № 2 630 авт./сут						Учетный пункт № 3 900 авт./сут				
Состояние покрытия по видам дефектов	Редкие трещины			Частые трещины			Сетка трещин, колея				
Характерные участки и расположение контрольных точек	Км 32 1,2 м			Км 36+520 1,2 м			Км 39+250 1,4 м				

Рис.2.2. Пример сводной ведомости результатов визуальной оценки состояния дороги и анализа данных, взятых из технической документации, для назначения характерных участков.

АБМЗ - асфальтобетон мелкозернистый; ЧЩ - черный щебень.

Расположение контрольной точки уточняется в процессе проведения полевых испытаний

2.3.6. При определении границ характерных участков смежные участки могут быть объединены при прочих равных условиях, если:

- расчетные (проектные) модули упругости дорожных конструкций отличаются не более чем на 5%;
- требуемые модули упругости конструкций, определенные по фактическим интенсивностям расчетного движения при соблюдении первого условия, отличаются между собой не более чем на 5%.

2.3.7. После определения границ характерных участков осуществляют проверку соответствия характерных участков требованиям СНиП 2.05.02-85 по возвышению поверхности покрытия над уровнем поверхности земли. Расстояние между поперечниками назначают визуальным образом в зависимости от фактического рельефа местности, высоты насыпи и состояния боковых канав по глубине.

2.3.8. Если требования СНиП 2.05.02-85 соблюдены, переходят к детальному обследованию дорожной конструкции с целью оценки ее прочности. При несоблюдении требований СНиП 2.05.02-85 сначала осуществляют устройство или углубление боковых канав только через 1-1,5 месяца после этих работ приступают к полевым испытаниям дорожной одежды. Такой перерыв необходим для перераспределения и стабилизации влажности грунтов земляного полотна. В отдельных случаях, при соответствующем обосновании, испытания дорожных одежд могут проводиться до выполнения мероприятий по обеспечению водоотвода.

2.4. Испытание дорожных одежд нагрузкой (детальное обследование)

2.4.1. При детальном обследовании выполняют полевые испытания дорожных конструкций нагрузкой, включающие линейные испытания характерных участков дороги и испытания на контрольных точках для приведения разновременных результатов линейных испытаний к сопоставимому виду.

2.4.2. Полевые испытания проводят после проведения работ в соответствии с разделом 2.3. При этом используют одну из возможных последовательностей работ в зависимости от времени испытания конструкций и состояния дорожных покрытий:

- полевые испытания дорожной одежды в расчетный период года;
- полевые испытания дорожной одежды в нерасчетный период года;
- упрощенные полевые испытания.

На обследуемом участке дороги, не имеющем разделительной полосы, испытания проводят по одной стороне дороги, имеющей наибольшую степень деформирования поверхности покрытия ($r_{\text{ср}}$). На участках автомобильных дорог, имеющих разделительную полосу, испытания проводят как в прямом, так и в обратном направлениях.

2.4.3. Полевые испытания следует начинать с испытания дорожных конструкций на контрольных точках. На каждом характерном участке (см. пп. 2.3.4.) выбирают одну контрольную точку в зоне развития на покрытии прочностных дефектов, характерных для рассматриваемого участка дороги (см. пп. 2.2.2.). Если в пределах характерного участка не имеется явно выраженных трещин, то контрольную точку выбирают в зоне минимальных высот насыпи. Контрольные точки следует располагать на ближайшей кромке покрытия полосы наката.

Местоположение контрольной точки должно быть уточнено в ходе проведения линейных испытаний после статистической обработки полученных результатов. Ее располагают в том месте характерного участка, где фактический прогиб дорожной конструкции соответствует допускаемому проценту деформированной поверхности покрытия. Месторасположение контрольной точки должно быть отмечено на покрытии яркой водостойкой краской в виде прямоугольника размером 10-20 см, вытянутого по продольному направлению. Координаты привязки указывают в сводной ведомости (см. рис. 2.2). В знаменателе записывают расстояние от контрольной точки до ближайшей кромки покрытия.

2.4.4. Контрольные испытания осуществляют методом статического нагружения колесом автомобиля. Для испытаний применяют грузовой двухосный автомобиль, у которого нагрузка на заднее колесо находится в пределах 30-50 кН с нормативным давлением воздуха в шинах (в соответствии с "Правилами эксплуатации автомобильных шин"). Шины задних колес автомобиля должны иметь дорожный или универсальный тип рисунка протектора (в соответствии с ГОСТ 22374-77 "Шины пневматические. Конструкция. Термины и определения") с износом, не превышающим допустимые нормы (остаточная высота рисунка протектора должна быть более 1 мм).

При испытании дорожных конструкций автомобилем, весовые параметры которого отличаются от параметров расчетной нагрузки (прил. 1), полученные результаты уточняют по формуле

$$E_A = 0,36 \cdot \frac{Q_K}{l}, \quad (2.3)$$

где E_A - модуль упругости дорожной конструкции при воздействии расчетной нагрузки, МПа;

Q_K - нагрузка на колесо используемого автомобиля, кН;

- величина измеренного обратимого прогиба, см.

Нагрузку на колесо проверяют с помощью переносных весов, обеспечивающих точность взвешивания до 0,5 кН. В случае отсутствия переносных весов можно определить нагрузку на колесо автомобиля взвешиванием на стационарных автомобильных весах. При этом автомобиль заезжает на платформу только задней осью. Искомую нагрузку определяют делением получаемого результата пополам.

Для измерения обратимых прогибов используют длиннобазовые рычажные прогибомеры (например, модели КП-204), обеспечивающие измерение прогибов с точностью не менее $\pm 0,02$ мм.

2.4.5. Линейные испытания дорожных одежд проводят методами статического или кратковременного нагружения.

При использовании высокопроизводительного метода кратковременного нагружения применяют установку динамического

нагружения (например, УДН-НК, Дина-3М), обеспечивающие времядействия нагрузки на дорожную одежду $t^3 0,02$ с и погрешностьизмерения прогибов не более 5%.

Состав и оснащениебригады для проведения испытаний приведены в приложении 2.

2.4.6. При одновременномиспользовании методов статического и кратковременного нагружения результатылинейных испытаний приводят к сопоставимому виду по формуле

$$\ell_{\phi} = X_1 \cdot \ell_D + X_2, \quad (2.4)$$

где X_1 и X_2 - эмпирические коэффициенты регрессионной зависимости(табл.2.2.);

ϕ - фактический прогибконструкции (прил.3) на характерном участке, соответствующий допустимомупроценту деформированной поверхности покрытия (расчетной надежности дорожнойодежды), при статическом нагружении расчетной нагрузкой (прил.1), см;

D - то же, при испытанияхустановкой кратковременного нагружения, см.

Для дорожных конструкцийс асфальтобетонным покрытием толщиной 5-20 см, устроенным на щебеночномосновании толщиной 15-40 см, с подстилающим песчаным слоем толщиной до 50 см,уложенным на земляное полотно из песчаного, супесчаного или суглинистого грунтаво II-III дорожно-климатических зонах коэффициенты X_1 и X_2 назначают по таблице 2.2.:

Таблица 2.2

	X_1	X_2
Для расчетного периода	0,26	1,12
Для нерасчетного периода	0,085	1,6

На характерных участкахобследуемых дорог, имеющих другие дорожные конструкции, для определениязначений X_1 и X_2 проводят сопоставительныеиспытания. Эти испытания проводят последовательно методами статического и кратковременного нагружения на характерных участках обследуемой дороги (длинойне менее 500 м каждый), различающихся конструкцией дорожной одежды. На каждомхарактерном участке испытывают не менее 30 равномерно расположенных вдольдороги точек обоими методами. По значениям фактических прогибов (ϕ) на характерныхучастках (прил.3) строят график регрессионной зависимости между статическими и динамическими прогибами для определения новых значений X_1 и X_2 (см. табл.2.2).

2.4.7. Линейныеиспытания проводят равномерно по полосе наката (1,0-1,5 м от кромки покрытия)на каждом характерном участке длиной не более 1 км в объеме:

Таблица 2.3

Количество измерений	Расчетный уровень надежности дорожной одежды
28	0,95
20	0,85-0,94
12	0,75-0,84
10	0,5-0,74

Допускается припроведении испытаний характерных участков длиной $1 < L \leq 3$ км проводитьиспытания 30 равномерно расположенных точек на 600-метровом отрезке,находящемся в любом месте характерного участка.

Если расчетный уровеньнадежности обследуемой дорожной одежды не известен, то на каждом характерномучастке проводят 30 испытаний. Точки испытаний, попадающие в зоныпучинообразования, выносят за пределы этих зон. Места развития пучин обследуютотдельно.

2.4.8. При выполненииполевых работ необходимо строго соблюдать правила техники безопасности(приложение 2).

2.5. Полевые испытаниядорожной одежды в расчетный период года

2.5.1. Испытаниедорожной одежды на контрольных точках (контрольные испытания) начинают за 7-10дней до начала срока ограничения движения в районе обследуемой дороги ипродолжают в течение всего периода наибольшего ослабления дорожной конструкции.

2.5.2. Продолжительностьрасчетного периода в сутках (T^*) в районах с сезонным промерзанием грунтаземляного полотна (I-III ДКЗ) определяют

$$T^* = h_0 / a, \quad (2.5)$$

где h_0 - глубина промерзаниягрунта земляного полотна, см;

a - среднесуточнаяскорость оттаивания, равная от 1 до 3 см/сут, рассчитываемая по скорости опусканиянулевой изотермы, приведенной в климатических справочниках.

2.5.3. На каждой контрольной точке проводят по одному испытанию через день в период с 14⁰⁰ до 17⁰⁰. В процессе испытаний на контрольных точках следует строго следить за установкой колеса автомобиля в пределах прямоугольника, отмеченного краской на покрытии (см. п.2.4.3). Общая продолжительность испытаний на каждой контрольной точке должна составлять не менее 30-35 дней.

2.5.4. Для приведения результатов испытаний к расчетному году параллельно с испытанием контрольных точек определяют влажность грунта земляного полотна. Для этого вскрывают шурфы на обочине, непосредственно вблизи контрольных точек, и периодически (один раз 3-5 дней), отбирают пробы грунта из-под проезжей части для определения относительной влажности грунта активной зоны земляного полотна в соответствии с ГОСТ 5180-84.

2.5.5. Линейные испытания в расчетный период года начинают после того, как по результатам испытаний на контрольных точках будет видна тенденция снижения их прочности во времени (увеличение прогиба под нагрузкой). При этом независимо от начала линейных испытаний следует в прежнем режиме проводить испытания на контрольных точках до тех пор, пока величина прогиба дорожной конструкции не стабилизируется у минимальных значений. Линейные испытания должны быть закончены раньше, чем испытания на контрольных точках.

2.6. Полевые испытания дорожной одежды в нерасчетный период года

2.6.1. В нерасчетные периоды года на каждой контрольной точке проводят одноразовое испытание дорожной конструкции с одновременным измерением температуры покрытия и определением влажности грунта земляного полотна (в соответствии с ГОСТ 5180-84) непосредственно под дорожной одеждой в шурфе, отрытом на ближайшей обочине напротив контрольной точки.

2.6.2. Время между линейными испытаниями и испытаниями на контрольной точке не должно превышать двух часов. Кроме того, для каждой конструкции дорожной одежды одну из назначенных контрольных точек испытывают в течение одного дня через каждые два часа (с 8.00 до 17.00) с одновременным измерением температуры покрытия. Измерения следует проводить только при отсутствии осадков.

2.6.3. Полевые испытания методом нагружения колесом автомобиля проводят при температуре асфальтобетонного покрытия не выше 50 °С.

2.7. Упрощенные полевые испытания

2.7.1. Упрощенные полевые испытания проводят при четко различимых дефектах дорожного покрытия, характеризующих предельное состояние нежесткой дорожной одежды (см. пп.1.6.), с целью получения распределения прогибов дорожной одежды под нагрузкой на характерных участках обследуемой автомобильной дороги.

2.7.2. Линейные испытания выполняют в полном объеме. Контрольные испытания выполняют с целью приведения разновременных результатов линейных испытаний к сопоставимому виду. Линейные и контрольные испытания начинают и заканчивают одновременно.

3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ

3.1. Обработка результатов испытаний, проведенных в расчетный период года

3.1.1. Результаты разновременных линейных испытаний корректируют путем приведения их к сопоставимому виду. Такую корректировку осуществляют с помощью графика изменения прогиба конструкции во времени (график "прогиб - время"), построенного по результатам ежедневных измерений прогиба на контрольных точках (прил.4).

3.1.2. Для объективной оценки состояния дорожных конструкций в условиях непрерывного изменения их прочности во времени, а следовательно, и неодинакового воздействия транспортных средств на дорогу, корректировку получаемых при испытаниях результатов осуществляют путем их приведения к состоянию конструкции, наиболее характерному, типичному для всего расчетного периода. Типичное состояние конструкции, характеризующее модулем упругости (E_{cp}), определяют с учетом длительности различных состояний в расчетный период года:

$$E_{cp} = A - B \left(\lg \sum_{i=1}^m \frac{t_{E_i}}{10^c} - 0,4 \right), \quad (3.1)$$

$$C = \frac{E_i - A + B}{B}, \quad (3.2)$$

где A и B - эмпирические коэффициенты, зависящие от типов покрытия, расчетной нагрузки, а также грунтово-гидрологических и погодных-климатических факторов (см. п.4.2);

m - количество расчетных состояний дорожной конструкции в расчетный период года;

t_{E_i} - продолжительность состояния дорожной конструкции с модулем (E_i) в расчетный период (определяют по графику "прогиб - время"), сут;

E_i - модуль упругости дорожной конструкции на контрольной точке в рассматриваемый момент времени, МПа.

Например, на рис.3.1 для состояния дорожной конструкции, характеризующего модулем упругости E_1 , имеем: $t_{E_1} = t_1 + t_2$.

Рис.3.1. Пример зависимости "прогиб-время" для приведения результатов линейных испытаний к сопоставимому виду:

1 - изменение состояния дорожной конструкции во времени на контрольной точке;

2 - предельное состояние дорожной конструкции, при котором воздействие автомобилей еще существенно; E_1 , E_2 и т.д. - модули упругости при различных расчетных состояниях дорожной конструкции

Модули упругости (E_i) рассчитывают по величинам прогибов (l_{k_i}), измеренных на контрольной точке в соответствии с (2.3):

$$E_i = \frac{0,36 \cdot Q_k}{l_{k_i}} \quad (3.3)$$

3.1.3. Для определения величины ($E_{ср}$) по формуле (3.1) необходимо знать границы расчетного периода (T_p). Эти границы¹ определены условием

¹ При отсутствии необходимых данных среднее значение расчетного периода (T_p) для II и III дорожно-климатических зон допускается принимать равным 25 суткам.

$$E_T = E_{TP} + B \cdot \lg(0,2 \cdot N_\Phi), \quad (3.4)$$

где E_T - максимальный модуль упругости дорожной конструкции, при котором еще требуется учет воздействия фактического движения на дороге, МПа (см. рис.3.1);

E_{TP} - требуемый по условиям движения модуль упругости дорожной конструкции, определяемый с использованием формул, учитывающих снижение несущей способности конструкций во времени, МПа (см. раздел 4.2);

N_Φ - приведенная к расчетной нагрузке фактическая интенсивность движения на полосу на момент проведения полевых испытаний, авт./сут:

$$N_\Phi = N \cdot \sum_{j=1}^{\omega} \alpha_j \cdot P_j, \quad (3.5)$$

где N - интенсивность движения транспортного потока на полосу в момент испытания дорожной конструкции, авт./сут (рассчитывают по прил.5);

ω - количество типов автомобилей в транспортном потоке;

α_j - коэффициент приведения рассматриваемого типа автомобиля к расчетной нагрузке (см. прил.1);

P_j - доля j -го типа автомобиля в составе транспортного потока (по данным учета движения на дороге).

В случаях, когда нет раздельного учета движения по отдельным полосам, интенсивность движения на полосу определяют по формуле

$$N = N^* \cdot f_n, \quad (3.6)$$

где N^* - суммарная интенсивность движения транспортного потока на дороге, авт./сут (определяют по прил.5);

f_n - коэффициент, учитывающий количество полос движения на обследуемой дороге (определяют по табл.3.1).

Таблица 3.1

Число полос движения	1	2	3	4	6
f_n	1	0,55	0,50	0,35	0,30

3.1.4. Корректировка результатов линейных испытаний дорожных конструкций путем их приведения к сопоставимому виду выполняют по следующей формуле:

$$\ell_{np_i} = \ell_i \cdot K_{изм_i} = \ell_i \frac{\ell_{cp}}{\ell_{K_i}}, \quad (3.7)$$

где ℓ_{np_i} - величина прогиба, приведенная к сопоставимому виду, мм;

$K_{изм_i}$ - коэффициент изменения прогиба во времени;

ℓ_{cp} - прогиб дорожной конструкции на контрольной точке при характерном для всего расчетного периода состоянии, мм.

Определяют его по формуле (3.3) при подстановке $E_i = E_{cp}$ и ℓ_{cp} вместо ℓ_{K_i} ;

ℓ_{K_i} - прогиб дорожной конструкции на контрольной точке в момент проведения линейных испытаний, мм;

ℓ_i - прогиб дорожной конструкции, измеренный в процессе линейных испытаний, мм.

В качестве примера поданным рис.3.1. выполнены расчеты, сведенные в табл.3.2.

Таблица 3.2

Дата	Время, ч	Место испытаний, км	ℓ_i , мм	$K_{изм_i} = \frac{\ell_{cp}}{\ell_{K_i}}$	$\ell_{np_i} = \ell_i \cdot K_{изм_i}$, мм
6.04	10.00	ПК 30+150	0,26	$K_{изм} = \frac{0,48}{0,27} = 1,78$	$0,26 \times 1,78 = 0,46$
9.04	10.10	ПК 30+200	0,35	$K_{изм} = \frac{0,48}{0,64} = 0,75$	$0,35 \times 1,78 = 0,62$
	10.20	ПК 30+250	0,40		$0,40 \times 1,78 = 0,71$
	14.30	ПК 45+050	0,80		$0,80 \times 0,75 = 0,60$
	14.40	ПК 45+100	0,70		$0,70 \times 0,75 = 0,52$
	14.50	ПК 45+150	0,60		$0,60 \times 0,75 = 0,45$

3.1.5. Распределение деформационных свойств дорожной конструкции в пределах характерного участка носит случайный характер. В этих условиях объективная оценка состояния дорожных конструкций может быть выполнена по величине фактического прогиба (ϕ), соответствующего допустимому проценту деформированной поверхности покрытия.

Обработку результатов линейных испытаний проводят в соответствии с приложением 3.

3.1.6. При одновременном испытании дорожных одежд методами статического и кратковременного нагружения результаты линейных испытаний, проведенных методом кратковременного нагружения, приводят к сопоставимому виду с результатами, получаемыми статическим нагружением колесом автомобиля в соответствии с п.2.4.6.

3.1.7. Полученные величины прогибов (ϕ) используют для расчета фактических модулей упругости дорожной конструкции на каждом характерном участке. Расчеты выполняют по формуле (2.3), заменяя (ϕ) на (ϕ) и (E_d) на (E_ϕ):

$$E_\phi = \frac{0,36 \cdot Q_k}{\ell_\phi} \quad (3.8)$$

3.1.8. Полевые испытания дорожных одежд могут быть выполнены не в расчетном году. Для корректировки полученных данных используют график "влажность - время", построенный по данным периодического (1 раз в 3-5 дней) измерения относительной влажности грунта земляного полотна (W) на обследуемых участках (см. п.2.4.9).

Сопоставляя графики "прогиб - время" и "влажность - время", определяют относительную влажность грунта земляного полотна (W) на характерном участке, соответствующую типичному для всего расчетного периода состоянию дорожной одежды. Для этого находят значения влажности (W_i), соответствующие по времени точкам пересечения линии, характеризующей типичное

состояние дорожной одежды (ϕ), с графиком "прогиб - время". Величину (W) определяют как среднее значение из (W_i). Полученную влажность (W) сравнивают с влажностью грунтов расчетного года (W_p). В качестве влажности грунта расчетного года принимают наиболее вероятную влажность за рассматриваемый период времени (5-15 лет) в соответствии с табл.3.3.

Таблица 3.3

Показатель	Влажность грунта в расчетном году (W_p)
Тип грунта	
Супесь легкая, песок пылеватый	0,76
Суглинок пылеватый, суглинок легкий, глина	0,86

Фактические значения модулей упругости (E_{ϕ}), рассчитанных по формуле (3.8), в случаях различия влажностей (W) и (W_p) корректируют в следующей последовательности, используя приложение 2 ОДН 218.046-01 номограмму приложения 6:

- определяют модули упругости грунтов земляного полотна (E_0) и (E_p), соответствующие значениям влажности (W) и (W_p);
- находят средний модуль упругости слоев дорожной одежды (E_C) с помощью номограммы для послойного расчета по известным фактическим модулям упругости дорожной конструкции (E_{ϕ}), толщине дорожной одежды и модулям упругости грунта земляного полотна (E_0) при характерном состоянии конструкции.
- определяют по номограмме для послойного расчета при известных (E_C) и (E_p) модуль упругости дорожной конструкции (E_{ϕ}^*), приведенный к расчетному году.

Если по технико-экономическим соображениям возникнет необходимость более точной оценки состояния автомобильной дороги (например, в случаях недостаточной изученности местных региональных условий), приведение модулей упругости к расчетному году можно осуществлять с использованием данных гидрометеостанций (приложение 7).

3.1.9. Полученные значения фактических модулей упругости E_{ϕ}^* используют для построения графика (рис.3.2) результатов линейных испытаний дорожных конструкций, на который выносят значения модулей упругости конструкций, требуемых по условиям движения (E_{mp}). В результате сопоставления фактических и требуемых модулей упругости решают вопрос об участках недостаточной прочности. Если фактический модуль упругости дорожной конструкции превышает или равен требуемому, то участок дороги можно отнести к прочным. Если фактический модуль упругости окажется меньше требуемого, то участок имеет недостаточную прочность.

Рис.3.2. График результатов испытаний дорожной одежды:

- 1 - границы характерных участков; 2 - линия требуемого модуля упругости дорожной конструкции на характерном участке; 3 - участки недостаточной прочности; E - модуль упругости дорожной конструкции; 4 - эпюра приведенных фактических модулей упругости (E_{ϕ}^*)

3.2. Обработка результатов испытаний, проведенных в нерасчетные периоды года

3.2.1. Результаты полевых испытаний обрабатывают методами математической статистики (см. прил.3) и используют для построения графика температура покрытия - прогиб (рис.3.3), необходимого для определения прогиба конструкции при расчетной температуре покрытия. В качестве расчетных температур покрытия из материалов, содержащих органическое вяжущее, принимают: +10 °С - в I ДКЗ; +20 °С - во II ДКЗ; +30 °С - в III ДКЗ; +40 °С - в IV ДКЗ и +50 °С - в V ДКЗ.

Рис.3.3. Пример построения графика "температура покрытия - прогиб" по результатам испытания дорожной конструкции на контрольной точке.

Стрелками показан порядок определения расчетного значения обратимого прогиба (ρ), соответствующего расчетной

температуре покрытия (t_{Φ}^{II}); - обратимый прогиб, см;

t^n - температура покрытия, °C

3.2.2. Предварительно обработанные результаты линейных испытаний приводят к требуемому расчетному состоянию дорожных одежд и земляного полотна. Приведенный фактический модуль упругости конструкции определяют по формуле

$$E_{\Phi}^* = E_{\Phi Л} \left[\frac{1}{K_{\ominus}} - \frac{1,5DK_{\Gamma}}{H_K} \left(1 - \frac{W_{\Phi Л}}{W_P} \right) \right] K_D \cdot K_T, \quad (3.9)$$

где $E_{\Phi Л}$ - фактический модуль упругости дорожной конструкции характерного участка, полученный по результатам испытаний в нерасчетный период года (определяют по формуле 3.8), заменив (E_{Φ}) на ($E_{\Phi Л}$), МПа;

$$K_{\ominus} = \frac{\ell_P}{\ell_{\circ}} - \text{температурный коэффициент, равный отношению прогиба } (\rho) \text{ при расчетной температуре покрытия } (t_{\Phi}^{II}) \text{ к}$$

прогибу (ρ) при температуре, соответствующей периоду проведения испытаний (t_{Φ}^{II}). Расчетную температуру покрытия (t_P)

определяют в соответствии с п.3.2.1. Используя график "температура покрытия - прогиб" (см. рис.3.3), по величине (t_{Φ}^{II}) находят значение (ρ).

Для переходных типов одежд $K_Q = 1$;

H_K - толщина дорожной одежды на контрольной точке, измеренная в шурфе при определении влажности грунта земляного полотна, см;

K_{Γ} - эмпирический коэффициент, зависящий от вида грунта земляного полотна в месте расположения контрольной точки. $K_{\Gamma} = 1,5$ - для супесей легких и песчаных грунтов; $K_{\Gamma} = 2,15$ - для суглинков, супесей пылеватых и тяжелых пылеватых;

$W_{\Phi Л}$ - измеренная относительная влажность грунта земляного полотна на контрольной точке в период проведения испытаний, %. Определяют ее в соответствии с п.2.4.10;

W_P - относительная расчетная влажность грунта земляного полотна, %. Находят ее в соответствии с п.3.1.8;

D - расчетный диаметр пятки колеса, см (см. прил.1);

K_D - эмпирический коэффициент, зависящий от состояния покрытия в районе контрольной точки. При наличии сетки трещин $K_D = 0,90$; при отсутствии - $K_D = 1,00$;

K_T - эмпирический коэффициент приведения дорожной конструкции к типичному состоянию. Определяют в соответствии с табл.4 прил.7.

3.2.3. В случае, если полевые работы организованы таким образом, что испытания контрольных точек на характерных участках проводят в расчетный период, а линейные испытания этих участков осуществляют в нерасчетный период года, то корректировку результатов линейных испытаний проводят путем их приведения к сопоставимому виду и выполняют в

соответствии с разделом 3.1.4. Полученные значения (E_{Φ}^*) выносят на линейный график в соответствии с п.3.1.9.

3.2.4. При соответствующем технико-экономическом обосновании результаты испытаний обрабатывают с учетом местных погодных-климатических условий, используя данные гидрометеостанций (см. прил.7).

3.3. Обработка результатов упрощенных полевых испытаний

3.3.1. Метод упрощенных полевых испытаний основан на сравнении среднестатистической закономерности распределения

прогибов дорожной конструкции и типичной закономерности снижения ее модуля упругости под воздействием автомобильного движения и погодных-климатических факторов.

3.3.2. По результатам визуального обследования на каждом характерном участке дороги (см. пп.2.3.5.) определяют степень деформирования поверхности дорожного покрытия (см. пп.2.2.1.).

3.3.3. По результатам полевых испытаний дорожных одежд на грузкой определяют фактическое распределение прогибов для каждого характерного участка дороги и строят соответствующие кривые накопления (см. прил.3).

3.3.4. Полученные кривые накопления строят в относительных величинах обратимого прогиба (по отношению к среднему прогибу) и сравнивают со стандартной кривой накопления (см. табл.1, прил.6). На рис.3.4 показан пример такого сравнения с определением коэффициента отклонения прогиба (K_j) для допускаемой фактической степени деформирования покрытия (r_j):

$$K_i = \frac{X_{ji}}{X_{jc}}, \quad (3.10)$$

где X_{ji} , X_{jc} - относительные прогибы дорожной конструкции, полученные соответственно по кривой накопления для фактического распределения прогибов на характерном участке и по стандартной кривой накопления.

Рис.3.4. Сопоставление стандартной и фактической кривых накопления с определением относительных прогибов при установленной степени деформирования покрытия:

1 - кривая накопления для стандартной кривой распределения прогибов; 2 - кривая накопления для фактической кривой распределения прогибов на характерном участке дороги

Величину X_j определяют по формуле

$$X_j = \frac{\ell_i}{\ell_{cp}} = \frac{E_{cp}}{E_i}, \quad (3.11)$$

где ℓ_{cp} и E_{cp} - среднеарифметические значения соответственно прогибов и модулей упругости дорожной конструкции, мм и МПа;

ℓ_i и E_i - значения прогибов и модулей упругости в статистической выборке, мм и МПа.

3.3.5. Основываясь на результатах сопоставления кривых накопления, определяют фактический модуль упругости E_{ϕ} характерного участка дороги:

$$E_{\phi} = \frac{1}{K_i} E_p, \quad (3.12)$$

где E_p - расчетный модуль упругости конструкции, соответствующий моменту образования рассматриваемого прочностного дефекта на покрытии характерного участка:

$$E_p = \pi \cdot (E_{mp} - E_m) + E_m, \quad (3.13)$$

где E_{mp} - требуемый модуль упругости дорожной конструкции на начало эксплуатации послестроительства или последнего капитального ремонта дорожной одежды, МПа. Рассчитывают в соответствии с пп.4.2;

h - коэффициент, зависящий от фактической степени деформирования поверхности покрытия. Определяют по табл.3.4.

Таблица 3.4

h	Фактическая степень деформирования поверхности покрытия (r_{ϕ}) в долях от допустимой степени деформирования поверхности покрытия ($r_{\partial ол}$), определенной по формуле 1.1
1-0,95	0,0
0,90	0,1
0,85	0,3
0,50	0,7
0,25	0,9
0	1,0

Величину (E_m) определяют по формуле

$$E_m = \frac{A}{1,15} \cdot K_{np} \cdot K_{рег} \cdot K_z \cdot K_{cu}, \quad (3.14)$$

где K_{np} - коэффициент относительной прочности дорожной одежды, принимаемый по табл.2 прил.6;

$K_{рег}$ - региональный коэффициент; $K_{рег} = 1$ - для I-IV ДКЗ; $K_{рег} = 0,85$ для V ДКЗ;

K_z - расчетный коэффициент, зависящий от фактической интенсивности дорожного движения (табл.4 прил.6);

K_{cu} - коэффициент, учитывающий сопротивление конструктивных слоев дорожных одежд сдвигу и изгибу (табл.3 прил.6).

3.3.6. При отсутствии данных о величине (E_{mp}) его значение можно определить по формуле (3.15) с использованием результатов вскрытия дорожной одежды или по эквивалентному модулю упругости ($E_{экв}$) для проектной дорожной конструкции, рассчитанному с помощью номограммы рис.3.1 ОДН 218.046-01:

$$E_{mp} = E_{экв} \cdot \frac{1}{X_j}, \quad (3.15)$$

где X_j - параметр, зависящий от допустимого процента деформированной поверхности покрытия (табл.1 прил.6)

4. НАЗНАЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ПРОЧНОСТИ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

4.1. Требуемую прочность дорожных одежд определяют применительно к следующим задачам, решаемым в практической деятельности дорожных организаций:

- оценка прочности дорожной одежды для расчета толщины слоев усиления при разработке проектов на ремонт и реконструкцию автомобильных дорог;
- оценка прочности дорожной одежды в процессе эксплуатации автомобильных дорог (в том числе при диагностике, паспортизации и инвентаризации автомобильных дорог, временном ограничении дорожного движения, при пропуске транспортных средств, перевозящих тяжелые грузы);
- оценка качества строительных и ремонтных работ.

4.2. В общем случае требуемый модуль упругости дорожных одежд и земляного полотна определяют по формуле

$$E_{mp} = E_{\min} \cdot K_{np} \cdot K_{рег} \cdot K_{cu} \cdot K_z \cdot \frac{1}{X_j}, \quad (4.1)$$

где X_j - параметр, зависящий от допускаемой вероятности повреждения покрытий (табл.1 прил.6).

Для случая роста интенсивности движения во времени в соответствии с законом геометрической прогрессии

$$E_{\min} = A + B \left[\lg \left(\gamma \cdot \omega^* \cdot N_1 \cdot \frac{q^t - 1}{q - 1} \right) - 1 \right], \quad (4.2)$$

где A и B - эмпирические коэффициенты, принимаемые для расчетной нагрузки:

$A = 125$ МПа; $B = 68$ МПа;

g - параметр, учитывающий суммарное число приложений расчетной нагрузки и принимаемый для усовершенствованных капитальных, облегченных и переходных одежд соответственно: $g = 0,12$; $g = 0,148$; $g = 0,171$;

w^* - коэффициент, учитывающий продолжительность расчетного периода и агрессивность воздействия расчетных автомобилей в разных погодно-климатических условиях (принимают по таблицам 5.1 и 5.2 прил.6);

N_1 - среднесуточная интенсивность движения на полосу в расчетный период 1-го года эксплуатации, приведенная к расчетным автомобилям, авт./сут.

$$N_1 = N_{\Phi} \cdot q, \quad (4.3)$$

где q - показатель роста интенсивности движения (приложение 5);

t_i - расчетный период эксплуатации дорожной одежды, годы.

Независимо от результата, полученного по формуле (4.2), величина (E_{min}) должна быть не менее указанной в табл.4.1.

Таблица 4.1

Категория дороги	E_{min}		
	Капитальные	Облегченные	Переходные
I	230	-	-
II	220	210	-
III	200	200	-
IV	-	150	100
V	-	100	50

Для случаев изменения интенсивности движения во времени по линейной закономерности либо при постоянной интенсивности движения величину требуемого модуля определяют по формуле

$$E_{min} = A + B \cdot \lg [\gamma \cdot \omega^* \cdot N_1 (1,1^Y - 1)] \quad (4.4)$$

При линейной закономерности изменения интенсивности движения автомобилей во времени временной параметр (Y) выражают формулой

$$Y = 24,2 \cdot \lg \left\{ 0,1 \cdot t_i \left[1 + \frac{\xi(t_i - 1)}{2 \cdot N_1} \right] + 1 \right\} \quad (4.5)$$

где x - показатель роста интенсивности движения при линейном изменении ее во времени.

При постоянной интенсивности движения автомобилей временной параметр (Y) находят по формуле

$$Y = 24,2 \cdot \lg (0,1 \cdot t_i + 1) \quad (4.6)$$

Для случаев, описанных в формулах 4.5 и 4.6, справедливо соотношение

$$N_1 = N_{\Phi} \quad (4.7)$$

4.3. Для оценки прочности дорожной одежды при приемке дорог в эксплуатацию требуемый модуль упругости дорожной конструкции определяют в соответствии с формулой (3.15).

4.4. При оценке прочности автомобильных дорог, находящихся в эксплуатации, требуемые модули упругости рассчитывают по формулам раздела 4.2. при

$$t_i = T_p - t_{\Phi}, \quad (4.8)$$

где T_p - проектный, расчетный срок службы дорожной одежды, годы;

t_{Φ} - фактический период эксплуатации от момента строительства или последнего ремонта дорожной одежды до момента обследования дороги, годы.

4.5. Если на момент обследования дороги оставшийся период эксплуатации составляет не более года (т.е. $t_{\Phi} \gg T_p$) или ($\frac{E_{\Phi}^*}{E_{TP_i}} < 1$), то необходимо выполнить усиление дорожной одежды. Слои усиления рассчитывают на оптимальную перспективу и надежность дорожной одежды. Для этого требуемый модуль упругости рассчитывают по формулам раздела 4.2 при

$$t_i = T_o, \quad (4.9)$$

где T_o - нормативный срок службы дорожной одежды, годы.

¹ E_{TP_i} - требуемый модуль упругости дорожной конструкции в t -ый момент времени.

Нормативный срок службы дорожной одежды и соответствующий ему нормативный уровень надежности конструкции принимают по табл.5 прил.6.

4.6. Если нормативный уровень надежности усиливаемой конструкции отличается от проектного уровня надежности обследованной дорожной одежды, то, прежде чем осуществлять расчет усиления, необходимо уточнить фактический модуль упругости существующей дорожной одежды. Для этого используют имеющиеся распределения и кумулятивные кривые прогибов на характерных участках дороги. Уточненный фактический прогиб конструкции (ϕ) определяют в соответствии с прил.3 при новом уровне надежности, принятом для конструкции усиления. Последовательность остальных вычислений не отличается от последовательности вычислений, принятой в п.3.1.7-3.1.9.

4.7. Для случаев, когда не имеется данных о расчетных (проектных) сроках службы дорожной одежды, требуемые модули упругости дорожной конструкции определяют с использованием условия (4.9).

5. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

5.1. Конструирование и расчет слоев усиления дорожной одежды

5.1.1. Вопрос об усилении дорожной одежды рассматривается всегда, когда ее фактический модуль упругости (E_{ϕ}), определенный в результате полевых испытаний, оказывается меньше требуемого по условиям движения (E_{mp}).

Способ повышения прочности дорожной одежды выбирают в результате технико-экономического сравнения вариантов. При использовании фрезерования дорожного покрытия в расчетах используют значения фактической прочности дорожной одежды, полученные после фрезерования. Если на момент проведения обследований фактический модуль упругости больше требуемого ($E_{\phi} > E_{mp}$), а ровность покрытия неудовлетворительная, осуществляют укладку выравнивающего слоя с обеспечением сцепных свойств поверхности дорожного покрытия.

5.1.2. Тип покрытия при назначении слоев усиления выбирают с учетом перспективной интенсивности движения автомобилей.

Верхний слой усиления дорожной одежды по прочностным характеристикам не должен уступать существующему покрытию. Например, при существующем асфальтобетонном покрытии верхний слой усиления также должен быть из асфальтобетона.

В результате технико-экономического обоснования вместо усовершенствованных облегченных или переходных дорожных покрытий могут быть назначены более совершенные покрытия. Материал дорожного покрытия должен обеспечивать требуемые сцепные свойства и обладать устойчивостью к возникновению сдвигов, наплывов, келейности и волн при высоких температурах.

5.1.3. Общая толщина слоев усиления не должна быть меньше величин, указанных в табл.5.1. Во всех случаях толщина каждого слоя должна не менее чем в 1,5 раза превышать размер наиболее крупных частиц каменного материала, из которого изготовлен данный слой.

Таблица 5.1

Минимальные толщины слоев усиления

Материал слоев усиления	Толщина слоев усиления, см	Материал слоев усиления	Толщина слоев усиления, см
Асфальтобетон: крупнозернистый	6-7	Щебеночные и гравийные материалы, обработанные цементом на твердом основании	8
мелкозернистый	3-5		
песчаный	3-4		
холодный	3	Грунты, обработанные органическим вяжущим способом смешения на дороге	6
Щебеночные и гравийные материалы, обработанные органическим вяжущим в установке и смешением на дороге	5		
Щебень, обработанный органическим вяжущим способом пропитки	8	Минеральные материалы, не обработанные вяжущим, на: - щебеночном слое - гравийном слое - песчаном слое	8
			10
			15

Примечание. Большие из значений толщины асфальтобетонных покрытий даны для дорог I-II категорий, а меньшие - для дорог III-IV категорий.

5.1.4. Расчет толщины слоев усиления ведут по установленному соотношению (E_{mp}/E_{ϕ}), используя номограмму приложения 6. При использовании номограммы сначала назначают модули упругости слоев усиления (E_1)*, затем рассчитывают соотношения (E_{ϕ}/E_1) и (E_{mp}/E_1). Откладывают полученное соотношение (E_{ϕ}/E_1) на оси ординат, проводят горизонталь до пересечения с наклонной линией, характеризуемой соотношением (E_{mp}/E_1). Из точки пересечения опускают вертикаль до пересечения с осью абсцисс, где находят соотношение ($X=h/D$). Используя расчетный диаметр отпечатка колеса (D) (табл.1 прил.1), определяют искомую толщину слоя усиления

$$h = X \cdot D. \quad (5.1)$$

* Модули упругости - по ОДН 218.046-01

5.1.5. Если по расчету необходимо однослойное усиление и толщина слоя усиления меньше его величины, указанной в табл.5.1, но больше половины этой величины, то следует принять толщину слоя усиления по табл.5.1 или рассмотреть вариант укладки материала, позволяющего делать более тонкие слои. Например, вместо гравия, обработанного органическим вяжущим, следует укладывать холодную асфальтобетонную смесь. Выбор варианта осуществляют по результатам технико-экономического обоснования.

Если по расчету толщина слоя усиления из материала, обработанного органическим вяжущим, получилась менее половины величины, указанной в табл.5.1, то достаточно провести поверхностную обработку существующего покрытия после соответствующего ямочного ремонта.

5.1.6. При проектировании усиления дорожной одежды капитального, облегченного или переходного типа, находящейся в неудовлетворительном состоянии по ровности, минимальную толщину слоя усиления (h) из материала, содержащего органическое вяжущее, назначают с учетом перспективной интенсивности движения на полосу (N_t), приведенной в расчетным нагрузкам:

Таблица 5.2

N_t , авт./сут	100	200	500	1000	2000	5000	>5000
h , см	7	8	10	12	13	15	17

В случаях, если полученная расчетом толщина слоя усиления больше указанной в табл.5.2, нижнюю часть его следует предусматривать из менее прочного и дорогостоящего материала, чем асфальтобетон (см. табл.5.3). Величину (N_t) определяют по формулам

$$N_t = \gamma \cdot \omega^* \cdot N_1 \cdot \frac{q^t - 1}{q - 1} \quad (5.2)$$

для случая роста интенсивности движения во времени в соответствии с законом геометрической прогрессии и

$$N_t = \gamma \cdot \omega^* \cdot N_1 \cdot (1,1^p - 1) \quad (5.3)$$

для случаев изменения интенсивности движения во времени по линейной закономерности либо при постоянной интенсивности движения.

Таблица 5.3

Существующее покрытие	Материалы, рекомендуемые для нижней части слоя усиления				
	Гравий	Щебень	Грунт, укрепленный вяжущим	Гравий или щебень, укрепленный вяжущим	Гравий или щебень с гранулированным шлаком
Гравийное, не обработанное вяжущим	+	+	-	+	+
Щебеночное, не обработанное вяжущим, булыжная мостовая, мостовая из брусчатки и мозаики	-	+	-	+	+
Цементогрунтовое с поверхностной обработкой и без нее	-	-	+	+	+
Из гравийных и щебеночных смесей, обработанных органическим вяжущим, асфальтобетон	-	-	-	+	+

Если толщина нижнего слоя, не содержащего органическое вяжущее, меньше предусмотренного в табл.5.1, то этот слой должен быть заменен за счет утолщения вышележащего слоя, содержащего органическое вяжущее.

В случае применения в нижнем слое усиления грунта, гравия или щебня, укрепленных неорганическим вяжущим (цементом и др.), во избежание появления большого количества трещин на покрытии, построенном с использованием органического вяжущего, оно должно иметь толщину не менее 12 см. Если при этом по расчету толщина верхних слоев меньше 12 см, то материал, укрепленный неорганическим вяжущим, необходимо заменить материалом верхних слоев путем их соответствующего утолщения.

Материалы, необработанные вяжущим, можно укладывать в нижнюю часть слоев усиления только в том случае, если под ними расположены слои из водонепроницаемого материала (гравия, щебня). В противном случае в этих слоях, оказавшихся между водонепроницаемыми материалами, произойдет влагонакопление, что ускорит их разрушение при промерзании и потерю прочности в расчетный период. Исключения составляют участки дорог, расположенные в местах, где отсутствует сезонное промерзание дорожных одежд.

5.2. Ограничение движения автомобилей на дорогах в период наибольшего ослабления дорожных конструкций

5.2.1. На участках автомобильных дорог с недостаточной прочностью дорожной одежды ($E_{\phi} < E_{mp}$) ограничение движения транспортных средств требуется в тех случаях, когда потехнико-экономическим соображениям устройство слоев усиления не является эффективным мероприятием или когда не имеется возможностей для усиления дорожных конструкций в год проведения полевых испытаний. Начало и окончание периода ограничения движения транспортных средств определяют по результатам испытаний на контрольных точках (см. п.2.5.5). Допускается определять сроки начала и окончания периода ограничения движения транспортных средств по температуре грунта земляного полотна¹.

¹ Методические рекомендации по использованию стационарных постов контроля температуры грунта земляного полотна при проведении мероприятий по ограничению движения автомобилей, Минавтодор РСФСР, Саратовский филиал Гипродорнии, Саратов, 1988.

5.2.2. Движение ограничивают из условия обеспечения работоспособности конструкции в пределах расчетного срока службы дорожной одежды или до планируемого начала производства работ по ее усилению. В этих случаях движение следует ограничивать ежегодно в период наибольшего ослабления дорожной конструкции.

5.2.3. Допустимую интенсивность движения расчетных нагрузок N_D в первый год после проведения полевых испытаний для наиболее вероятного закона роста интенсивности движения рассчитывают по формуле

$$N_D = \frac{10^M \cdot (q - 1)}{\gamma \cdot \omega^* \cdot (q^{t_{ocm}} - 1)}, \quad (5.4)$$

где

$$M = \frac{E_i - A}{B} + 1;$$
$$E_i = \frac{E_{\phi} \cdot X_i}{K_{cu} \cdot K_{np} \cdot K_{pez} \cdot K_z};$$

t_{ocm} - время до планируемого начала работ по усилению дорожной одежды или время в пределах оставшегося периода эксплуатации дорожной одежды до ремонта ($t_{ocm} = T_p - t_{\phi}$).

5.2.4. Допустимую интенсивность движения сопоставляют с фактической интенсивностью в первый год после проведения полевых испытаний. Дорожные знаки, ограничивающие осевые нагрузки транспортных средств в период сезонного ограничения движения, должны соответствовать наибольшим осевым нагрузкам грузовых автомобилей, допускаемым для проезда по недостаточно прочным участкам. Определение типов этих автомобилей осуществляют методом последовательного исключения из состава движения отдельных автомобилей, добиваясь примерного равенства допустимой и фактической интенсивности движения (N_{ϕ}), приведенной к расчетным нагрузкам:

$$N_{\phi} = f \cdot N_{\phi} \sum_1^{\infty} \alpha_j \cdot p_j, \quad (5.5)$$

где f - коэффициент полноты (см. табл.3.1).

С целью получения наибольшего эффекта следует в первую очередь исключать из состава движения на дороге тяжелые транспортные средства, оказывающие наиболее разрушающее воздействие на дорожную одежду.

5.2.5. Допустимую интенсивность движения расчетной нагрузки в любой год эксплуатации после проведения полевых испытаний определяют с учетом роста движения во времени по формуле

$$N_{Dt} = N_D \cdot q^{t_j - 1}, \quad (5.6)$$

где $t_j = 1; 2; 3 + t$.

Например, в первый год после полевых испытаний ($t_j = 1$) $N_{Dt} = N_D$.

Пример. Рассчитаем состав движения, допустимый в первый год после проведения полевых испытаний дорожных одежд капитального типа.

Фактическая интенсивность движения транспортного потока на полосу движения в первый год после проведения полевых испытаний составила $N = 3500$ авт./сут при коэффициенте полноты 0,5. В транспортном потоке 20% автомобилей типа МАЗ-500, 30% - типа ЗИЛ-130 и 20% - типа ГАЗ-53. Остальные - легковые автомобили. Допускаемая интенсивность движения расчетных нагрузок (N_D) в первый год после проведения полевых испытаний рассчитывают по формуле 5.2 ($N_D = 900$ авт./сут). Показатель роста интенсивности дорожного движения равен $q = 1,1$. Коэффициенты приведения (см. прил.1) равны: $\alpha_{MAZ} = 1$; $\alpha_{ЗИЛ} = 0,23$; $\alpha_{ГАЗ} = 0,02$.

Рассчитываем фактическую приведенную интенсивность движения на полосу в первый год после полевых испытаний по формуле (5.4):

$$N_j = N_1 = 3500(1 \cdot 0,2 + 0,23 \cdot 0,3 + 0,02 \cdot 0,2) \cdot 1,1 = 3500 \cdot (0,2 + 0,069 + 0,004) \cdot 1,1 = 1051 \text{ авт./сут, т.е.}$$

$N_1 = 1051 > N_D = 900$ авт./сут.

Уберем из состава движения автомобили МАЗ-500, тогда

$$N_j^* = 3500(0,069+0,004) \cdot 1,1 = 281 \text{ авт./сут} < N_D = 900 \text{ авт./сут.}$$

Следовательно, на дороге целесообразно ограничить только часть автомобилей МАЗ-500.

Расчеты показывают, что для обеспечения равенства по формуле (5.4) достаточно в составе движения оставить 16% автомобилей МАЗ-500.

Для определения начала ограничения движения осуществляют испытания образцов на контрольных точках соответствующего участка дороги в соответствии с п.2.4.9. Ограничение движения осуществляют в момент, когда $E_j \leq E_T$ (значение величины E_T определяют по формуле 3.4). Ограничение движения отменяют, когда $E_j > E_T$.

5.3. Особый случай улучшения состояния дорожных конструкций

5.3.1. Возможны случаи, когда по тем или иным причинам не удается усилить дорожную конструкцию в год проведения ее испытаний. В таких случаях значения фактических модулей упругости ($E_{ф}$) дорожной конструкции, полученных в результате испытаний, должны быть пересчитаны с учетом их снижения в процессе службы дороги до момента работ по усилению.

5.3.2. В соответствии с разделом 5.2 на участках с недостаточной прочностью дорожных конструкций в случае возникновения задержек с проведением работ по усилению дорожных конструкций должно быть предусмотрено ограничение движения транспортных средств из условия обеспечения необходимой работоспособности конструкций в пределах расчетного срока службы.

В этих условиях фактический модуль упругости конструкций ($E_{ф}^*$) в первый год после проведения полевых испытаний определяют с помощью формул (4.1) и (4.2) при замене ($E_{мп}$) на ($E_{ф}$), (N_1) на (N_D) и, принимая, что $t_i = T_p - (t_{ф} + t_j)$ при $1 \leq t_j \leq (T_p - t_{ф})$, где (t_j) - время, прошедшее после полевых испытаний.

Если $T_p - t_{ф} \leq 1$ года, то требуется произвести немедленное усиление дорожной конструкции или полное запрещение движения грузовых автомобилей в расчетные, неблагоприятные по условиям увлажнения, периоды года.

5.3.3. Требуемый модуль упругости дорожной конструкции ($E_{мп}$) находят в соответствии с разделом 4, используя вместо интенсивности (N_1) величину (N_j), определяемую по формуле (5.6) в зависимости от рассматриваемого периода времени (t_j).

5.3.4. Полученные значения ($E_{мп}$) и ($E_{ф}$) используют для расчета слоев усиления. Расчет проводят в соответствии с рекомендациями раздела 5.1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ И КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРИВЕДЕНИЯ СОСТАВА ДВИЖЕНИЯ К РАСЧЕТНЫМ АВТОМОБИЛЯМ

Для проведения расчетов фактическая интенсивность движения смешанного транспортного потока заменяется интенсивностью, приведенной к расчетной осевой нагрузке. При этом результаты оценки несущей способности дорожных конструкций не зависят от того, к какой именно расчетной нагрузке осуществляется приведение воздействия отдельных автомобилей в составе транспортного потока при условии, что для каждой расчетной нагрузки должны использоваться соответствующие графики или показатели требуемой прочности. Для оценки прочности и расчета усиления жестких дорожных конструкций следует использовать расчетную осевую нагрузку 100 кН, основные параметры которой приведены в табл.1.

Таблица 1

Расчетная статическая нагрузка на ось, кН	Среднее расчетное удельное давление на покрытие, МПа	Расчетный диаметр отпечатка колеса, см	
		Статическое нагружение	Кратковременное нагружение
100	0,6	33	37

При приведении транспортного потока к расчетной нагрузке движение легковых автомобилей не учитывают. Коэффициенты приведения (α_j) осевых нагрузок транспортных средств к расчетной осевой нагрузке определяют по формуле

$$\alpha_j = \left(\frac{Q_j}{Q_p} \right)^\beta, \quad (1)$$

где Q_p - расчетная осевая нагрузка, равная 100 кН;

Q_j - нагрузка на ось приводимого j -го автомобиля, кН;

b - показатель, учитывающий тип дорожной одежды (см. табл.2 приложения 6).

В табл.2 представлены рассчитанные коэффициенты приведения осевых нагрузок (a_j) для некоторых автомобилей.

Таблица 2

Марка транспортного средства	Коэффициент приведения a_j в зависимости от типа дорожной одежды		
	усовершенствованный капитальный	усовершенствованный облегченный	переходный и низший
1	2	3	4
Грузовые бортовые автомобили			
ГАЗ-52-03	0,02	0,06	0,16
ГАЗ-52-04	-	0,04	0,13
ГАЗ-53 А	0,08	0,19	0,35
ГАЗ-3307; -5312; -3309	0,10	0,23	0,40
ГАЗ-66-01; -66-02	-	0,06	0,18
ЗИЛ-130	0,21	0,54	0,55
ЗИЛ-130-76; -130 Г-76	0,35	0,52	0,70
ЗИЛ-131	0,16	0,40	0,58
ЗИЛ-131 Н	0,08	0,25	0,44
ЗИЛ-133 Г1	0,44	0,75	0,94
ЗИЛ-133 Г2; -133 Г4; -133 ГЯ	1,04	1,34	1,32
ЗИЛ-153 КД	0,04	0,14	0,30
ЗИЛ-431410; -431510;	0,35	0,52	0,70
-431610; -431810			
ЗИЛ-432720	0,15	0,31	0,54
ЗИЛ-432900; -432910	0,37	0,54	0,73
ЗИЛ-433100; -433102;	0,39	0,57	0,80
-433104; -433110; -433300;			
-433302; -433360; -433510			
ЗИЛ-433410; -433420; -433422	0,10	0,28	0,50
КамАЗ-4310; -43101	0,33	0,64	0,86
КамАЗ-43105; -43106; -43114	0,43	0,78	1,01
КамАЗ-4325	0,45	0,64	0,88
КамАЗ-4326; -43261	0,18	0,40	0,67
КамАЗ-4925	0,79	1,00	1,21
КамАЗ-5315	1,10	1,22	1,36
КамАЗ-5320; -53202; -53208	0,57	0,90	1,07
КамАЗ-53213	1,29	1,53	1,46
КамАЗ-53211; -53212; -53218	1,63	1,81	1,62
КамАЗ-53229-40	4,10	3,42	2,52
КамАЗ-5325	1,08	1,46	1,50
КрАЗ-255 Б1	1,27	1,56	1,51
КрАЗ-257 Б1	3,59	3,05	2,24
КрАЗ-260-010; -260 Г-01	1,74	1,96	1,83
КрАЗ-5131 ВЕ	0,88	1,11	1,36
КрАЗ-5131 НЕ	0,59	0,87	1,16
КрАЗ-5133 В2	2,00	1,83	1,75
КрАЗ-6322-016; -63221-016;	1,96	2,14	1,89
-6322-150			
КрАЗ-64374	6,58	4,77	3,12
КрАЗ-65053-040; -65053-40; -65053-300	8,90	5,70	3,40
КрАЗ-65101-100	5,82	4,32	2,86
Седелные тягачи			
ЗИЛ-130 В1-76; -441610; -442160	0,37	0,53	0,70
ЗИЛ-131 В	0,28	0,36	0,57
ЗИЛ-131 НВ	0,06	0,29	0,42
ЗИЛ-В 43318	0,44	0,61	0,83
ЗИЛ-433186; -442100	0,37	0,54	0,79
ЗИЛ-В 44218	0,37	0,55	0,65
ЗИЛ-В 44231	0,42	0,59	0,79
ЗИЛ-443110	0,10	0,28	0,50
ЗИЛ-541600	0,82	1,12	1,20
КамАЗ-4425	0,45	0,64	0,88
КамАЗ-54112; -54118	1,63	1,81	1,62
КамАЗ-5425 МА	3,27	2,42	2,05
КамАЗ-5410	0,50	0,80	0,95
КамАЗ-63229	4,10	3,42	2,52
КамАЗ-5415	1,10	1,22	1,36
КрАЗ-64431-82; -643701; -643721	7,56	5,22	3,14
КрАЗ-6444	3,63	3,13	2,34
КрАЗ-6446	1,86	2,04	1,80

КрА3-255 Б1	0,99	1,34	1,39
КрА3-260 В-010	1,61	1,87	1,73
КрА3-258 Б1	2,95	2,68	2,03
КрА3-6443	8,90	5,70	3,40
КрА3-5444	1,90	1,64	1,57
КрА3-64371	2,81	2,69	2,13

Двух- и трехосные тележки транспортных средств со сближенными осями приводят к эквивалентному воздействию одиночным осям путем умножения фактической нагрузки на коэффициент влияния смежной оси K_c , вычисляемый по формуле

$$K_c = a - b \sqrt{E_m - c}, \quad (2)$$

где E_m - расстояние в метрах между крайними осями тележки транспортного средства;

a, b, c - параметры, определяемые по табл.3 в зависимости от капитальности дорожной одежды и числа осей тележки.

Таблица 3

Тележка	a	b	c
Двухосная	1,7/1,52	0,43/0,36	0,5/0,5
Трехосная	2,0/1,60	0,46/0,28	1,0/1,0

Примечание. В числителе - для капитальных и облегченных типов дорожных одежд, в знаменателе - для переходных дорожных одежд.

При расстоянии между сближенными осями транспортного средства более 2,5 м коэффициент влияния смежных осей K_c принимается равным 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СОСТАВ И ОСНАЩЕНИЕ БРИГАДЫ, ПРОВОДЯЩЕЙ ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Линейные испытания методом статического нагружения колесом автомобиля проводит бригада в составе четырех человек. При продолжительности работ в один месяц и восьмичасовом рабочем дне такая бригада способна испытать до 60 км дороги.

При проведении линейных испытаний первый член бригады устанавливает прогибомер на точке измерения и берет отчеты по индикатору, второй член бригады ведет записи в журнале испытаний, третий переставляет заборчики ограждения с дорожными знаками и регулирует движение в зоне производства работ, четвертый отмеряет расстояние до последующей точки испытаний.

При проведении испытаний на контрольных точках в бригаду включают пятого человека. Четвертый член бригады отвечает за погрузку и выгрузку прогибомера и заборчиков ограждения в местах измерений. Второй член бригады, кроме ведения записей в журнале испытаний, отвечает за установку колеса автомобиля строго на контрольную точку (в пределах прямоугольника, отмеченного краской на покрытии). Обязанности остальных членов бригады не меняются. Пятый член бригады выполняет отрывку из асыпки шурфов, взятие проб грунта и взвешивание их. Испытание дорожных конструкций на контрольных точках в расчетный период года производят через день с 14⁰⁰ до 17⁰⁰. Остальное время бригада может проводить линейные испытания.

Примерный перечень оборудования, приборов и инвентаря, необходимых для оснащения бригады, выполняющей оценку прочности дорожных одежд методом статического нагружения колесом автомобиля, приведен ниже:

- | | |
|--|----------------|
| 1. Грузовой автомобиль с расчетной осевой нагрузкой | 1 шт. |
| 2. Автомобиль для членов бригады | 1 шт. |
| 3. Прогибомер длиннобазовый, рычажный | 2 шт. |
| 4. Индикатор часового типа (цена деления 0,01 мм) | 3 шт. |
| 5. Измеритель расстояний или мерная лента | 1 шт. |
| 6. Ртутный термометр с пределами измерений от -10 °С до +60 °С | 2 шт. |
| 7. Поверхностный термометр с пределом измерений от -10 °С до +60 °С | 1 шт. |
| 8. Переносные автомобильные весы | 1 шт. |
| 9. Переносные заборчики ограждения | 2 шт. |
| 10. Дорожные знаки: | |
| 11. Сужение дороги | 1 шт. |
| 12. Ремонтные работы | 1 шт. |
| 13. Направление объезда препятствия | 1 шт. |
| 14. Рычажные весы и комплект разновесок для взвешивания бьюсков с пробами грунта | 1 шт. |
| 15. Краска, кисть, журналы для записи результатов, рулетки, бьюскы | По потребности |

Количество бригад (B_K), выполняющих испытания на контрольных точках, рассчитывают по формуле

$$B_K = \frac{L(t_{исп}^* \cdot v_{ср} + l^*)}{T_{исп} \cdot l^* \cdot v_{ср}}, \quad (1)$$

где L - длина обследуемого участка дороги, км;

$t_{исп}^*$ - время, затрачиваемое на испытание одной контрольной точки с учетом взятия проб грунта и взвешивания их, ч;

$v_{ср}$ - средняя скорость движения автомобиля при переездах от одной контрольной точки к другой, км/ч;

l^* - среднее расстояние между контрольными точками в пределах рассматриваемого участка дороги длиной L , км;

$T_{исп}$ - время испытания всех контрольных точек на рассматриваемом участке дороги, ч.

Количество бригад, проводящих линейные испытания дорожной одежды (B_L), определяют по формуле

$$B_L = \frac{L - 0,5 \cdot T_p \cdot B_K (D_K + D_L)}{D_L \cdot T_p}, \quad (2)$$

где T_p - продолжительность расчетного периода, дни;

D_K - длина полосы проезжей части, обследуемой за один день одной бригадой, выполняющей испытания контрольных точек, км/день (для характерных участков длиной до 1 км – $D_K = 2$ км/день);

D_L - длина полосы проезжей части, обследуемой за один день одной бригадой, выполняющей линейные испытания, км/день (в зависимости от погодных условий, интенсивности движения транспорта, состояния покрытия, квалификации членов бригады $D_L = 5-6$ км/день).

В случае, если линейные испытания проводят методом кратковременного нагружения, длина дороги, обследуемой за один восьмичасовой рабочий день, может составлять от 6 до 24 км в зависимости от вида используемой установки динамического нагружения при проведении испытаний через 50 м.

При проведении испытаний в нерасчетный период года методом статического нагружения колесом автомобиля рекомендуемый состав бригады составляет шесть человек. Бригада выполняет как линейные испытания, так и испытания на контрольных точках. Четыре члена бригады выполняют работы по испытанию дорожных конструкций так же, как в расчетный период года. Два других выполняют отрывку и засыпку шурфов, контролируют температуру дорожного покрытия, берут пробы грунта и взвешивают их. За один восьмичасовой день бригада может обследовать до 4 км дороги.

Все полевые работы необходимо согласовать с дорожными организациями, обслуживающими намеченные к обследованию участки дороги, а также с соответствующими подразделениями ГИБДД.

В целях безопасности передвижные лаборатории должны быть оборудованы проблесковыми маячками. Сзади лаборатории или грузового автомобиля, служащего нагрузкой на дорожную конструкцию, должен быть укреплен предписывающий дорожный знак "Направление объезда препятствия" и предупреждающий знак "Прочие опасности". Последний так же размещают впереди лаборатории или грузового автомобиля при проведении работ на дорогах без разделительной полосы, включая при этом фары ближнего света. При осуществлении испытаний методом нагружения колесом автомобиля в зоне производства измерений следует устанавливать переносные ограждения (заборчики) с укрепленными на них дорожными знаками (рис.1).

Личный состав бригады и водитель грузового автомобиля, под колесом которого измеряют прогиб, должны быть проинструктированы руководителем испытаний. В процессе испытаний водитель обязан выполнять сигналы только руководителя бригады. Устанавливать прогибомер под колесом автомобиля можно только тогда, когда рычаг переключения передач автомобиля находится в нейтральном положении и автомобиль поставлен на тормоза.

Рис.1. Рекомендуемая схема установки ограждения и дорожных знаков в зоне производства работ при испытании дорожной одежды методом нагружения колесом автомобиля на контрольных точках:

1 - грузовой автомобиль, обеспечивающий нагрузку на дорожную одежду; 2 - дорожный знак "Направление объезда препятствия" (прикрепляется к кузову лаборатории); 3 - заборчик ограждения со знаком "Ремонтные работы"; 4 - то же, со знаком "Сужение дороги"; 5 - осевая линия проезжей части; 6 - предупреждающий знак "Прочие опасности"

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛИНЕЙНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Для определения фактического прогиба дорожной конструкции (ϕ), соответствующего допускаемому проценту деформированной поверхности покрытия, результаты линейных испытаний обрабатывают в следующей последовательности. Прежде всего, для оценки особенностей распределения прогибов на каждом характерном участке назначают величину интервала (разряда) распределения, исходя из точности испытаний $\pm 5\%$. Значение середины интервала d (в мм) вычисляют по формуле

$$\delta = \bar{\ell} \left(\frac{\Delta \ell}{100} + 1 \right), \tag{1}$$

где $\bar{\ell}$ - среднее арифметическое значение прогибов на характерном участке, определяемое по формуле

$$\bar{\ell} = \left(\sum_{i=1}^n \ell_i \right) / n, \tag{2}$$

где n - количество испытаний на характерном участке;

D - отклонение величины прогиба от среднего арифметического значения, %.

Исходя из точности полевых испытаний, величину D назначают равной $\pm 10\%$, $\pm 20\%$, $\pm 30\%$ и т.д. в зависимости от реальных значений прогибов на участках. Положительные значения принимают для прогибов, превышающих по величине среднее арифметическое значение прогибов на участке, отрицательные - для прогибов, меньших среднего арифметического значения;

i - прогиб дорожной конструкции, измеренный в процессе линейных испытаний и приведенный к сопоставимому виду в соответствии с п.3.1.4, мм.

Определяют интервалы прогибов. Границы интервалов устанавливают делением суммы смежных значений пополам. Прогибы, попадающие на границу смежных интервалов, рекомендовано относить к интервалам меньших прогибов.

Распределение результатов испытания по интервалам показано в табл.1 для следующих величин установленных прогибов: 0,41; 0,31; 0,52; 0,67; 0,62; 0,46; 0,57; 0,41; 0,46; 0,36; 0,60; 0,37; 0,46; 0,43; 0,56; 0,46; 0,59; 0,47; 0,53 и 0,37 (в мм).

После распределения результатов испытаний по разрядам строят кумулятивную кривую, по которой решают вопрос о фактическом прогибе конструкции, соответствующем допускаемому проценту деформированной поверхности покрытия ϕ . Кумулятивную кривую (рис.1) строят в координатах "накопленная частота - середина интервала". При ее построении следует осреднять значения накопленных частот смежных интервалов (разрядов).

Таблица 1

Показатели	Значения										
	-50	-40	-30	-20	-10	$\bar{\ell}$	10	20	30	40	50
D , %											
d , мм	0,24	0,29	0,34	0,38	0,43	0,48	0,53	0,57	0,62	0,67	0,72
Интервал прогибов, мм	0,22 - 0,26	0,27 - 0,31	0,32 - 0,36	0,37 0,40	0,41 0,45	0,46 0,50	0,51 0,55	0,56 0,59	0,60 0,64	0,65 0,69	0,70 0,74
Распределение прогибов по интервалам	-	0,31	0,36	0,37 0,37	0,41 0,41	0,46 0,46 0,43 0,47	0,52 0,55	0,57 0,59	0,62 0,60	0,67	-
Количество прогибов в интервале	-	1	1	2	3	5	3	2	2	1	-
Частота прогибов, %	-	5	5	10	15	25	15	10	10	5	-
Накопленная частота I , %		100	95	90	80	65	40	25	15	5	0

Примечание. Значения накопленной частоты получены последовательным прибавлением частоты очередного интервала (разряда).

Рис.1. Общий видкумулятивной кривой (построена по данным табл.1):

- 1 - уровень,соответствующий допустимому проценту деформированной поверхности покрытия; 2 -кумулятивная кривая; ϕ - фактический прогибхарактерного участка;
d - величина обратимого прогиба,соответствующая середине интервала, мм; l - накопленная частота, %

Для определенияфактического значения прогиба (ϕ) из точки на осиординат с допускаемой вероятностью повреждения покрытия ($F_{доп}$) проводятгоризонталь до пересечения с кумулятивной кривой. Из точки пересечения опускаютвертикаль на ось абсцисс, где находят искомое значение (ϕ).

Величину $F_{доп}$ определяютпо формуле

$$F_{доп} = 1 - K_n, \quad (3)$$

где K_n - расчетный (проектный) или нормативный уровень надежности дорожной одежды.

Нормативный уровеньнадежности принимают по табл.6 приложения 6 в случаях, оговоренных в п.4.6, икогда не имеют данных о проектной надежности дорожной одежды.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯГРАФИКА "ПРОГИБ-ВРЕМЯ"

Построение графика"прогиб-время" (рис.1) следует выполнять в дискретном масштабе (пооси прогибов), исходя из точности повторных измерений прогибов на контрольныхточках $\pm 5\%$. При этом следует иметь в виду, что с уменьшением абсолютнойвеличины прогиба точность измерений становится соизмеримой, и даже вышеточности использованного в испытаниях измерительного прибора. Учитывая это, в зоне малых осадок сетку дискретного масштаба следует выбирать, ориентируясь наточность использованного прогибомера. Например, при использовании длиннобазовогопрогибомера модели КП-204 рекомендуется выбирать дискретный масштаб всоответствии с табл.1.

Таблица 1

Конструкция прогибомера	Дискретный ряд прогибов (величина прогибов, мм)	
	зона I	зона II
Длиннобазовый модели КП-204	0,00 0,02 0,04 0,06 0,08	0,24 0,27 0,30 0,33 0,36
	0,10 0,12 0,14 0,16 0,18	0,40 0,44 0,48 0,53 0,58
	0,20 0,22	0,64 0,70 0,77 0,85 0,93
		1,02 1,12 1,23 1,35 1,49
		1,64 1,80 1,98 2,18 2,40
		2,64 2,80 3,08 3,39 3,73

Примечание. Точность длиннобазовогопрогибомера $\pm 0,01$ мм.

Построение графика "прогиб-время" следует осуществлять в следующей последовательности.

Масштаб графиковвыбирают из такого расчета, чтобы в их пределах могли уместиться всенаблюдаемые значения прогибов на контрольных точках. При этом на ось абсцисснаносят непрерывный масштаб времени в сутках и часах (удобно наносить границысуток).

Через точки оси ординат,соответствующие дискретному ряду прогибов (см. табл.1), проводят горизонтальныесплошные линии дискретного масштаба.

Из середины полученныхотрезков на оси ординат проводят дополнительные штрих-пунктирные линии,ограничивающие зону влияния значений дискретного масштаба.

Затем наносят на графикрезультаты измерения прогибов на контрольных точках, пользуясь непрерывныммасштабом по оси ординат (рис. 1, а). Последовательно соединяют полученные точкипунктирными линиями и получают фактическую закономерность изменения обратимогопрогиба во времени.

Затем из точкипересечения штрих-пунктирной линии с фактической закономерностью проводятвертикаль до пересечения с соседними линиями дискретного масштаба (рис.1, б).Последовательно соединяя точки пересечения, получают ступенчатую закономерностьизменения прогиба во времени, соответствующую точности измерения прогибов прииспытании дорожной одежды (рис.1, в).

Рис.1. Этапы построенияграфика "прогиб-время";

l - обратимый прогиб, мм

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Показатель ростаинтенсивности движения определяют на основании данных учета движения по дороге за предыдущие годы с момента ввода дороги в эксплуатацию после строительства(для новых дорог) или после последнего ремонта дорожной одежды.

Вычисляемый показатель *q* - это среднее изнаблюдаемых значений за рассматриваемые годы. Расчет его начинают с определениячастных значений показателя роста интенсивности движения *q_i*.

$$q_i = \frac{N_{T_i}}{N_{T_{i-1}}},$$

(1)

где N_{T_j} и $N_{T_{j-1}}$ -соответственно интенсивности движения в последующий и предыдущий годы, авт./сут.

Расчетное значение показателя роста интенсивности движения определяют по формуле

$$q = \frac{\sum_{i=1}^{T_j-1} q_i}{T_j - 1}, \quad (2)$$

где T_j - анализируемый период эксплуатации дороги, годы. Например, используя данные табл.1:

$$q = \frac{1,07 + 1,05 + 1,06 + 1,05 + 1,07 + 1,04}{6} \approx 1,06$$

Таблица 1

Годы	Фактическая интенсивность движения, авт./сут	
1980	$N_1 = 1260$	1,07
1981	$N_2 = 1350$	1,05
1982	$N_3 = 1420$	1,06
1983	$N_4 = 1500$	1,05
1984	$N_5 = 1570$	1,07
1985	$N_6 = 1680$	1,04
1986	$N_7 = 1750$	

Величину интенсивности движения транспортного потока на полосу (N) в расчетный период года определяют по данным автоматизированных пунктов учета интенсивности и состава дорожного движения. На участках дорог, где такие пункты отсутствуют, используют многолетние данные визуального учета дорожного движения, выполняемого органами управления дорожным хозяйством. При отсутствии упомянутых данных среднюю величину интенсивности дорожного движения в расчетный период года определяют по формуле*¹

¹ Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. - Отраслевой дорожный методический документ/ Росавтодор Минтранса России. - М., 2002. - 220 с.

$$N = \frac{0,34 \cdot N_q}{K_t \cdot K_H \cdot K_z \cdot 365}, \quad (3)$$

где N_q - интенсивность движения транспортного потока, измеренная в течение одного часа, в период проведения испытаний, авт./ч.

K_t - коэффициент неравномерности движения, определяемый как отношение часового объема движения к суточному (табл.2);

K_H - коэффициент неравномерности движения, определяемый как отношение суточного объема движения к объему за неделю (табл.2);

K_z - коэффициент неравномерности движения, определяемый как отношение месячного объема движения к годовому (табл.2).

Таблица 2

Коэффициенты неравномерности дорожного движения

Часы суток	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
K_t	0,02	0,02	0,02	0,02	0,022	0,024	0,04	0,06	0,055	0,055	0,05	0,05	0,052	0,05	0,06	0,06	0,065	0,065	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02
Дни недели	понедельник			вторник			среда			четверг			пятница			суббота		воскресенье						
K_H	0,14			0,14			0,14			0,145			0,16			0,15		0,13						
Месяц года	январь	февраль		март		апрель		май		июнь		июль		август		сентябрь		октябрь		ноябрь		декабрь		
K_z	0,04	0,03		0,045		0,085		0,11		0,12		0,13		0,12		0,11		0,11		0,06		0,04		

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Таблица 1

$g_{доп}$	0,490	0,365	0,255	0,180	0,140	0,100	0,075	0,055	0,040	0,00
X_j	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	^з 1,60

Таблица 2

Тип дорожной одежды, категория дорог	$K_{гр}$	b
Дорожные одежды капитального типа на дорогах I-II категории	1,00	4,4
Дорожные одежды капитального типа на дорогах III-IV категорий	0,94	4,4
Облегченные дорожные одежды	0,90	3,0
Переходные дорожные одежды	0,63	2,0

Таблица 3

Коэффициент, учитывающий сопротивление конструктивных слоев дорожных одежд сдвигу и изгибу, ($K_{СИ}$)

ДКЗ	Код характеристик конструктивных слоев	Код грунта земляного полотна	Приведенная, фактическая, суточная интенсивность дорожного движения по одной полосе, ед./сут					
			более 5000	5000-3000	3000-1000	1000-500	500-250	250-100
1	2	3	4	5	6	7	8	9
II	1	A	1,77	1,58	1,68	-	-	-
		B	1,77	1,58	1,68	-	-	-
	2	A	1,47	1,34	1,40	1,27	1,49	1,76
		B	1,47	1,34	1,09	1,16	1,35	1,60
	3	A	-	-	-	1,16	1,35	1,60
		B	-	-	-	1,04	1,22	1,44
	4	A	1,69	1,58	1,40	-	-	-
		B	1,69	1,58	1,40	-	-	-
	5	A	-	-	-	1,17	1,37	1,62
		B	-	-	-	1,04	1,22	1,44
III	1	A	1,55	1,5	1,59	-	-	-
		B	1,55	1,46	1,54	-	-	-
	2	A	1,29	1,34	1,45	1,33	1,55	1,84
		B	1,29	1,34	1,34	1,27	1,48	1,76
	3	A	-	-	-	1,16	1,35	1,60
		B	-	-	-	1,10	1,28	1,52
	4	A	1,54	1,46	1,24	-	-	-
		B	1,54	1,46	1,24	-	-	-
	5	A	-	-	-	1,17	1,37	1,62
		B	-	-	-	1,08	1,27	1,50
IV	1	A	1,33	1,42	1,50	-	-	-
		B	1,33	1,34	1,40	-	-	-
	2	A	1,11	1,34	1,50	1,39	1,62	1,92
		B	1,11	1,34	1,59	1,39	1,62	1,92
	3	A	-	-	-	1,16	1,35	1,60
		B	-	-	-	1,16	1,35	1,60
	4	A	1,40	1,34	1,09	-	-	-
		B	1,40	1,34	1,09	-	-	-
	5	A	-	-	-	1,17	1,37	1,62
		B	-	-	-	1,13	1,32	1,56

Примечание 1 к табл.3:

Характеристики конструктивных слоев	Код характеристик конструктивных слоев				
	1	2	3	4	5
Покрытие	Асфальтобетон Н ³ 15 см	Асфальтобетон 15 см > Н ³ 10 см	Асфальтобетон Н < 10 см	Асфальтобетон Н < 10 см	Черный щебень
Основание	Щебень	Щебень	Щебень	Укрепленный щебень	Щебень

Примечание 2 к табл.3:

Тип грунта земляного полотна	Код грунта земляного полотна	
	А	В
	Супесь легкая; песок	Суглинок легкий, пылеватый; суглинок легкий и тяжелый; супесь пылеватая; супесь тяжелая пылеватая; глина

Таблица 4

Фактическая интенсивность дорожного движения $N_{ф}$, авт./сут	Расчетный коэффициент K_z
10	0,30
50	0,70
100	0,78
500	0,97
1000	1,00
2000	1,02
3000	1,05
4000	1,06
5000	1,07

Таблица 5.1

Тип дорожной одежды	Осредненное значение коэффициента w^* для дорожно-климатических зон (ДКЗ)				
	I	II	III	IV	V
Капитальный	1,30	1,14	1,00	0,89	0,79
Облегченный	1,39	1,17	1,00	0,86	0,74
Переходный и низший	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица 5.2

Регион	Дорожно-климатические зоны	Коэффициент w^* для дорожных одежд	
		капитальных	облегченных
Западный	II	0,79	0,81
Северо-Западный	II	1,24	1,27
Центральный	II	1,16	1,19
Средневолжский	III	1,00	1,00
Юго-Восточный	IV	0,76	0,71
Южный	IV	0,83	0,78
Уральский	II	1,37	1,43
Западно-Сибирский	IV	0,88	0,82
Восточно-Сибирский	I	1,30	1,39
Дальневосточный	II	1,73	1,78

Примечания: I. Области, входящие в регионы:

1. Западный: Калининградская обл.
2. Северо-Западный: области -Архангельская, Вологодская, Ленинградская, Новгородская, Псковская; Карелия, Коми.
3. Центральный: области - Брянская, Владимирская, Ивановская, Калининская, Калужская, Костромская, Московская, Смоленская, Ярославская.
4. Средневолжский: области - Пензенская, Ульяновская; Мордовия, Татарстан, Чувашия.
5. Юго-Восточный: области -Волгоградская, Оренбургская, Саратовская, Куйбышевская.
6. Южный: Кабардино-Балкария; края -Краснодарский, Ставропольский; Ростовская область.
7. Уральский: области - Пермская, Свердловская.

8. Западно-Сибирский: Алтайский край; Тува; Омская область.
9. Восточно-Сибирский: области - Амурская, Иркутская, Читинская; Бурятия, Якутия.
10. Дальневосточный: край - Приморский; области - Сахалинская, Камчатская.
11. Обобщенную табл.4.1 используют при отсутствии данных в табл.4.2.

Таблица 6

Категория дороги	Тип дорожной одежды	Сроки службы нежестких дорожных одежд (T_0) и уровни их надежности (K_H) для дорожно-климатических зон					
		I-II		III		IV-V	
		T_0 (лет)	K_H	T_0 (лет)	K_H	T_0 (лет)	K_H
I	Капитальный	18	0,90	19	0,88	20	0,86
II	Капитальный	15	0,89	16	0,87	16	0,85
III	Капитальный	15	0,87	16	0,85	16	0,83
	Облегченный	13	0,84	14	0,82	15	0,80
IV	Капитальный	15	0,82	16	0,80	16	0,78
	Облегченный	10	0,83	11	0,81	12	0,80
	Переходный	8	0,82	9	0,80	9	0,77
V	Облегченный	10	0,80	11	0,78	12	0,75
	Переходный	8	0,65	9	0,60	9	0,58

Примечания: 1. Нормативные показатели, приведенные в таблице, используют в качестве расчетных для проектирования новых (реконструируемых) дорожных одежд и слоев усиления конструкций в процессе эксплуатации дороги.

2. В случае, если реконструкцию дороги проводят в сроки $t_{рек}$ меньше, указанных в таблице T_0 , допускается уменьшение в 1,5; 1,4 и 3,3 раза расчетного срока службы T_0 при одновременном повышении коэффициента надежности (K_H) в 1,05; 1,04 и 1,00 соответственно для капитальных, облегченных и переходных одежд. Промежуточные значения принимают по интерполяции. Окончательно получаемую величину срока службы округляют сточностью до 1 года, а коэффициент надежности - до 0,01 в сторону больших значений.

$$(E_2 = E_{\phi}^* : E_{общ} = E_{нр} : E_1 - \text{модуль упругости слоя усиления})$$

ПРИВЕДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ К РАСЧЕТНОМУ ГОДУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ГИДРОМЕТЕОСТАНЦИЙ

Методика основывается на получении данных о продолжительности расчетных периодов в сутках (T_{E_i}) и фактических типичных состояниях дорожных конструкций ($E_{\phi p_i}$) в эти периоды по каждому году за нормативный срок службы (T_o) дорожной одежды (прил.6). Продолжительность расчетных периодов устанавливают в соответствии с п.2.4.9. По полученным данным определяют приведенный модуль упругости дорожной конструкции на характерном участке дороги:

$$E_{\phi}^* = \frac{\sum_{i=1}^{T_o} E_{\phi p_i} \cdot T_{E_i}}{\sum_{i=1}^{T_o} T_{E_i}} \cdot (1 - t_{HO} u_E) \quad (1)$$

где t_{HO} - коэффициент нормированного отклонения.

Назначают его в зависимости от принятого уровня надежности дорожной одежды (табл.1).

Таблица 1

Уровень проектной надежности, K_H	0,60	0,85	0,90	0,95
Коэффициент нормированного отклонения, t_{HO}	0,26	1,06	1,32	1,71

u_E - коэффициент вариации модуля упругости.

Величину коэффициента (u_E) определяют по формуле

$$u_E = \frac{1}{E_{\phi p}^{cp}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{T_o} (E_{\phi p_i} - E_{\phi p}^{cp})^2}{T_o - 1}} \quad (2)$$

где $E_{\phi p}^{cp}$ - среднее арифметическое значение фактических модулей упругости дорожной конструкции, МПа.

Величину ($E_{\phi p}^{cp}$) находят по формуле

$$E_{\phi p}^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{T_o} E_{\phi p_i}}{T_o} \quad (3)$$

В случае, если в i -ом году наблюдалась *зимняя оттепель* (не менее 4 дней подряд с положительной среднесуточной температурой воздуха, по данным гидрометеостанции, ближайшей к обследуемой дороге), то величину ($E_{\phi p_i}$) определяют по формуле

$$E_{\phi p_i} = E_{\phi p} \cdot \frac{A_i}{A_o} \quad (4)$$

где A_i - климатический коэффициент, характеризующий i -й год;

A_o - то же, характеризующий год проведения испытаний.

Климатические коэффициенты определяют по формуле

$$A = \lg M_1 + \frac{Q}{100}, \quad (5)$$

где Q - количество осадков в предзимний период (в месячный срок, до перехода среднесуточной температуры воздуха через -5 °С, по данным гидрометеостанции);

M_1 - параметр вычисляют по формуле

$$M_1 = D_1 T / (0,5 T_1 - D_1), \quad (6)$$

где D_1 - сумма градусо-дней мороза за период до наступления продолжительной и интенсивной оттепели (не менее 4 дней с положительной среднесуточной температурой, по данным гидрометеостанции);

T_1 - сумма градусо-дней тепла за зиму;

T - то же, мороза за зиму.

Величину модуля упругости ($E_{\phi p}$), характеризующую типичное состояние дорожной конструкции в расчетный период года проведения испытаний, находят по формуле

$$E_{\phi p} = E_{\phi a} \left[\frac{1}{K_{\theta}} - \frac{1,5 \cdot D \cdot K_z}{H_x} \left(1 - \frac{W_{\phi a}}{W} \right) \right] K_D \cdot K_T, \quad (7)$$

где $K_{\theta} = \frac{l_{pe}}{l_o}$ - температурный коэффициент, равный отношению прогиба (l_{pe}) при температуре покрытия (t_{pe}^n), соответствующей расчетному периоду года проведения испытаний к прогибу, измеренному в период испытаний (l_o);

W - относительная влажность грунта земляного полотна в расчетный период года проведения испытаний, %.

Определяют ее в середине расчетного периода года проведения испытаний в шурфе, вырытом на обочине напротив контрольной точки (см. п. 2.4.10). При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается определять величину влажности расчетным путем. Остальные параметры аналогичны использованным в формуле (3.9). Величину температуры

покрытия (t_{pe}^n) находят по формуле

$$t_{pe}^n = a \cdot t^e + e, \quad (8)$$

где a и e - эмпирические коэффициенты, $a = 1,05$, $e = 1,9$

при $10^\circ \text{C} < t_i^B > 0^\circ \text{C}$; $a = 2,1$, $e = 2,1$

при $t_i^B > 0^\circ \text{C}$

t^e - среднеарифметическая температура воздуха за расчетный период года проведения испытаний (значения температуры берут на 15° каждого дня по журналу ТМ-I в ближайшей гидрометеостанции), °С

По найденной величине (t_{pe}^n), используя график "температура покрытия-прогиб" (см. рис.3.3), определяют величину (l_{pe}).

В случае, если в i -ом году не было зимних оттепелей, величину $E_{\phi p i}$ определяют по формуле

$$E_{\phi p i} = E_{\phi a} \left[\frac{1}{K_{\theta i}} - \frac{1,5 \cdot D \cdot K_z}{H_x} \left(1 - \frac{W_{\phi p}}{W_{p i}} \right) \right] K_D \cdot K_T, \quad (9)$$

где $W_{\phi p}$ - относительная расчетная влажность грунта земляного полотна в расчетный период года проведения испытаний, %;

$W_{p i}$ - относительная расчетная влажность грунта земляного полотна в расчетный период i -го года, %;

$K_{\theta i} = \frac{l_{p i}}{l_{pe}}$ - температурный коэффициент, равный отношению прогиба ($l_{p i}$) при температуре покрытия ($t_{pe i}^n$) к прогибу, соответствующему расчетному периоду года проведения испытаний (l_{pe}).

Величины ($t_{pe i}^n$) находят по формуле (7) так же, как (t_{pe}^n). При этом среднеарифметическую величину температуры воздуха

определяют для каждого i -года. По найденным величинам ($t_{pe i}^n$), используя график "температура покрытия - прогиб" (см. рис.3.3), определяют величины ($l_{p i}$).

Величины ($W_{\phi p}$) и ($W_{p i}$) находят по формуле

$$W = \frac{\varepsilon \cdot K_c}{\lg \theta - 1}, \quad (10)$$

где e - коэффициент, равный $0,97 \text{ (град.сут)}^2/\text{мм}$;

q - сумма отрицательных среднесуточных температур воздуха за октябрь-декабрь предыдущего года, град.сут. Определяют ее по данным ближайшей гидрометеостанции (журнал ТМ-I);

$$K_c = \frac{10r}{T^2} - \text{гидротермический коэффициент Селянинова, мм/град, сут};$$

r - сумма осадков за период со среднесуточной температурой воздуха выше 10°C в прошедшем году, мм. Определяют эту сумму по данным гидрометеостанции (журнал ТМ-I);

T^2 - сумма среднесуточных температур воздуха за тот же период, град.сут. Находят ее по данным гидрометеостанции (журнал ТМ-I).

Таблица 2

Тип дорожной одежды	Коэффициент приведения дорожной конструкции к типичному состоянию, K_T											
	грунт земляного полотна - супесь легкая и песчаный грунт						грунт земляного полотна - суглинки, супеси пылеватые и тяжелые пылеватые					
	$W_{фл}/W_p$						$W_{фл}/W_p$					
	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,9	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,9
Капитальный	1	1	1	1	1	1	1,84	1,39	1,23	1,13	1,06	1
Облегченный	1,62	1,36	1,21	1,12	1,03	1	5	3	1,85	1,50	1,27	1,10

Оглавление

1. Общие положения
2. Обследование дорожных конструкций с целью оценки их прочности
 - 2.1. Порядок оценки прочности дорожных конструкций
 - 2.2. Предварительное обследование дорожных конструкций
 - 2.3. Подготовка к детальному обследованию
 - 2.4. Испытание дорожных одежд нагрузкой (детальное обследование)
 - 2.5. Полевые испытания дорожной одежды в расчетный период года
 - 2.6. Полевые испытания дорожной одежды в нерасчетный период года
 - 2.7. Упрощенные полевые испытания
3. Обработка результатов полевых испытаний
 - 3.1. Обработка результатов испытаний, проведенных в расчетный период года
 - 3.2. Обработка результатов испытаний, проведенных в нерасчетные периоды года
 - 3.3. Обработка результатов упрощенных полевых испытаний
4. Назначение требуемой прочности нежестких дорожных одежд
5. Мероприятия по повышению несущей способности дорожных одежд
 - 5.1. Конструирование и расчет слоев усиления дорожной одежды
 - 5.2. Ограничение движения автомобилей на дорогах в период наибольшего ослабления дорожных конструкций
 - 5.3. Особый случай улучшения состояния дорожных конструкций
- Приложения
 1. Расчетные нагрузки и коэффициенты приведения состава движения к расчетным автомобилям
 2. Состав и оснащение бригады, проводящей полевые испытания. Основные правила техники безопасности
 3. Статистическая обработка результатов линейных испытаний
 4. Особенности построения графика "прогиб-время"
 5. Определение фактической интенсивности движения транспортного потока
 6. Расчетные параметры дорожных конструкций
 7. Приведение результатов полевых испытаний к расчетному году с использованием данных гидрометеостанций