МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РСФСР

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ И РАСЧЕТУ УСИЛЕНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1979

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РСФСР

Утверждены
Заместитель министра
А. А. Надежко
29 марта 1978 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ И РАСЧЕТУ УСИЛЕНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1979

УДК 625.75(083.75)

Методические указания по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд. Министерство строительства и эксплуатации автомобильных дорог РСФСР. М., «Транспорт», 1979, 48 с.

В методических указаниях изложены вопросы обследования и испытания нежестких дорожных одежд с целью оценки запасов прочности дорожных конструкций. Рассмотрены основные принципы расчета усиления одежд с учетом повторности приложения нагрузок, морозоустойчивости конструкций и особенностей работы конструктивных слоев под действием сдвигающих и растягивающих напряжений. Даны рекомендации по расчету ограничения движения на дороге в период наибольшего ослабления дорожной конструкции.

Методические указания разработаны Гипродорнии совместно с МАДИ в результате исследований, связанных с совершенствованием метода оценки запаса прочности дорожных конструкций по величине упругого прогиба, а также на основе обобщения отечественного и зарубежного опыта в области расчета и полевых испытаний одежд.

В составлении методических указаний приняли участие кандидаты технических наук В. К. Апестин, А. М. Шак, Ю. М. Яковлев и инж. А. И. Дудаков.

Методические указания предназначены для организаций, проводящих обследование и испытание дорожных одежд с целью оценки их прочности в процессе эксплуатации и на стадии приемки в эксплуатацию автомобильных дорог. Ими следует руководствоваться при проведении работ в соответствии с ВСН 29-76 Минавтодора РСФСР, М., Транспорт, 1977.

С вводом в действие настоящего документа утрачивают силу ранее изданные «Методические указания по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд. М., Минавтодор РСФСР, Гипродорнии, 1974.

Замечания и предложения по Методическим указаниям просим направлять по адресу: 109089, Москва, Ж-89, наб. М. Тореза, 34, Гипродорнии.

Ил. 18, табл. 18

М $\frac{31801\text{-}070}{049(01)\text{-}79}$ 70-79. 3603020000

© Министерство строительства и эксплуатации автомобильных дорог РСФСР, 1979.

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно возрастающие потребности народного хозяйства в повышении производительности автомобильного транспорта обусловливают необходимость постоянного совершенствования сети автомобильных дорог страны как за счет внедрения прогрессивных, высоконадежных дорожных конструкций, так и за счет назначения рациональных мер по ремонту и содержанию автомобильных дорог, предотвращающих преждевременное повреждение дорожных покрытий. Для своевременного и качественного решения этих задач и, в частности, для решения вопроса по усилению дорожных одежд требуется применение эффективных методов и высокопроизводительных средств полевых испытаний, позволяющих с необходимой точностью оценивать фактическое состояние дорожных конструкций.

Предпринятые в последние годы отечественные и зарубежные исследования были связаны как с совершенствованием методов статических испытаний дорожных одежд с целью оценки их прочности, так и с изучением возможностей применения для практических целей более производительных методов кратковременного нагружения (различными установками динамического нагружения и специальными средствами, позволяющими осуществлять испытание непрерывно, в движении). Полученные результаты все более свидетельствуют о перспективности методов кратковременного нагружения дорожных конструкций. Однако в связи с недостаточной проработкой отдельных вопросов и отсутствием серийного производства средств кратковременного нагружения настоящие методические указания основываются на использовании для производственных целей метода испытаний статическим нагружением колесом автомобиля.

Методические указания позволяют учесть особенности снижения прочности дорожных одежд под воздействием транспортных нагрузок, привести разновременные испытания одежд к сопоставимому виду, выполнить полевые испытания в объеме, достаточном для объективной оценки неоднородности дорожных конструкций по величине обратимого прогиба. В результате становится возможным обоснованно разработать мероприятия, обеспечивающие расчетную долговечность дорожных одежд.

Методические указания ориентируются на использование серийно выпускаемых приборов (прибор для измерения расстояний модели КП-203, длиннобазовый рычажный прогибомер модели КП-204, переносные гидравлические весы модели КП-205 для определения нагрузки на колесо автомобиля), которые позволяют значительно повысить производительность полевых испытаний. В документе более конкретно даны рекомендации по определению границ характерных участков и назначению контрольных точек, уточнен объем испытаний дорожных конструкций в пределах характерных участков. Внесены коррективы в методику обработки результатов полевых измерений, что позволяет не только более точно оценить фактическое состояние дорожных конструкций, но и упростить необходимые вычисления.

В Методических указаниях рассмотрены случаи, когда производство работ по усилению дорожных покрытий откладывается на 2—3 года после полевых испытаний конструкций. Переработаны разделы, касающиеся расчета ограничения движения автомобилей в неблагоприятные по условиям увлажнения периоды года и назначения требуемых по условиям движения модулей упругости дорожных конструкций. Предложенные величины требуемых модулей упругости позволяют учесть особенности сопротивляемости сдвигу грунтов земляного полотна. Получаемые результаты находятся в пределах точности современных методов испытаний и расчета усиления дорожных конструкций, что дает основания не производить проверку прочности усиленных конструкций по критерию

сдвига. В этой связи соответствующие разделы исключены из Методических указаний. Кроме того, исключены разделы, касающиеся проверки усиленных конструкций по условиям морозоустойчивости. Накопленный опыт свидетельствует, что слои усиления, рассчитанные из условия обеспечения работоспособности современных дорожных конструкций по трем критериям (упругому прогибу, сдвигу и растяжению при изгибе, проходят и по условию морозоустойчивости.

Основные положения Методических указаний увязаны с утвержденными Минавтодором РСФСР «Техническими указаниями по оценке и повышению технико-эксплуатационных качеств дорожных одежд и земляного полотна» ВСН 29-76.

В Методических указаниях использованы следующие основные понятия.

Дорожная конструкция — многослойная система, состоящая из дорожной одежды и земляного полотна под дорожной одеждой.

Расчетный период — неблагоприятный по условиям увлажнения период года, в течение которого влияние автомобильного движения на работу дорожных конструкций является существенным.

Линейные испытания — испытания дорожных конструкций равномерно вдоль обследуемого участка дороги в объеме, достаточном для достоверной оценки неоднородности многослойных систем по величине обратимого прогиба.

Контрольные испытания — испытания дорожных конструкций на специально выбранных контрольных точках с целью выявления закономерности изменения жесткости конструкций в расчетный период.

Характерный участок — однотипный участок автомобильной дороги, в пределах которого не наблюдается существенных изменений дорожной одежды, конструкции земляного полотна, условий движения и окружающей местности.

Фактическая интенсивность расчетного движения — интенсивность движения транспортного потока на дороге, приведенная к расчетным автомобилям с учетом неодинаковой их агрессивности воздействия на дорожные конструкции в расчетный период.

Работоспособная дорожная конструкция — конструкция, которая обладает некоторым запасом прочности на многократно повторяющееся действие расчетных автомобильных нагрузок.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Прочность дорожных конструкций является одним из важнейших показателей, позволяющим оценить эксплуатационное состояние дорог и выявить, насколько они отвечают требованиям автомобильного движения.

Дорожная конструкция считается прочной, если на рассматриваемый момент времени обеспечивается необходимая ее сплошность и ровность дорожного покрытия. Это условие соблюдается в случае, когда общая толщина дорожной одежды достаточна для обеспечения необходимой морозоустойчивости конструкции; модули упругости дорожной конструкции не ниже модулей, требуемых по условиям движения; в связных слоях одежды не возникают растягивающие напряжения при изгибе, 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 по сдвигу.

1.2. В процессе эксплуатации дорожной конструкции под воздействием автомобильного движения, погодно-климатических и гидрогеологических факторов происходит постепенное уменьшение ее прочности, связанное с внутренними необратимыми изменениями в отдельных конструктивных элементах. Эти необратимые изменения накапливаются главным образом в период наибольшего ослабления дорожной конструкции в годовом цикле ее работы, называемом расчетным периодом. В северных и центральных районах нашей страны расчетный период наблюдается обычно во время весеннего оттаивания дороги, в южных районах его начало часто совпадает с периодом выпадения зимне-весенних осадков.

1.3. Чтобы предотвратить преждевременное повреждение дорожных покрытий, выполняют оценку прочности конструкций и назначают мероприятия, обеспечивающие необходимую их надежность и долговечность.

1.4. Для оценки прочности производят полевые испытания дорожных конструкций методом статического нагружения колесом автомобиля, весовые параметры которого близки к расчетным нагрузкам (приложение 1).

1.5. Полевые испытания находящихся в эксплуатации конструкций проводят в расчетный период, если ровность дорожного покрытия не удовлетворяет требованиям, предъявляемым по условиям движения, или в случаях, когда процент деформирования поверхности покрытия превышает допустимый предел: 15% — для дорожных одежд с усовершенствованными покрытиями капитального типа; 35% — с усовершенствованными покрытиями облегченного типа, 50% — с покрытиями переходного типа. Следует иметь в виду, что не все дефекты покрытия связаны с недопустимым снижением общей прочности конструкции. Ряд дефектов (выбоины, выкрашивания, сдвиги) обусловлен неудовлетворительным качеством материала самого покрытия. Напротив, такие дефекты, как продольные трещины, частые трещины, сетка трещин, волны, просадки и проломы в покрытиях усовершенствованных капитальных и облегченных, а также волны, колейность, просадки в покрытиях переходных свидетельствуют о том, что прочность дорожной одежды близка к недопустимому пределу или ниже его и требуется усиление дорожной одежды.

Испытание дорожных конструкций необходимо осуществлять (рис. 1.1) только после приведения намеченных к обследованию участков в соответствии с требованиями СНиП II-Д.5-72 по условию водоотвода и в части возвышения низа дорожной одежды над уровнем поверхности земли.

При приемке дорог в эксплуатацию испытания должны быть проведены в полном объеме в первый же расчетный период с момента завершения строительных или ремонтных работ.

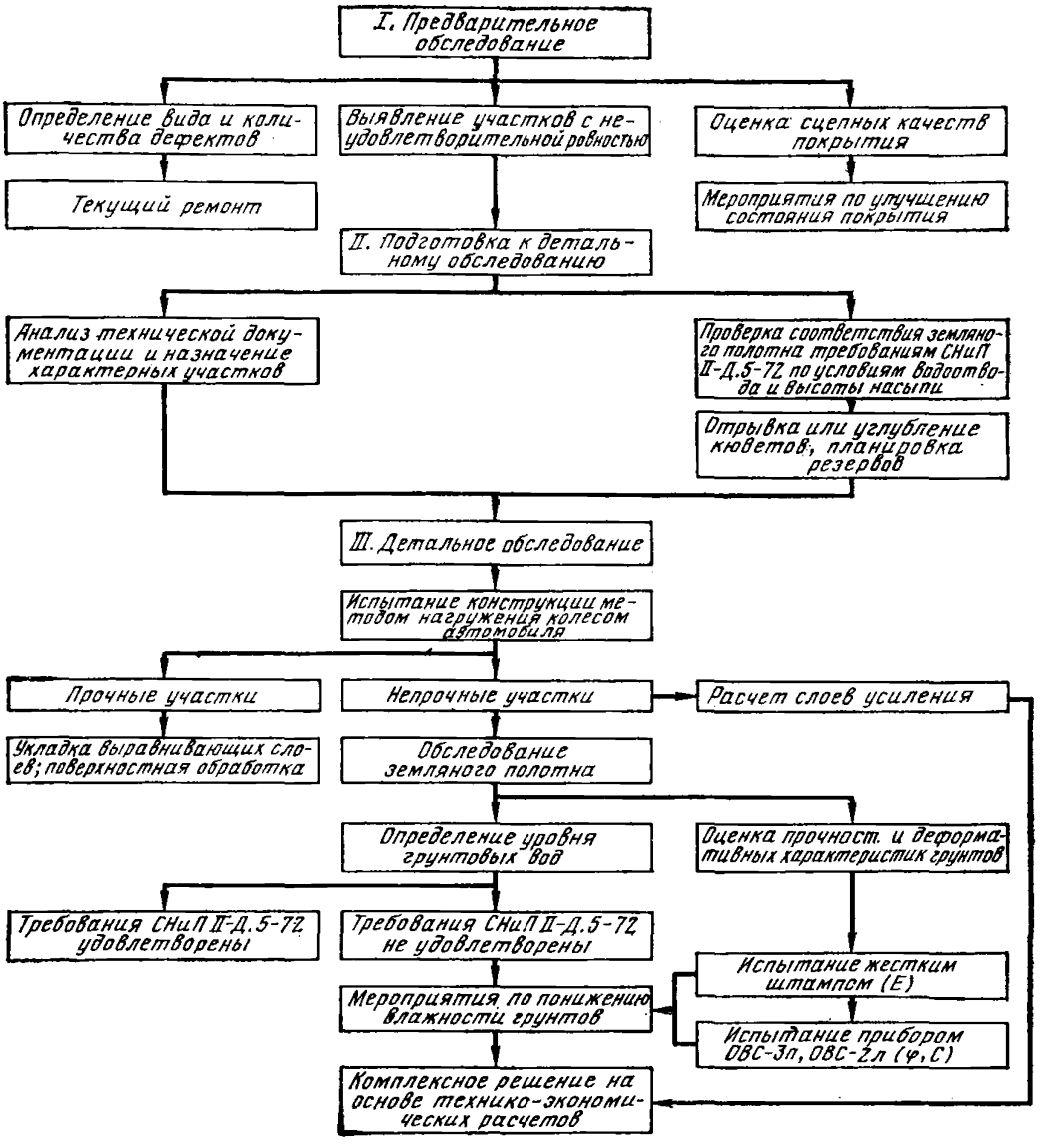


Рис. 1.1. Порядок обследования дорожных конструкций с нежесткими покрытиями для оценки и улучшения их состояния (в соответствии с ВСН 29-76 Минавтодора РСФСР):

E — модуль упругости грунта, кгс/см²; φ — угол внутреннего трения; *C* — сцепление в грунте, кгс/см²

1.6. Прочность дорожной одежды в течение расчетного периода не остается постоянной и может весьма существенно колебаться не только изо дня в день, но и в течение суток. При этом, как правило, наблюдается общая закономерность изменения прочности дорожной одежды — постепенное ее снижение до минимума с последующим повышением и стабилизацией после окончания расчетного периода. В этих условиях результаты линейных испытаний дорожных конструкций должны быть приведены к сопоставимому виду. В противном случае в оценку запасов прочности одежды будет внесена погрешность, не позволяющая разработать рациональные мероприятия по обеспечению сохранности или повышению долговечности дорожных конструкций.

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

1.7. Результаты линейных испытаний, обработанные методами математической статистики, сопоставляются с величинами, требуемыми по условиям движения, и для непрочных участков рассчитываются слои усиления или назначаются мероприятия по организации движения автомобилей в неблагоприятные по условиям увлажнения периоды года. Возможен и комбинированный подход, когда в течение некоторого периода ограничивают движение по дороге, а затем усиливают дорожную конструкцию. В каждом конкретном случае вопрос о проведении того или иного мероприятия должен решаться на основании технико-экономических расчетов.

2. ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО ВЕЛИЧИНЕ УПРУГОГО ПРОГИБА ПОД КОЛЕСОМ АВТОМОБИЛЯ

2.1. Порядок оценки

2.1.1. Работы по оценке прочности дорожных одежд проводятся в три этапа (см. рис. 1.1.): предварительное обследование, подготовка к детальным обследованиям, детальные обследования и обработка полученных результатов.

2.1.2. Предварительное обследование на дорогах проводят с целью определения вида и количества дефектов проезжей части на участках дороги, намеченных для оценки прочности (см. п. 1.5). Эти данные необходимы для уточнения степени деформирования покрытия и назначения границ характерных участков.

2.1.3. В процессе подготовки к детальным обследованиям изучается техническая документация, данные о фактическом состоянии покрытия и определяются границы характерных участков.

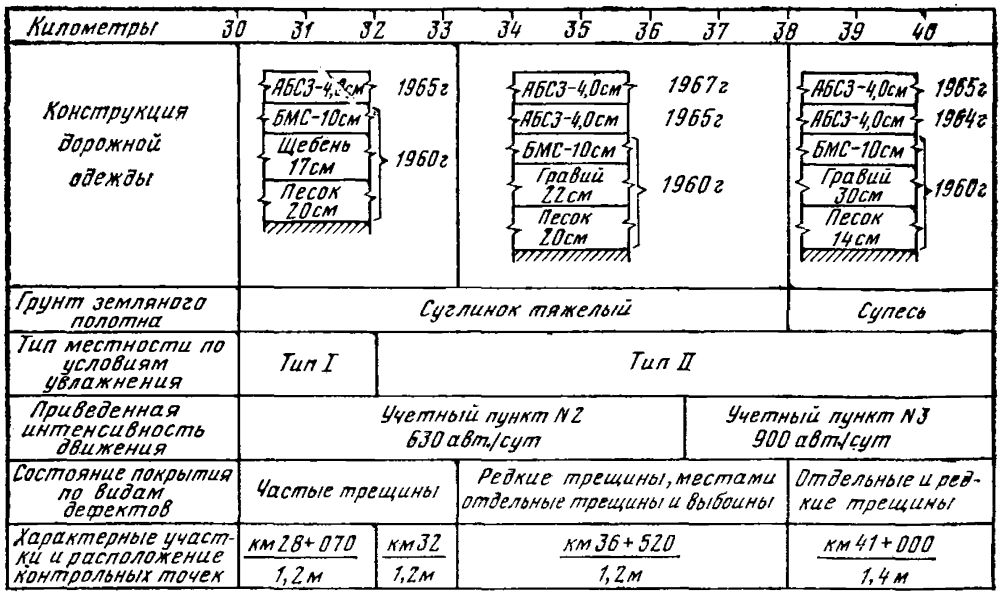


Рис. 2.1. Пример сводной ведомости результатов визуальной оценки состояния проезжей части и анализа документальных данных о дороге:

АБСЗ — асфальтобетон среднезернистый; БМС — битумоминеральная смесь. В знаменателе последней строки дано расстояние от контрольной точки до кромки покрытия. Расположение контрольной точки уточняется в процессе проведения детальных обследований

2.1.4. При детальном обследовании выполняются полевые испытания дорожных конструкций на характерных участках методом нагружения колесом автомобиля с целью оценки прочности конструкций и назначения мер по улучшению их состояния.

2.2. Предварительное обследование дорожных покрытий

2.2.1. Предварительное обследование организуется не ранее, чем за год до проведения полевых испытаний дорожных конструкций, заканчивается заблаговременно до наступления расчетного периода.

2.2.2. Вид и количество дефектов на дорожном покрытии устанавливают на основе визуальной оценки. Наиболее удобно оценку выполнять в летний период. Сбор данных возможен также и в другие периоды года при чистом и сухом покрытии, когда дефекты хорошо заметны. Все дефекты, обнаруженные на покрытии, подразделяются на виды в соответствии с их характерными особенностями (табл. 2.1).

2.2.3. Границы распространения дефектов на покрытии привязываются к километровым столбам.

Получаемые характерные участки по состоянию покрытия заносятся в следующую форму.

№ п/п	Характерные участки по видам дефектов в порядке их расположения вдоль дороги	Границы участков с определенным состоянием поверхности покрытия по видам дефектов	
		Начало (км + м)	Конец (км + м)

2.2.4. В отдельных случаях, когда на обследуемых участках покрытия произвольно чередуются несколько сменяющих друг друга дефектов с небольшими зонами распространения, встречаются трудности с описанием состояния участков по виду дефектов.

В таких случаях необходимо давать комплексное описание состояния покрытия с выделением того вида дефекта, который наиболее характерен для рассматриваемого участка.

Пример комплексного описания состояния дорожного покрытия по видам дефектов. 1. На участке покрытия замечены дефекты: редкие трещины, частые трещины, сетка трещин. Наиболее распространены частые трещины. Редкие трещины и сетка трещин занимают небольшие зоны, однако редкие трещины встречаются несколько чаще.

В этом случае рекомендуется формулировка комплексного описания состояния покрытия: частые трещины, местами редкие трещины и сетка трещин.

2. На участке покрытия замечены дефекты — отдельные трещины, редкие трещины, выбоины. Суммарные площади зон распространения отдельных и редких трещин примерно равны, но, по мнению участника обследования, ведущего наблюдение, предпочтение надо отдать отдельным трещинам. Выбоины занимают небольшие, редко встречающиеся зоны.

Рекомендуемая в этом случае формулировка комплексного описания состояния покрытия: отдельные и редкие трещины, местами выбоины. Если по мнению участника обследования, ведущего наблюдение, предпочтение надо отдать редким трещинам, формулировка комплексного описания состояния покрытия будет другая: редкие и отдельные трещины, местами выбоины.

Таблица 2.1

Вид дефекта	Характерные особенности дефекта покрытия проезжей части
Одиночные трещины	Трещины произвольного очертания и направления относительно оси дороги. Обычно расположены друг от друга на значительном удалении без соблюдения какой-либо закономерности
Отдельные трещины	Поперечные трещины, расположенные примерно на одинаковом расстоянии друг от друга. Расстояние между соседними трещинами не менее 10 м
Редкие трещины	Поперечные и косые трещины (нередко с ответвлениями), не связанные между собой. Среднее расстояние между соседними трещинами 4—10 м
Частые трещины	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	Трещины произвольного очертания, образующие замкнутые фигуры. Расстояние между трещинами менее 1 м
Колейность	Плавное искажение поперечного профиля покрытия, локализованное вдоль полос наката. На покрытиях, устроенных с применением вяжущих, нередко 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, которая нередко охватывает также и зоны покрытия, непосредственно к ним прилегающие
Проломы	Полное разрушение дорожной одежды на всю ее толщину с резким искажением профиля покрытия На покрытиях, устроенных с применением вяжущих, сопровождаются сеткой трещин в зонах покрытия к ним прилегающих
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
Волны	Закономерное чередование (через 0,5—2,0 м) на покрытии впадин и гребней, в поперечном направлении по отношению к продольной оси дороги
Сдвиги	Смещение покрытия, наблюдающееся обычно на крутых спусках, в местах остановок и торможения автомобилей. Иногда в местах сдвига наблюдаются разрывы покрытия
Открытые пучины и пучиноопасные места	Сетка трещин на покрытии с выдавливанием грунта на поверхность, взбугривание покрытия с сеткой трещин, зыбь покрытия под колесом автомобиля

2.3. Подготовка к детальному обследованию

2.3.1. Подготовка к детальному обследованию проводится одновременно с предварительным обследованием дорожных покрытий или непосредственно после проведения визуального обследования. Все работы должны быть закончены заблаговременно до наступления расчетного периода.

2.3.2. На первом этапе работ анализируют:

продольный профиль и план трассы (проектная и исполнительная документация);

условия строительства (реконструкции) дороги, т. е. погодно-климатические условия в момент возведения земляного полотна и устройства конструктивных слоев дорожных одежд, технологию производства работ на всех этапах устройства земляного полотна и дорожных одежд (журналы производства работ);

мероприятия по содержанию дороги и данные о времени проведения ремонтных работ, виды ремонтов с указанием состояния дорожной одежды перед ремонтом, объем и технологию выполненных работ, качество работ и применявшихся материалов, погодно-климатические условия при производстве ремонтных работ (паспорт, акты приемки работ, журналы производства ремонтных работ и т. п.);

данные учета состава и интенсивности движения автомобилей за весь период эксплуатации, предшествующий обследованию (сводные ведомости по учету движения);

данные о фактическом состоянии покрытия и результаты ранее проведенных обследований (отчеты по оценке прочности дорожной одежды, дефектные ведомости, отчеты о весенних и осенних осмотрах дороги и т. п.).

2.3.3. Данные анализа технической документации и данные дефектных ведомостей (см. п. 2.2.3) используются для назначения характерных участков в пределах перегонов, требующих детальных обследований.

2.3.4. За характерный принимается участок, который отличается хотя бы одним из следующих признаков: конструкцией дорожной одежды, грунтом земляного полотна и типом его поперечного профиля, типом местности по условиям увлажнения, технологией устройства одежды и качеством применявшихся при этом материалов; интенсивностью движения, приведенной к интенсивности движения расчетного автомобиля, состоянием покрытия по видам дефектов.

2.3.5. Определение границ характерных участков производят с помощью сводной ведомости рис. 2.1. При этом следует стремиться, чтобы длина характерного участка была не менее 500 м.

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 больше $\pm 5\%$.

Пример. Интенсивность движения, приведенная к нагрузке группы А на смежных участках дороги с усовершенствованным покрытием капитального типа, составляет 1000 и 700 авт./сут. По графику требуемых модулей упругости дорожных конструкций находим для этих интенсивностей движения значения модулей упругости, равные соответственно 2270 и 2180 кгс/см^2. Учитывая, что найденные значения модулей упругости отличаются на 4%, рассматриваемые участки дороги (с позиций интенсивности движения) можно объединить в один характерный участок.

2.4. Испытание дорожных одежд нагрузкой (детальное обследование)

2.4.1. Полевые испытания дорожных конструкций проводят в расчетный период при условии обеспечения требований п. 1.5.

При значительном протяжении обследуемого участка (более 20 км) испытание необходимо начинать с южного или западного его конца. В местах, под-

верженных интенсивному солнечному освещению, испытание рекомендуется проводить раньше, чем в затененных местах (глубокие выемки, участки, проходящие в лесу и др.).

2.4.2. Для оценки прочности дорожных конструкций с нежесткими дорожными одеждами на каждом характерном участке (см. п. 2.3.4) выбирают одну контрольную точку в таком месте на покрытии, где его состояние по видам дефектов является характерным для данного участка. Если в пределах характерного участка развито несколько видов дефектов, занимающих примерно одинаковые площади, контрольную точку надо располагать в пределах минимальных высот насыпи на участке или в зоне распространения дефекта, соответствующего худшему состоянию покрытия. Контрольные точки следует располагать на ближайшей к кромке покрытия полосе наката по возможности в непосредственной близости от постоянных хорошо заметных ориентиров, например, вблизи километровых столбов. Место расположения контрольной точки должно быть отмечено на покрытии яркой водостойкой краской в виде круга диаметром 10 см и привязано по отношению к выбранному ориентиру. Координаты привязки следует указать в сводной ведомости (см. последнюю строку рис. 2. 1; числитель — расстояние от контрольной точки до километрового столба, знаменатель — расстояние от контрольной точки до кромки покрытия).

2.4.3. Для испытания дорожной одежды следует применять груженый автомобиль, у которого нагрузка на колесо и давление на покрытие были бы близки к расчетным для данной дороги (см. приложение 1).

Для испытаний дорожной одежды, рассчитанной под нагрузку группы А, можно применять автомобили МАЗ-200, МАЗ-205, МАЗ-500 и МАЗ-503, обеспечивая нагрузку на заднюю ось 10 тс (на одно колесо 5 тс) и давление воздуха в шинах 5,5 кгс/см^2. Для испытаний дорожной одежды, рассчитанной под нагрузку группы Б, можно применять автомобили ЗИЛ-130, ЗИЛ-164А, ЗИЛ-ММЗ-555 и КАЗ-600, обеспечивая нагрузку на заднюю ось 6 тс (на одно колесо 3 тс) и давление воздуха в шинах 5 кгс/см^2.

Шины задних колес автомобиля, принятого для испытаний, должны иметь дорожный тип рисунка протектора и находиться в хорошем состоянии.

2.4.4. После загрузки автомобиля (железобетонными блоками, песком, шлаком, щебнем и т. п.) следует проверить нагрузку на задние колеса автомобиля с помощью переносных гидравлических весов модели КП-205. После взвешивания определяют площади отпечатков задних колес автомобиля и вычисляют весовые параметры автомобильной нагрузки (p — среднее удельное давление в плоскости контакта колеса с покрытием и диаметр D круга, равновеликого площади отпечатка колеса).

Особенности определения весовых параметров и общей нагрузки на колесо автомобиля изложены в приложении 2.

В случае отсутствия переносных весов модели КП-205 временно допускается определение нагрузки на колесо автомобиля путем взвешивания на автомобильных весах предприятий. При взвешивании автомобиль заезжает на платформу только задней осью. Искомая нагрузка определяется делением пополам получаемого результата.

2.4.5. Полевые испытания следует начинать с испытания дорожных конструкций на контрольных точках. Эти испытания должны быть начаты за 7—10 дней до обычного срока ограничения движения в районе обследуемой дороги. На каждой контрольной точке в течение дня должно быть проведено не менее двух испытаний—утром от 8.00 до 10.00 и во второй половине дня от 15.00 до 17.00. В процессе испытаний на контрольных точках следует строго следить за установкой колеса автомобиля в пределах круга, отмеченного краской на покрытии. Состав и оснащение бригады для проведения испытания даны в приложении 3.

2.4.6. Линейные испытания дорожных одежд нагрузкой следует начинать, когда по результатам испытаний на контрольных точках станет видна общая 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 и продолжать их до тех пор, пока не станет видна общая тенденция стабилизации величины прогиба дорожной конструкции. Следует стремиться к тому, чтобы линейные испытания были закончены как можно раньше испытаний на контрольных точках. Общий

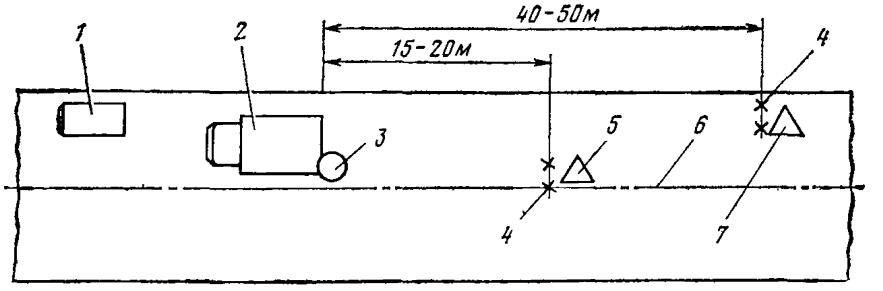


Рис. 2.2. Рекомендуемая схема установки ограждения и дорожных знаков в зоне производства работ при испытаниях дорожной одежды нагрузкой:

1 — легкий автомобиль для членов бригады; *2* — тяжелый автомобиль для создания нагрузки на покрытие; *3* — дорожный знак «Направление объезда препятствия» (прикрепляется к заднему борту тяжелого автомобиля); *4* — заборчики ограждения; *5* — дорожный знак «Ремонтные работы» (прикрепляется к заборчику ограждения); *6* — осевая линия проезжей части; *7* — дорожный знак «Сужение дороги» (прикрепляется к заборчику ограждения)

период испытаний на каждой контрольной точке должен продолжаться не менее 30—35 дней.

2.4.7. Линейные испытания проводят по полосе наката (1—1,5 м от кромки покрытия) через 50 м на каждом километровом отрезке характерного участка и из расчета 20 испытаний на каждом отрезке характерного участка длиной менее 1 км. При этом точки испытаний, попадающие в зоны пучинообразования, выносятся за их пределы. Места развития пучин в соответствии с ВСН 29-76 обследуются отдельно путем вскрытия дорожной одежды.

2.4.8. Для измерения обратимого прогиба под колесом неподвижного автомобиля рекомендуется применять длиннобазовый рычажный прогибомер модели КП-204. В случае отсутствия указанного прибора допускается использование ранее выпускавшегося прогибомера конструкции МАДИ—ЦНИЛ, обеспечивающего необходимую точность измерений. Особенности работы с прогибомерами изложены в приложении 4.

2.4.9. При измерении прогибов необходимо строго соблюдать правила техники безопасности. В зоне производства измерений должны быть установлены переносные ограждения (рис. 2.2) с укрепленными на них необходимыми дорожными знаками. Количество знаков и места их расположения необходимо согласовывать с местными органами ГАИ и БД. Личный состав бригады и водитель грузового автомобиля, под колесом которого измеряют прогиб, должны быть проинструктированы руководителем испытаний. В процессе испытаний водитель обязан выполнять только сигналы руководителя бригады. Устанавливать прогибомер под колесом автомобиля можно только тогда, когда автомобиль поставлен на тормоза и двигатель выключен.

2.5. Обработка результатов полевых испытаний дорожных одежд

2.5.1.В соответствии с п. 1.6 результаты линейных испытаний дорожных одежд должны быть откорректированы путем приведения их к сопоставимому виду. Такая корректировка осуществляется с помощью графика изменения прогиба конструкции во времени (график прогиб—время), построенного по результатам ежедневных измерений прогиба на контрольных точках.

2.5.2. Построение графика прогиб—время (рис. 2.3) следует выполнять в дискретном масштабе (по оси прогибов) исходя из точности повторных испытаний прогибов на контрольных точках $\pm 5\%$. При этом следует иметь в виду, что с уменьшением абсолютной величины прогиба точность измерений становится соизмеримой и даже выше точности использованного в испытаниях прогибомера. Учитывая это, в зоне малых осадок сетку дискретного масштаба более правиль-

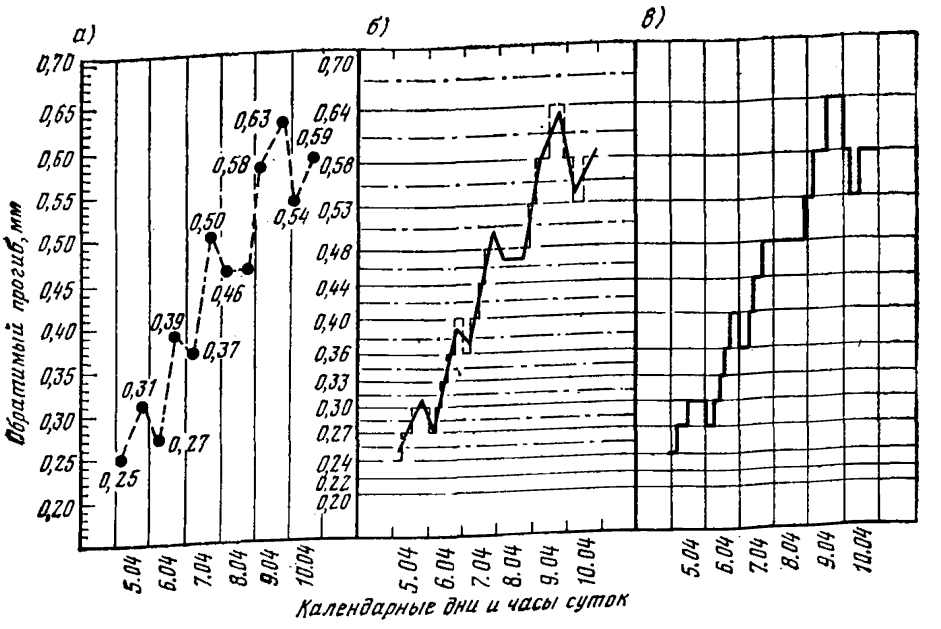


Рис.2.3. Этапы построения графика прогиб — время

но выбирать, ориентируясь на точность использованного прогибомера (табл. 2.2.).

2.5.3. Построение графика прогиб—время следует осуществлять в следующей последовательности.

Прежде всего масштаб графиков выбираем из такого расчета, чтобы в их пределах могли уместиться все наблюдаемые значения прогибов на контрольных точках. При этом на ось абсцисс наносим непрерывный масштаб времени в сутках и часах (удобно наносить границы суток).

Через точки оси ординат, соответствующие дискретному ряду прогибов (табл. 2.2), проводим горизонтальные сплошные линии дискретного масштаба.

Таблица 2.2

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 0,10 0,12 0,14 0,16 0,18 0,20 0,22	0,24 0,27 0,30 0,33 0,36 0,40 0,44 0,48 0,53 0,58 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
МАДИ-ЦНИЛ	0,00 0,04 0,08 0,12 0,16 0,20 0,24 0,28 0,32 0,36 0,40	0,44 0,48 0,53 0,58 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. Величина интервала между смежными значениями ряда назначена исходя из точности прогибомера (зона I) и точности повторных измерений прогибов ±5% (зона II). Точность длиннобазового прогибомера ±0,01 мм, прогибомера конструкции МАДИ — ЦНИЛ ±0,02 мм.

Из середины полученных отрезков на оси ординат проводим дополнительные штрих-пунктирные линии, ограничивающие зону влияния значений дискретного масштаба.

После проведения этих подготовительных операций наносим на график результаты измерения прогибов на контрольных точках, пользуясь при этом принятым непрерывным масштабом по оси ординат (рис. 2,3,*а*). Последовательно соединяем полученные точки пунктирными линиями и получаем фактическую закономерность изменения упругого прогиба во времени.

Несколько преобразуем полученную закономерность, принимая во внимание, что в пределах зоны влияния дискретного масштаба изменение прогибов не существенно. Для этого из точки пересечения штрих-пунктирной линии с фактической закономерностью проводим вертикаль до пересечения с соседними линиями дискретного масштаба (рис. 2.3,*б*).

Последовательно соединяя точки пересечения, получаем ступенчатую закономерность изменения прогиба во времени, соответствующую точности измерения прогибов при испытании дорожной одежды методом нагружения колесом автомобиля (рис. 2.3,*в*).

2.5.4. Для объективной оценки состояния дорожных конструкций в условиях непрерывного изменения их жесткости во времени, а следовательно, и неодинакового воздействия транспортных средств на дорогу, корректировку получаемых при испытаниях результатов следует осуществлять путем их приведения к состоянию конструкции, наиболее характерному, типичному для всего расчетного периода. Таким типичным состоянием конструкции является состояние (характеризуемое модулем упругости $E_{ср}$), соответствующее фактической интенсивности расчетного движения.

2.5.5. Фактическую интенсивность расчетного движения $N_{ср}$ определяют по интенсивности движения транспортного потока, приведенной к расчетному автомобилю, с учетом неодинакового его воздействия на конструкцию при различном состоянии (по жесткости) дорожной одежды в неблагоприятный по условиям увлажнения период года:

$$N_{ср} = 0{,}04 \left(0{,}01\, N \sum_{1}^{w} \alpha_j\, a_j\right) \sum_{1}^{m} \frac{N_{Ep}}{N_{Ei}}\, t_{Ei}\,, \qquad (2.1)$$

где N — интенсивность движения транспортного потока на полосу в момент испытания дорожной конструкции, авт./сут, w — количество типов автомобилей в транспортном потоке, α_j — коэффициент приведения рассматриваемого автомобиля к расчетному (см. приложение 1); a_j — процент j-го типа автомобиля в составе транспортного потока (по данным учета движения на дороге); m — количество расчетных состояний дорожной конструкции в расчетный период (определяется по графику прогиб—время; N_{Ep} — среднесуточная интенсивность движения расчетного автомобиля, на которую была рассчитана обследуемая дорожная одежда, авт./сут (по данным проекта или технического паспорта дороги); N_{Ei} — среднесуточная интенсивность движения расчетного автомобиля на последний год эксплуатации дорожной конструкции с требуемым модулем упругости $E_{тр} = E_i$; E_i — модуль упругости дорожной конструкции на контрольной точке в рассматриваемый момент времени, кгс/см^2; t_{Ei} — продолжительность в сутках состояния дорожной конструкции с модулем E_i в расчетный период (определяется по графику прогиб—время. Например, по рис. 2.4 для состояния дорожной конструкции с модулем E_1 имеем

$$t_{E1} = t_1 + t_2;$$

$\frac{N_{Ep}}{N_{Ei}}$ — коэффициент агрессивности воздействия расчетных нагрузок.

Численные значения интенсивностей движения N_{Ep} и N_{Ei} определяют по графику требуемых модулей упругости дорожных конструкций (см. рис. 1 приложения 5). Например, для расчетного сотояния на контрольной точке с моду-

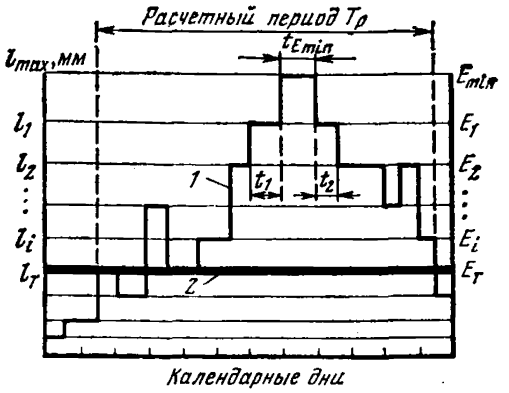


Рис. 2.4. Пример зависимости прогиб — время для приведения результатов линейных испытаний к сопоставимому виду:

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

лем упругости конструкции $E_i = 1600$ кгс/см², для условий, определяемых графиком 1, получаем $N_{Ei} = 50$ авт./сут.

В случае, если модуль упругости E_i лежит за пределами графика требуемых модулей, интенсивность движения N_{Ei} определяется по следующей формуле:

$$\lg N_{Ei} = \frac{E_i - A}{B} + 1, \tag{2.2}$$

где A и B — эмпирические параметры, зависящие от типа покрытия, типа расчетной нагрузки, грунтово-гидрологических и погодно-климатических факторов. Определяются в соответствии с табл. 1 приложения 5.

Для определения интенсивности $N_{ср}$ по формуле (2.1) необходимо знать границы расчетного периода. Эти границы в общем виде определяются следующим условием:

$$N_{Eт} = 0{,}2N_{Eр}\left(0{,}01\,N\sum_{1}^{w}\alpha_j\,a_j\right). \tag{2.3}$$

Модуль упругости дорожной конструкции $E_т$, при котором еще требуется учет воздействия фактического движения на дороге, определяется по уравнению (2.2) подстановкой $N_{Ei} = N_{Eт}$.

Расчеты показывают, что в условиях II—III дорожно-климатических зон с достаточной точностью фактическую интенсивность расчетного движения $N_{ср}$ (см. формулу 2. 1) можно определить по расчетным состояниям, находящимся в пределах 25-суточного периода наибольшего ослабления конструкции, т. е., когда расчетный период $T_р$ (см. рис. 2.4) принимается равным 25 сут.

2.5.6. Состояние конструкции, типичное для всего расчетного периода Tp, определяется по графику, аналогичному рис. 2.5, используя полученную по формуле (2.1) величину фактической интенсивности расчетного движения. Порядок определения показан на рис. 2.5 стрелками.

Представленная на рис. 2.5 зависимость устанавливается на основе данных графика прогиб—время. Зависимость строится по частным значениям модулей упругости дорожной конструкции E_i на контрольной точке и соответствующим им величинам интенсивностей движения, приведенных к расчетному автомобилю.

Модули упругости E_i рассчитываются по величинам прогибов $l_{кi}$, измеренных на контрольной точке:

$$E_i = \frac{p\,D}{l_{кi}}(1 - \mu^2), \tag{2.4}$$

где параметры p и D определяются в соответствии с приложением 2; μ — коэффициент Пуассона дорожной конструкции ($\mu = 0{,}30$).

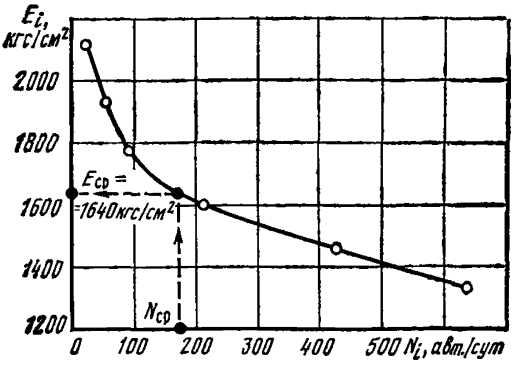


Рис. 2.5. Изменение величины приведенной интенсивности движения транспортного потока N_i в зависимости от модуля упругости дорожной конструкции E_i: $N_{ср}$ — фактическая интенсивность расчетного движения (по формуле 2.1); $E_{ср}$ — модуль упругости дорожной конструкции на контрольной точке при характерном для всего расчетного периода состоянии

В полулогарифмических координатах (логарифмический масштаб по оси интенсивностей) зависимость рис. 2.5 линейна и для ее построения достаточно двух вычислений по формуле (2.5).

Приведение интенсивности движения к расчетным нагрузкам при рассматриваемом расчетном состоянии конструкции осуществляют по формуле

$$N_i = \left(0{,}01\, N \sum_{1}^{w} \alpha_j a_j\right) \frac{N_{Ep}}{N_{Ei}}, \qquad (2.5)$$

где N_i — приведенная интенсивность движения при рассматриваемом состоянии дорожной конструкции, авт./сут. Остальные величины аналогичны использованным в формуле (2.1).

Полученные по формулам (2.4) и (2.5) результаты целесообразно представлять в табличной форме. В табл. 2.3 дан пример применительно к рис. 2.5.

2.5.7. Корректировку результатов линейных испытаний дорожных конструкций путем их приведения к сопоставимому виду, к состоянию конструкции, характерному для расчетного периода, выполняем по следующей формуле:

$$l_{прi} = l_i K_{измi} = l_i \frac{l_{ср}}{l_{кi}}, \qquad (2.6)$$

где $l_{прi}$ — величина прогиба, приведенная к сопоставимому виду, мм; $K_{измi}$ — коэффициент изменения прогиба во времени; $l_{ср}$ — прогиб дорожной конструкции, мм, на контрольной точке при характерном для всего расчетного периода состоянии; определяется по формуле (2.4 при подстановке $E_i = E_{ср}$ и $l_{ср}$ вместо $l_{кi}$. Модуль упругости $E_{ср}$ определяется по рис. 2,5; $l_{кi}$ — прогиб дорожной конструкции на контрольной точке в момент проведения линейных испытаний, мм, l_i — прогиб дорожной конструкции, измеренный в процессе линейных испытаний, мм.

Таблица 2.3

Величины, вычисляемые по формулам (2.4) и (2.5)	Модули упругости при различных расчетных состояниях дорожной конструкции					
	E_{min}	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
E_i, кгс/см²	1330	1460	1600	1770	1930	2120
N_i, авт/сут	640	426	214	91	56	23

Таблица 2.4

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

Поясним изложенное, воспользовавшись данными рис. 2.3. Результаты расчетов при $l_{ср} = 0,48$ мм сведены в табл. 2.4.

2.5.8. Распределение деформационных свойств дорожной конструкции (модулей упругости) в пределах характерного участка носит случайный характер. В этих условиях объективная оценка состояния дорожных конструкций может быть выполнена по величине фактического прогиба $l_ф$ (модуля упругости $E_ф$), соответствующего допускаемому проценту деформированной поверхности покрытия (см. п. 1.5).

Для определения указанных величин ($l_ф$, $E_ф$) результаты измерений при линейных испытаниях обрабатываются в следующей последовательности. Прежде всего для оценки особенностей распределения прогибов на каждом характерном участке назначаем величину интервала (разряда) распределения исходя из точности испытаний $\pm 5\%$. Значение середины интервала δ (в миллиметрах) вычисляем по формуле

$$\delta = \overline{l}\left(\frac{\Delta l}{100} + 1\right), \tag{2.7}$$

где $\overline{l}$ — среднее арифметическое значение прогибов на характерном участке, определяемое по формуле

$$\overline{l} = \frac{\sum_{i=1}^{n} l_{прi}}{n}, \tag{2.8}$$

где n — количество испытаний на характерном участке; Δl — отклонение величины прогиба от среднеарифметического значения, %. Исходя из точности полевых испытаний величину Δl назначаем $\pm 10\%$, $\pm 20\%$, $\pm 30\%$ и т. д. в зависимости от реальных значений прогибов на участках. Положительные значения принимаются для прогибов, превышающих по величине среднеарифметическое значение прогибов на участке; отрицательные — для прогибов, меньших среднеарифметического значения.

Определяем интервалы прогибов. Границы интервалов устанавливаем делением суммы смежных значений δ пополам. Прогибы, попадающие на границу смежных интервалов, рекомендуется относить к интервалам меньших прогибов.

Распределение результатов испытаний по интервалам показано в табл. 2.5, для следующих величин измеренных 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 мм.

После распределения результатов испытаний по разрядам строим кумулятивную кривую, по которой решаем вопрос о фактическом прогибе конструкции, соответствующем допускаемому проценту деформированной поверхности покрытия $l_ф$. Кумулятивную кривую (рис. 2.6) строят в координатах «накоплен-

Таблица 2.5

Показатели	Значения показателей										
Δl, %	—50	—40	—30	—20	—10	$\bar{l}$	10	20	30	40	50
δ, 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 0,43	0,46 0,46 0,46 0,46 0,47	0,52 0,55 0,53	0,57 0,59	0,62 0,60	0,67	—
Количество прогибов в интервале	—	1	1	2	3	5	3	2	2	1	—
Частость прогибов, %	—	5	5	10	15	25	15	10	10	5	—
Накопленная частость, %		100	95	90	80	65	40	25	15	5	0

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

ная частость — середина интервала». При ее построении следует осреднять значения накопленных частостей смежных интервалов (разрядов).

Для определения фактического прогиба $l_ф$ из точки на оси ординат с допускаемым процентом деформирования проводим горизонталь до пересечения с кумулятивной кривой. Из точки пересечения опускаем вертикаль на ось абсцисс, где находим искомое значение $l_ф$. По полученным величинам прогибов конструкции и параметрам использованной в испытаниях автомобильной нагрузки вычисляем фактические модули упругости дорожной конструкции $E_ф$ на рассматриваемых характерных участках:

$$E_ф = \frac{p\,D}{l_ф}(1-\mu^2), \qquad (2.9)$$

где p, D и μ — параметры, аналогичные входящим в уравнение (2.4).

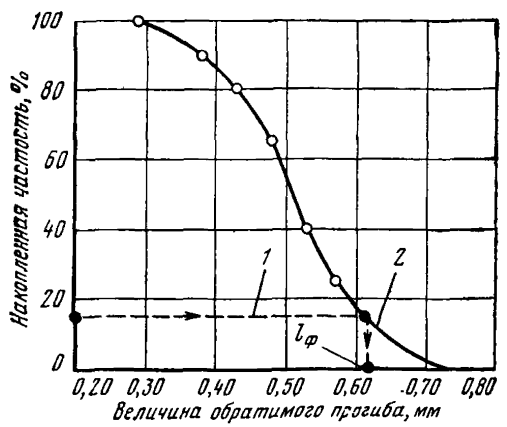


Рис. 2.6. Общий вид кумулятивной кривой (построена по данным табл. 2.5):

1 — уровень, соответствующий допустимому проценту деформированной поверхности покрытия; *2* — кумулятивная кривая

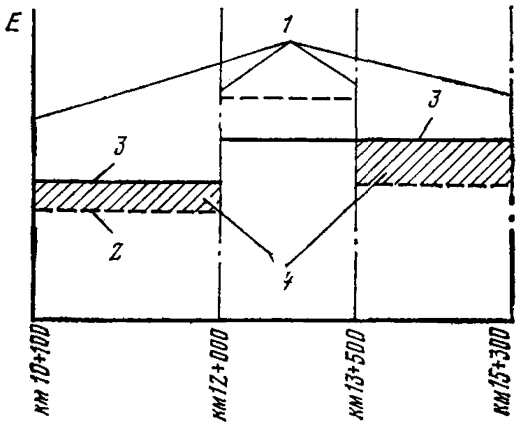


Рис. 2.7. График результатов испытаний дорожной одежды:

1 — границы характерных участков; *2* — эпюра фактических модулей упругости $E_ф$; *3* — линия требуемого модуля упругости конструкции на характерном участке; *4* — участки недостаточной прочности; (E — модуль упругости дорожной конструкции)

2.5.9. Полученные значения фактических модулей упругости используются для построения графика (рис. 2.7) результатов линейных испытаний дорожных конструкций, на который также выносятся значения модулей упругости конструкций, требуемых по условиям движения $E_{тр}$. В результате сопоставления фактических и требуемых модулей упругости решается вопрос об участках недостаточной прочности. Если фактический модуль упругости дорожной конструкции превышает или равен требуемому, то участок дороги может быть отнесен к прочным. Если фактический модуль упругости окажется меньше требуемого, то участок имеет недостаточную прочность.

2.5.10. В случаях, если испытание дорожных конструкций проведено автомобилями, весовые параметры которых значительно отличаются от параметров нагрузки группы А, фактические модули упругости конструкций E_A для нагрузки группы А могут быть с точностью до 10% получены по следующей формуле:

$$E_A = E_j \frac{D_j}{33}, \qquad (2.10)$$

где E_j — фактический модуль упругости конструкции, определенный по формуле (2.9) для случая испытания конструкции нерасчетными нагрузками;
D_j — диаметр круга, равновеликого площади отпечатка протектора колеса нерасчетной нагрузки (см. приложение 2).

3. НАЗНАЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ПРОЧНОСТИ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ[1]

3.1. Усиление дорожной одежды из расчета обеспечения ее работоспособности на следующий нормативный срок службы $T_н$

Нормативный срок службы принимается в соответствии с СНиП II-Д.5-72 и ВСН 46-72 Минтрансстроя СССР равным $T_н = 15$ лет для усовершенствованных покрытий капитального типа, 10 лет — для усовершенствованных покрытий облегченного типа и 8 лет — для переходных покрытий.

[1] Требуемые показатели прочности дорожных конструкций (требуемые модули упругости $E_{тр}$ — см. раздел 2.5.9) назначают по технико-экономическим соображениям применительно к различным встречающимся на практике случаям.

Таблица 3.1

Категория дороги	Минимально допустимые общие модули упругости при расчете слоев усиления на полный (нормативный) срок службы для покрытий		
	усовершенствованных		переходных
	капитальных	облегченных	
I	2100	—	—
II	1850	1500	—
III	1650	1350	—
IV	—	1150	850
V	—	900	650

Задача решается в случаях, когда расчетный срок службы T_i дорожной одежды полностью исчерпан на рассматриваемый момент времени или выработан частично, но по технико-экономическим соображениям требуется усиление на $T_н$.

Требуемый модуль упругости должен назначаться по величине фактической интенсивности расчетного движения.

Для определения требуемого модуля упругости необходимо вычислить ожидаемую (перспективную) интенсивность движения на дороге на последний год службы дорожной одежды $N_{прi}$, приведенную к расчетным нагрузкам. Принимая во внимание точность построения графика рис. 1 приложения 5, для практических целей рекомендуется следующая зависимость:

$$N_{прi} = \gamma q \left(0{,}01 N \sum_{1}^{w} \alpha_j a_j\right) \frac{q^{T_н} - 1}{q - 1}, \qquad (3.1)$$

где q — показатель роста интенсивности движения на дороге, определяемый в соответствии с рекомендациями п. 3.4, γ — постоянная величина, зависящая от типа дорожного покрытия (для усовершенствованных покрытий капитального типа $\gamma = 0{,}120$; для усовершенствованных покрытий облегченного типа $\gamma = 0{,}148$; для переходных покрытий — $\gamma = 0{,}171$).

Величины в скобках аналогичны использованным в формуле (2.1). Рассчитанную по формуле (3.1) интенсивность движения $N_{прi}$ откладываем по оси абсцисс рис. 1 приложения 5, проводим вертикаль до пересечения с соответствующей линией графика и определяем требуемый модуль упругости конструкции для данного случая.

Независимо от данных, полученных по рис. 1 приложения 5, требуемые модули следует назначать не ниже, чем указано в табл. 3.1.

3.2. Усиление дорожной одежды из условия обеспечения ее работоспособности в пределах расчетного срока службы T_i

Задача решается в случаях, когда запасы прочности дорожной конструкции при многократно повторяющемся воздействии транспортных нагрузок уменьшаются интенсивнее, чем предусмотрено проектом. На момент полевых испытаний фактический период эксплуатации $T_ф < T_н$.

Величину требуемого модуля упругости дорожной конструкции определяют так же, как и в первом случае, по рис. 1 приложения 5, но откладывая по оси абсцисс приведенную к расчетным нагрузкам интенсивность движения $N_{прi}$, рассчитанную по следующей формуле:

$$N_{прi} = \gamma \left(0{,}01 N \sum_{1}^{w} \alpha_j a_j\right) q^{\frac{T_н - T_ф - 1}{q - 1}}, \qquad (3.2)$$

где $T_ф$ — фактический период эксплуатации дорожной одежды от момента ввода ее в эксплуатацию после строительства или последнего усиления до года проведения полевых испытаний включительно, годы.

Остальные параметры аналогичны входящим в формулу (3.1).

Формула (3.2) справедлива при $q>1$ и при получаемых значениях интенсивностей движения $\sim N_{прi}$, находящихся в пределах значений интенсивностей графика рис. 1 приложения 5.

3.3. Усиление дорожной одежды на период эксплуатации (расчетный срок службы) $T_i<T_н$ (но не менее 1 года)

Задача решается в случаях, когда расчетные периоды эксплуатации назначаются меньше нормативных по технико-экономическим соображениям, например, из-за реконструкции дороги.

Величину требуемого модуля упругости дорожной конструкции определяют для данного случая с помощью рис. 1 приложения 5 по величине приведенной к расчетным нагрузкам интенсивности движения, вычисляемой по формуле (3.3):

$$N_{прi} = \gamma \left(0{,}01 N \sum_{1}^{w} a_j a_j \right) q \frac{q^{T_i} - 1}{q - 1}, \qquad (3.3)$$

где T_i — расчетный срок службы, годы. Остальные параметры аналогичны параметрам, входящим в формулу (3.2).

3.4. Определение численного значения показателя роста интенсивности движения q, входящего в формулы (3.1—3.3)

Показатель роста интенсивности 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 капитального ремонта дорожной одежды.

По существу вычисляемый показатель q представляет собой среднее из наблюдаемых значений за рассматриваемые годы.

Расчет начинают с определения частных значений показателя роста интенсивности движения q_i:

$$q_i = \frac{N_{Ti}}{N_{Ti-1}}, \qquad (3.4)$$

Таблица 3.2

Годы	Интенсивность движения, авт./сут		q_i (по формуле 3.4)
	фактическая	приведенная по формуле (3.5)	
1970	$N_1=1260$	$N_{T1}=450$	
1971	$N_2=1350$	$N_{T2}=493$	1,10
1972	$N_3=1420$	$N_{T3}=548$	1,11
1973	$N_4=1500$	$N_{T4}=576$	1,05
1974	$N_5=1570$	$N_{T5}=610$	1,06
1975	$N_6=1680$	$N_{T6}=628$	1,03
1976	$N_7=1750$	$N_{T7}=671$	1,07

где N_{Ti}, N_{Ti-1} — соответственно интенсивность движения в последующий и предыдущий годы, приведенные к расчетному автомобилю, авт/сут.

Приведенные к расчетному автомобилю интенсивности движения (N_{Ti}, N_{Ti-1}) определяют по следующей формуле:

$$N_T = 0{,}01\, N_i \sum_{1}^{w} \alpha_j a_j, \tag{3.5}$$

где N_i — фактическая суммарная интенсивность движения транспортного потока на полосу в рассматриваемый год службы дороги, авт./сут.

Параметры w, α_j и a_j аналогичны использованным в формуле (2.1).

Расчетное значение показателя роста интенсивности движения определяют по формуле

$$q = \frac{\sum_{i=1}^{T-1} q_i}{T-1}, \tag{3.6}$$

где T — анализируемый период эксплуатации дороги, годы. Например, используя данные табл. 3.2:

$$q = \frac{1{,}10 + 1{,}11 + 1{,}05 + 1{,}06 + 1{,}03 + 1{,}07}{6} = 1{,}07.$$

4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

4.1. Конструирование и расчет слоев усиления дорожной одежды

4.1.1. Вопрос об усилении одежды рассматривается всегда, когда ее фактический модуль упругости $E_ф$, определенный в результате полевых испытаний (см. п. 2.5.8), оказывается меньше требуемого по условиям движения $E_{тр}$ (см. п. 3.1; 3.2; 3.3).

Решение вопроса о том, какое усиление следует производить, принимается в результате технико-экономического сравнения вариантов.

4.1.2. Тип покрытия при назначении слоев усиления выбирают с учетом расчетного движения в соответствии с табл. 4.1.

Таблица 4.1

Тип покрытия	Интенсивность движения расчетного автомобиля, авт./сут	
	приведенная к нагрузке группы А	приведенная к нагрузке группы Б
Усовершенствованное капитальное	>300	>700
Усовершенствованное облегченное	100–300	300–700
Переходное	<100	<300

Верхний слой усиления по своему типу должен быть не ниже, чем существующее покрытие. Например, при существующем асфальтобетонном покрытии верхний слой усиления также должен быть асфальтобетонным.

В тех или иных конкретных условиях на основании экономических соображений, требований безопасности и комфортабельности движения вместо усовершенствованных облегченных или переходных покрытий могут быть назначены более совершенные покрытия. Материал покрытия должен обеспечивать необходимую его шероховатость и устойчивость от сдвигов, наплывов и волн при высоких температурах.

4.1.3. Толщина слоев усиления по условиям их надлежащего формирования и нормальной работы в процессе эксплуатации не должна быть меньше величин, указанных в табл. 4.2.

Во всех случаях толщина слоя должна в 1,5 раза превышать размер наиболее крупных частиц каменного материала, из которого изготовлен данный слой.

4.1.4. Расчет толщины слоев усиления ведут по упругому прогибу, рассматривая дорожную одежду как линейно деформированную систему. Для практических целей следует пользоваться номограммой рис. 4.1, которая позволяет совместить расчет толщины усиления из условия обеспечения требуемого модуля упругости дорожной конструкции с проверкой слоев усиления, устроенных из связных материалов, на растягивающие напряжения при изгибе.

При пользовании номограммой необходимо приравнять $E_{тр}$ к $E_{общ}$ и $E_н$ к $E_ф$ (фактический модуль упругости существующей конструкции — см. п. 2.5.8). Затем рассчитываем отношение $E_{общ}/E_в$, приняв модуль упругости слоя усиления $E_в$ по табл. 3 приложения 5. Из точки на оси ординат с полученным соотношением $E_{общ}/E_в$ проводим горизонталь до пересечения с пологой кривой, представляющей отношение $E_н/E_в$. В точке пересечения получаем численное значение растягивающего напряжения $\bar{\sigma}$ на нижней поверхности слоя усиления от действия единичной нагрузки. Напряжение определяется по соответствующей куполообразной кривой, проходящей через указанную точку пересечения. Опуская вертикаль из точки пересечения горизонтали с кривой $E_н/E_в$ на ось абсцисс, определяем h/D и вычисляем толщину слоя усиления h.

Таблица 4.2

Материал слоев усиления	Толщина, см	Материал слоев усиления	Толщина, см
Асфальтобетон, укладываемый в горячем или теплом состоянии:		Гравийные и щебеночные материалы, обработанные вяжущим смешением на дороге	5
однослойный	4		
двухслойный	7	Щебеночные и гравийные материалы, обработанные цементом на твердом основании	8
Холодный мелкозернистый асфальто- или дегтебетон	2,5	Грунты, обработанные органическим вяжущим по способу смешения на дороге	6
Щебеночные и гравийные материалы и грунты, обработанные органическим вяжущим в установке	5	Щебеночные или гравийные материалы, не обработанные вяжущим:	
Щебень, обработанный органическим вяжущим по способу пропитки	7	на щебне	8
		на гравийном материале	10

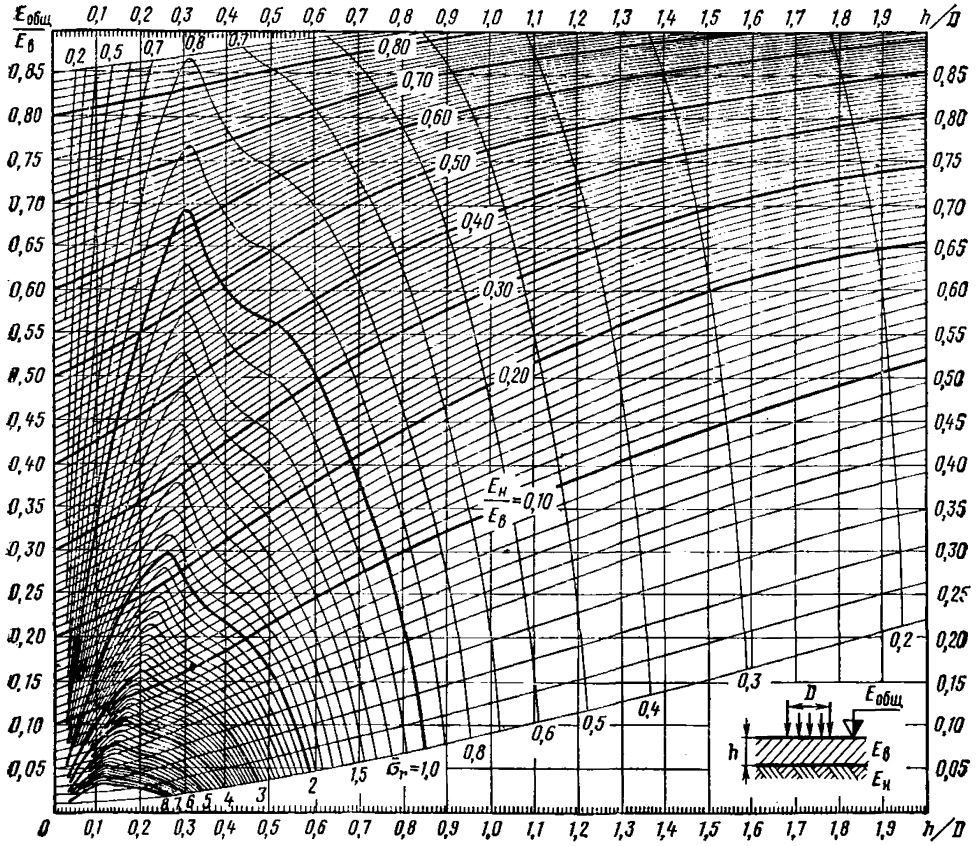


Рис. 4.1. Номограмма для расчета слоев усиления одежды по модулям упругости и определения единичных растягивающих напряжений на нижней поверхности слоев, способных работать на изгиб:

$E_{общ}$ — общий модуль упругости двухслойной системы; $E_в$ — модуль упругости верхнего слоя; $E_н$ — общий модуль упругости нижележащих слоев; h — толщина верхнего слоя; D — диаметр круга, равновеликого отпечатку колеса расчетного автомобиля; $\bar{\sigma}_r$ — растягивающие напряжения на нижней поверхности верхнего слоя при действии на поверхность единичной удельной нагрузки, равной 1 кгс/см²

Фактическое напряжение σ_r на нижней поверхности слоя усиления определяется по формуле:

$$\sigma_r = p\bar{\sigma}_r, \tag{4.1}$$

где p — среднее удельное давление на покрытие от колеса расчетного автомобиля (см. табл. 1 приложения 1).

Если $\sigma \leqslant R_{изг}$ ($R_{изг}$ — допустимое напряжение на растяжение при изгибе в материале верхнего слоя, определяемое по табл. 3 и 4 приложения 5), то данный слой усиления удовлетворяет требованиям расчета по модулю упругости и раетяжению при изгибе.

При $\sigma > R_{изг}$ толщина слоя усиления должна быть увеличена или слой заменен более прочным материалом, толщина которого должна быть рассчитана заново.

4.1.5. Если по расчету необходимо однослойное усиление и толщина слоя усиления меньше его величины, указанной в табл. 4.2, но больше половины

этой величины, то следует принять толщину слоя усиления по табл. 4.2 или рассмотреть вариант укладки материала, позволяющего делать более тонкие слои. Например, вместо гравия, обработанного органическим вяжущим, следует укладывать холодную асфальтобетонную смесь. Оба варианта должны быть сопоставлены с учетом экономических и технологических соображений.

Если по расчету толщина слоя усиления из материала, обработанного органическим вяжущим, получилась менее половины величины, указанной в табл. 4.2, то достаточно провести после соответствующего ямочного ремонта поверхностную обработку существующего покрытия.

4.1.6. Для упрощения расчета на прочность при изгибе слоев усиления из смесей, содержащих органическое вяжущее (асфальтобетон, щебеночные и гравийные смеси, обработанные вязким битумом), их толщину при укладке на покрытие, не обработанное органическим вяжущим, рекомендуется назначать в следующих пределах:

При $E_{тр} >$	2000 кгс/см²	> 12 см
» $E_{тр} =$	1800—2000 кгс/см²	10—12 см
» $E_{тр} =$	1600—1800 кгс/см²	8—10 см
» $E_{тр} =$	1400—1600 кгс/см²	6—8 см

Такую же величину слоев назначают в тех случаях, когда существующее покрытие содержит органическое вяжущее, но на его поверхности развиты такие дефекты, как выбоины, частые трещины, сетка трещин.

Если существующее покрытие из материалов, содержащих органическое вяжущее, находится в хорошем состоянии или имеет отдельные и редкие трещины, то рекомендованная толщина слоев должна включать в себя и существующее покрытие. Например, при существующем асфальтобетонном покрытии толщиной 7 см, имеющем отдельные трещины при $E_{тр} = 2000$ кгс/см², слой усиления должен быть не меньше 5 см.

Во всех случаях должны быть удовлетворены требования табл. 4.2.

4.1.7. Если толщина слоя усиления из материала, содержащего органическое вяжущее, по расчету превзойдет рекомендованные пределы (см. п. 4.1.6), то в нижней части слоев усиления дорожной одежды могут быть применены другие материалы по табл. 4.3.

Таблица 4.3

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, получается меньше, чем предусмотрено в табл. 4.2, то этот слой должен быть заменен за счет соответствующего утолщения вышележащего слоя, содержащего органическое вяжущее.

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

Материалы, не обработанные вяжущим, можно укладывать в нижней части слоев усиления только в случае, когда под ними расположены слои из водопроницаемого 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. Исключение может составить V дорожно-климатическая зона (см. СНиП II-Д.5-72) при соответствующей проверке на опытных участках.

4.1.8. В случае использования в слое усиления разных материалов рассчитывают конструкцию с двумя, тремя и больше слоями. При этом толщину верхнего слоя усиления назначают близкую к величине, указанной для соответствующего материала в табл. 4.2. Затем по номограмме рис. 4.1 определяют отношение $E_н/E_в$ при известных $E_{общ}/E_в$ и h/D, по которому вычисляют $E_н$. Принимая $E_н$ как общий модуль $E_{общ}$ на поверхности второго слоя, определяют его толщину. В каждом слое определяют σ_r и сопоставляют с $P_{изг}$. При определении напряжения σ^r в нижних слоях усиления, способных работать на изгиб, нужно пользоваться эквивалентной толщиной слоя, которая позволяет учесть разницу в модулях упругости слоев.

Если требуется определить σ_r во втором (считая сверху) слое усиления дорожной одежды (рис. 4.2), пользуются формулой

$$h_э = h_2 + h_в \sqrt[3]{\frac{E_в}{E_2}}, \qquad (4.2)$$

где h_2 — толщина нижнего слоя, рассчитываемого на прочность при изгибе, см;
$h_в$ — толщина верхнего слоя, см; E_2 — модуль упругости слоя, рассчитываемого на изгиб, кгс/см²; $E_в$ — модуль упругости верхнего слоя, кгс/см²;
$h_э$ — эквивалентная толщина двух слоев, см.

Для расчета на изгиб определяем соотношение $h_э/D$ и $E_н/E_в = E_ф/E_2$ и по номограмме рис. 4.1 определяем искомое $\overline{\sigma_r}$ и по формуле (4.1) — фактическое напряжение σ_r.

Формула (4.2) справедлива для трехслойной системы (рис. 4.2), в которой два верхних слоя работают на изгиб.

Если расчет проводят для третьего и других слоев сверху (рис. 4.3), нужно применять формулу

$$h_э' = h_i + h_э \sqrt[3]{\frac{E_{i-1}}{E_i}}, \qquad (4.3)$$

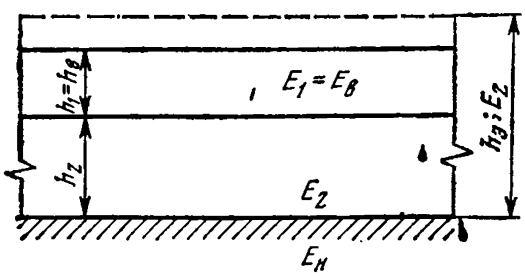


Рис. 4.2. Двухслойная конструкция усиления дорожной одежды:
$h_в$ — толщина верхнего слоя, см; h_2 — толщина нижнего слоя, см, E_1 и E_2 — модули упругости верхнего и нижнего слоев; $E_н$ — модуль упругости существующей дорожной конструкции; $h_э$ — эквивалентная толщина двух слоев с модулем E_2

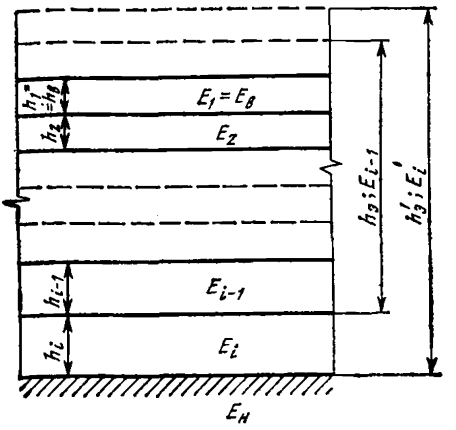


Рис. 4.3. Многослойная конструкция усиления дорожной одежды:

h_i — толщина слоя, рассчитываемого на прочность при изгибе; E_i — модуль упругости слоя, рассчитываемого на прочность при изгибе; $h_э$ — эквивалентная толщина слоев, лежащих выше рассчитываемого слоя; $h'_э$ — эквивалентная толщина всех слоев усиления с модулем упругости E_i

где $h'_э$ — эквивалентная толщина трех и более слоев, см; h_i — толщина слоя, который проверяют на изгиб, см; $h_э$ — эквивалентная толщина слоев, лежащих выше рассчитываемого слоя, см.

Эквивалентную толщину слоев, лежащих выше рассчитываемого слоя, вычисляют по формуле

$$h_э = h_{i-1} + h_{i-2}\sqrt[3]{\frac{E_{i-2}}{E_{i-1}}} + h_{i-3}\sqrt[3]{\frac{E_{i-3}}{E_{i-1}}} + \cdots + h_в\sqrt[3]{\frac{E_в}{E_{i-1}}}. \qquad (4.4)$$

Пример расчета. Допустим, что в результате полевых испытаний установлен фактический модуль упругости дорожной конструкции $E_ф = 960$ кгс/см². Требуемый по условиям движения модуль упругости конструкции, рассчитанный в соответствии с разделом 3: $E_{тр} = 2330$ кгс/см².

Определяем толщину слоев усиления в соответствии с п. 4.1.4.

В качестве верхнего слоя принимаем горячий асфальтобетон, плотный, I марки, с модулем упругости $E_1 = 14000$ кгс/см² (см. табл. 3 приложения 5) толщиной $h_1 = 5$ см. Рассчитываем: $E_{общ}/E_в = E_{тр}/E_1 = 2330/14\,000 = 0{,}167$; $h_1/D = 5/33 = 0{,}151$. Пользуемся номограммой рис. 4.1 : $E_н/E_в = E'/E_1 = 0{,}138$. Откуда $E' = 0{,}138 \cdot 14\,000 = 1940$ кгс/см².

Единичное растягивающее напряжение (см. рис. 4.1) равно: $\bar{\sigma}_r = 2{,}63$ кгс/см².

Общее растягивающее напряжение на нижней поверхности слоя

$$\sigma_1 = p\,\bar{\sigma}_r = 6 \cdot 2{,}63 = 15{,}8 \text{ кгс/см}^2.$$

Нормативное растягивающее напряжение при изгибе, согласно табл. 3 и 4 приложения 5, равно:

$$R_{изг} = 19 \cdot 0{,}88 = 16{,}7 \text{ кгс/см}^2.$$

Следовательно, $\sigma_1 < R_{изг}$ и прочность по изгибу обеспечена.

Определяем толщину слоя из горячего асфальтобетона без минерального порошка с $E_2 = 9000$ кгс/см² (по табл. 3 приложения 5).

Рассчитываем $E_{общ}/E_в = E'/E_2 = 1940/9000 = 0{,}216$ и $E_н/E_в = E_ф/E_2 = 960/9000 = 0{,}107$. По номограмме рис. 4.1: $h/D = h_2/D = 0{,}475$ и $h_2 = 0{,}475 \times 33 = 15{,}7 \approx 16$ см.

Для расчета на изгиб определяем эквивалентную толщину двух верхних слоев по формуле (4.2):

$$h_э = h_2 + h_1\sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2}} = 16 + 5\sqrt[3]{\frac{14000}{9000}} = 21{,}6 \text{ см};$$

$$h_э/D = 21{,}6/33 = 0{,}66; \quad E_и/E_в = E_ф/E_2 = 0{,}107.$$

По номограмме рис. 4.1: $\overline{\sigma_r} = 1{,}2$ кгс/см².

Общее растягивающее напряжение на нижней поверхности второго слоя $\sigma_2 = p\,\overline{\sigma_r} = 6 \cdot 1{,}2 = 7{,}20$ кгс/см².

По табл. 3 и 4 приложения 5: $R_{изг} = 12 \cdot 0{,}88 = 10{,}6$ кгс/см².

Следовательно, $\sigma_2 < R_{изг}$ и прочность по изгибу обеспечена.

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

4.2.1. Ограничение движения транспортных средств всегда требуется на участках автомобильных дорог с недостаточной прочностью дорожной одежды ($E_ф < E_{тр}$) в случаях, когда по технико-экономическим соображениям устройство слоев усиления не является эффективным мероприятием или не имеется возможностей для усиления конструкций в год проведения полевых испытаний.

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

4.2.3. Допустимую интенсивность движения расчетных нагрузок в первый год после проведения полевых испытаний рассчитывают по следующей формуле:

$$N_д = \xi N_{Eф} \frac{q-1}{q^t - 1}, \qquad (4.5)$$

где ξ — коэффициент, зависящий от типа существующего покрытия (для усовершенствованных покрытий капитального типа $\xi = 8{,}34$; то же, но облегченного типа $\xi = 6{,}77$; для переходных покрытий $\xi = 5{,}84$); $N_{Eф}$ — интенсивность движения расчетной нагрузки на последний год эксплуатации дорожной конструкции с требуемым модулем упругости $E_{тр} = E_ф$, авт./сут; $N_{Eф}$ — определяют по рис. 1 приложения 5, откладывая по оси ординат $E_ф$. Фактический модуль упругости дорожной конструкции $E_ф$ вычисляют по формуле 2.9; q — показатель роста интенсивности движения на дороге, определяемый в соответствии с п. 3.4; t — время до планируемого начала работ по усилению дорожной одежды или время в пределах оставшегося периода эксплуатации дорожной одежды до капитального ремонта $T_н - T_ф$, годы; $T_ф$ — фактический период эксплуатации дорожной одежды до года проведения полевых испытаний включительно, годы; $T_н$ — нормативный срок службы дорожной одежды, определяемый в соответствии с п. 3.1. Формула (4.5) справедлива при значениях $N_{Eф}$, находящихся в пределах графиков требуемых модулей упругости дорожных конструкций (см. рис. 1 приложения 5), а также при показателях $q > 1$.

4.2.4. Допустимая интенсивность движения сопоставляется с фактической интенсивностью расчетного движения в рассматриваемый год после полевых испытаний. Принимая во внимание точность назначения контрольных точек и точность приведения нагрузок при различных состояниях дорожных конструкций, изменение фактической, приведенной к расчетным нагрузкам интенсивности движения в данном случае учитывается в соответствии с формулой

$$N_j = \left(0{,}01\, N \sum_{1}^{w} \alpha_j a_j\right) q^{t_j}, \qquad (4.6)$$

где N_i — фактическая приведенная интенсивность движения на полосу в рассматриваемый год после полевых испытаний; t_j — рассматриваемый год

принимает значения от 1 (первый год после полевых испытаний) до t (см. формулу 4.5).

Параметры в скобках аналогичны использованным в формуле (2.1).

4.2.5. Допустимая интенсивность движения расчетной нагрузки $N_{дt}$ в любой год эксплуатации после проведения полевых испытаний определяется по формуле:

$$N_{дt} = N_д \, q^{t_j - 1}, \qquad (4.7)$$

где $t_j = 1; 2; 3 \ldots\ldots t$. Например, в первый год после полевых испытаний ($t_j = 1$) $N_{дt} = N_д$ (см. формулу 4.5.).

4.2.6. Ограничение фактического движения автомобилей осуществляется подбором по формуле (4.6), исключая из состава движения различные транспортные средства. Расчеты прекращаются, когда $N_j = N_{дt}$. Следует отметить, что задача в принципе не имеет однозначного решения, поскольку в зависимости от конкретных условий на дороге возможно ограничивать движение различных грузовых автомобилей. С целью получения наибольшего эффекта рекомендуется прежде всего исключать из состава движения на дороге тяжелые транспортные средства, оказывающие наибольшее разрушающее действие на дорожную одежду.

Пример. Рассчитываем состав движения, необходимый на дороге в первый год полевых испытаний дорожных конструкций.

Имеем фактическую интенсивность движения транспортного потока в год полевых испытаний $N = 3500$ авт./сут.

В составе движения 20% автомобилей типа МАЗ-500, т. е. $a_м = 20\%$; 30% — типа ЗИЛ-130, т. е. $a_з = 30\%$ и 20% — типа ГАЗ-51, т. е. $a_г = 20\%$ Остальные — легковые автомобили.

Допускаемая интенсивность движения расчетных нагрузок в первый год после полевых испытаний (рассчитывается по формуле 4.5) $N_д = 900$ авт./сут; $q = 1{,}1$. Коэффициенты приведения (см. приложение 1, рис. 1): $\alpha_{маз} = 1$; $\alpha_{зил} = 0{,}27$; $\alpha_{газ} = 0{,}02$.

Рассчитываем фактическую приведенную интенсивность движения в первый год после полевых испытаний по формуле (4.6):

$$N_j = N_1 = 0{,}01 \cdot 3500 \, (1 \cdot 20 + 0{,}27 \cdot 30 + 0{,}02 \cdot 20) \, 1{,}1^1 =$$
$$= 1100 \text{ авт/сут} > 900 \text{ авт/сут}.$$

Уберем из состава движения автомобили МАЗ-500, тогда:

$$N_j' = 0{,}01 \cdot 3500 \, (0{,}27 \cdot 30 + 0{,}02 \cdot 20) \, 1{,}1^1 = 327 < 900 \text{ авт/сут}.$$

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

Расчеты показывают, что для обеспечения равенства $N_j' = N_д$ достаточно в составе движения оставить 15% автомобилей МАЗ-500.

4.3. Особый случай улучшения состояния дорожных конструкций

4.3.1. 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.

4.3.2. В соответствии с разделом 4.2 на участках с недостаточной прочностью дорожных конструкций в случае возникновения задержек с проведением работ по усилению 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 рассматриваемый год после проведения полевых испытаний определяется с помощью графика рис. 1 приложения 5 (при замене $E_{тр}$ на $E_{ф}^{*}$) по величине интенсивности движения, рассчитываемой по следующей формуле:

$$N_{прt} = \gamma q^{N_{дt}} \frac{q^{t-t_j} - 1}{q - 1}, \qquad (4.9)$$

где γ — постоянная величина (см. формулу 3.1); $N_{дt}$ — допустимая интенсивность движения расчетной нагрузки в рассматриваемый год после полевых испытаний (определяется по формуле 4.7); $t = T_{н} - T_{ф}$ (см. формулу 4.5); t_i — рассматриваемый год после полевых испытаний ($1 \leqslant t_i < t$). Формула (4.9) справедлива при значениях $N_{прi}$, находящихся в пределах графика рис. 1 приложения 5, и величинах $q > 1$.

4.3.3. Требуемый модуль упругости конструкции $E_{тр}^{*}$ для данного случая определяется в зависимости от конкретных условий по одной из формул (3.1), (3.2) или (3.3) при замене в них величины γq на $\gamma q^{t_{j+1}}$. При этом в формуле (3.2) следует рассматривать $T_{ф}$ как период до рассматриваемого года после полевых испытаний.

4.3.4. Полученные значения $E_{тр}^{*}$ и $E_{ф}$ используются для расчета слоев усиления. Расчет проводится в соответствии с рекомендациями раздела 4.1.

Приложение 1

Автомобильные нагрузки

Для дорог общей сети за расчетные принимают нагрузки группы А или Б (табл. 1), устанавливаемые в соответствии с утвержденным Госстандартом СССР 12.07.74 г. Изменением № 1 ГОСТ 9314—59 «Автомобили и автопоезда. Весовые параметры и габариты».

В соответствии с СНиП II-Д.5-72 нагрузка группы А используется при расчете одежд и слоев усиления на дорогах I—III категорий, а также на дорогах других категорий в случаях, когда в период наибольшего ослабления дорожной одежды предусмотрено движение автомобилей группы А. Во всех остальных случаях используется нагрузка группы Б.

Нагрузки, приведенные в табл. 1, соответствуют наиболее нагруженной оси (одиночной) при расстоянии между осями 2,5 м и более.

Движущиеся по дороге автомобили по своим весовым параметрам, а следовательно, и по воздействию на дорожные конструкции отличаются от расчетных автомобилей. Для учета их воздействия фактическую интенсивность движения транспортного потока в сутки по одной наиболее нагруженной полосе приводят к интенсивности движения расчетных автомобилей с помощью коэффициентов приведения, определяемых по рис. 1.

Для однополосной проезжей части принимают суммарную интенсивность движения в обоих направлениях; для двух- и трехполосной — 0,5 от суммарной интенсивности; для четырехполосной (с разделительной полосой) — 0,35 от суммарной интенсивности. При числе полос более четырех нужно исходить из реального распределения движения по полосам.

Легковые автомобили в расчет не принимают. Многоосные автомобили приводят к эквивалентным по воздействию двухосным автомобилям с помощью гра-

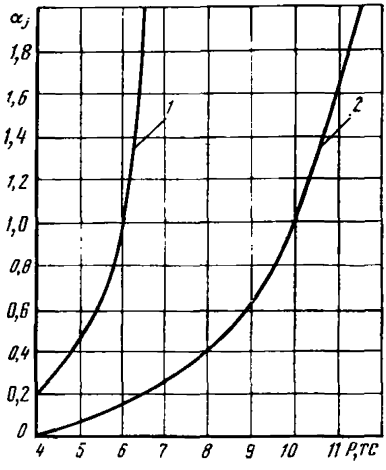


Рис. 1. График для приведения состава движения к расчетным автомобилям:

1 — группы Б; *2* — группы А; α_j — коэффициент приведения; *P* — нагрузка на заднюю ось

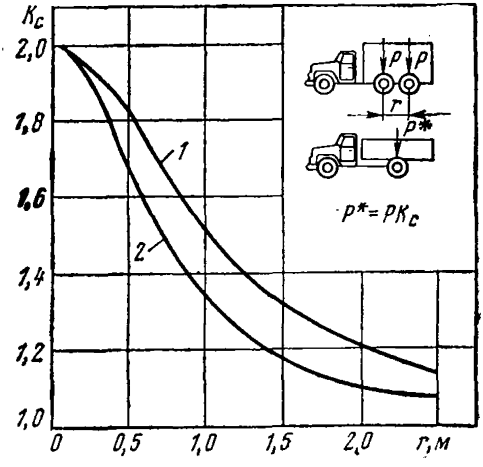


Рис. 2. Зависимость коэффициента K_c от расстояния между смежными осями автомобиля для определения эквивалентной нагрузки на одиночную ось:

1 — для нежестких конструкций с усовершенствованными капитальными покрытиями; *2* — для других дорожных конструкций

Таблица 1

Автомобили	Наибольшая статическая нагрузка на ось, кгс	Среднее расчетное удельное давление на покрытие p, кгс/см^2	Расчетный диаметр следа колеса, D, см
Группа А	10 000	6	33
Группа Б	6 000	5	28

фика коэффициентов влияния смежной оси в зависимости от расстояния между осями (рис. 2), разработанного Союздорнии. Для определения нагрузки P^* на заднюю ось двухосного автомобиля величина нагрузки P на сближенную ось умножается на соответствующий коэффициент K_c влияния. В случае, если расстояние между осями автопоезда превышает 3 м, проезд каждой оси рассматривают как проезд двухосного автомобиля с нагрузкой на заднюю ось, равной нагрузке, приходящейся на рассматриваемую ось транспортного средства. Приведение гипотетических автомобилей с нагрузкой на ось P^* к расчетным автомобилям осуществляют с помощью графика рис. 1.

Данные об автомобилях различных марок, наиболее распространенных на дорогах общего пользования, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Марки автомобилей	Наибольшая статическая нагрузка на ось, кгс	Расстояние между сближенными осями, м
1	2	3
*Автомобили бортовые**		
ГАЗ-51А; ГАЗ-52-03	4 000	—
ГАЗ-53	4 500	—
ГАЗ-53А	5 600	—
Урал-355М	5 200	—
ЗИЛ-130; ЗИЛ-130Г	7 000	—
ЗИЛ-164А	6 200	—
МАЗ-500А; МАЗ-200; МАЗ-500	10 000	—
Урал-377	5 500 × 2	1,40
МАЗ-516	9 000 × 2	1,46
КрАЗ-257	9 350 × 2	1,40
КамАЗ-5320	5 500 × 2	1,32
Автомобили-самосвалы		
ГАЗ-93А	4 000	—
ГАЗ-53Б	5 600	—
ЗИЛ-ММЗ-585	5 700	—
ЗИЛ-ММЗ-555; ЗИЛ-ММЗ-554	6 500	—
КАЗ-600	5 700	—
МАЗ-503	9 400	—

Продолж. табл. 2

Марки автомобилей	Наибольшая статическая нагрузка на ось, кгс	Расстояние между сближенными осями, м
1	2	3
МАЗ-205	9 300	—
КрАЗ-256Б	9 000 × 2	1,40
КамАЗ-5510	5 600 × 2	1,32
МАЗ-503А	10 000	—
Автобусы		
КАВЗ-651А	4 000	—
ПАЗ-652Б, КАВЗ-685	4 900	—
ПАЗ-672	5 500	—
ЗИЛ-158В	6 900	—
ЛАЗ-695Н	7 500	—
ЛАЗ-699Н	8 000	—
ЛиАЗ-677	9 800	—
ЛАЗ-697Н	7 100	—
ПАЗ-3201	4 700	
Автомобили-тягачи		
ГАЗ-51П	4 000	—
ЗИЛ-ММЗ-164АН	5 600	—
ЗИЛ-157-КВ	4 000 × 2	1,12
ЗИЛ-130-В1	6 000	—
КАЗ-608 «Колхида»	6 000	—
МАЗ-200В	10 200	—
МАЗ-504, МАЗ-504А	10 000	—
ЗИЛ-131В	5 900 × 2	1,25
МАЗ-509	9 500	—
Урал-377С	5 500 × 2	1,40
Урал-375	4 600 × 2	1,40
КрАЗ-258	8 800 × 2	1,40
КамАЗ-5410	5 500 × 2	1,32
КрАЗ-255Л	7 600 × 2	1,40
Прицепы		
ГКБ-817	4 000	—
МАЗ-886, ГКБ-8350	6 000	—
МАЗ-5243	5 000	—
Полуприцепы		
МАЗ-584Б	5 700	—
ОдАЗ-885 и ОдАЗ-857Б	6 000	—
ОдАЗ-9370 и ОдАЗ-9770	5 750 × 2	1,32

Таблица составлена по данным Краткого автомобильного справочника НИИАТа, (М., «Транспорт», 1971 и 1975 г). Численные значения нагрузок на ось указаны с округлением.

Приложение 2

Определение весовых параметров автомобильной нагрузки

Определение нагрузки на колесо автомобиля производят с помощью серийно выпускаемых Минавтодором РСФСР переносных гидравлических весов модели КП-205.

Переносные весы КП-205 представляют собой прибор, состоящий из корпуса (рис. 1) с вмонтированным в него манометром для фиксирования величины нагрузки и поршнем, воспринимающим нагрузку от колеса автомобиля. Нагрузка на поршень передается через шарнирно опирающуюся на него грузовую площадку.

Для определения нагрузки весы устанавливают таким образом, чтобы грузовая площадка касалась покрытия непосредственно у внешнего пневматика заднего колеса автомобиля (см. рис. 1). По команде производится медленный наезд на грузовую площадку весов КП-205 и по манометру определяется величина нагрузки.

Взвешивание может производиться как на специально подготовленной площадке, так и на любой другой достаточно ровной площадке с твердым покрытием (рис. 2). Во избежание ошибок, связанных с перекосом автомобиля, це-

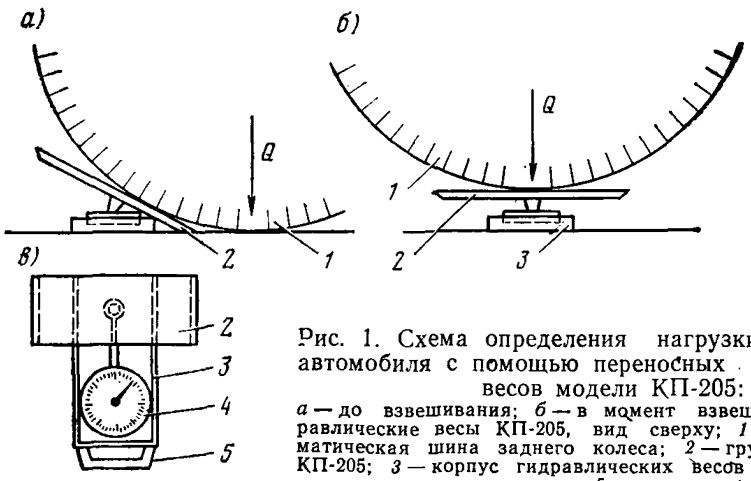


Рис. 1. Схема определения нагрузки Q на колесо автомобиля с помощью переносных гидравлических весов модели КП-205:

а — до взвешивания; *б* — в момент взвешивания; *в* — гидравлические весы КП-205, вид сверху; *1* — внешняя пневматическая шина заднего колеса; *2* — грузовая площадка КП-205; *3* — корпус гидравлических весов КП-205; *4* — манометр; *5* — ручка

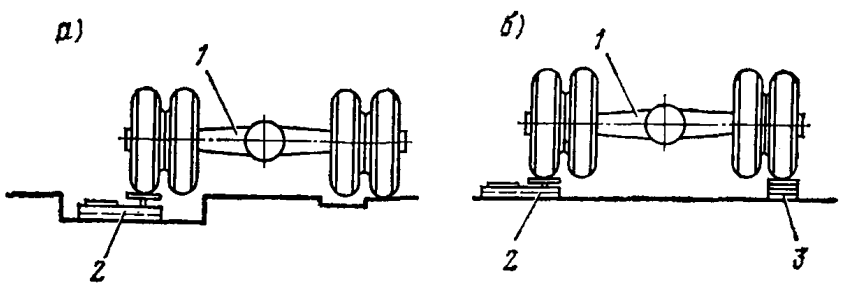


Рис. 2. Схема взвешивания автомобилей на специально подготовленной площадке *(а)* и на любой другой площадке с твердым покрытием *(б)*:

1 — задняя ось грузового автомобиля; *2* — гидравлические весы модели КП-205; *3* — деревянный брус

лесообразно устанавливать гидравлические весы в специально подготовленные углубления в площадке (см. рис. 2,*а*), или предусматривать специальные подкладки (например, деревянные бруски высотой, равной высоте гидравлических весов, и шириной, достаточной для размещения одной пневматический шины заднего колеса) под остальные колеса автомобиля (см. рис. 2,*б*).

После взвешивания определяют площади отпечатков задних колес автомобиля. Для этого следует поддомкратить колесо автомобиля, смазать протектор колеса в зоне намечаемого контакта его с покрытием сухим красителем (сажа и др.), подложить под колесо гладкую пластину (например, фанерную) с чистым листом бумаги (лучше миллиметровку) и плавно опустить колесо. Снова поддомкратить и вынуть бумагу с отпечатками.

Весовые параметры нагрузки определяют по формулам:

$$p = \frac{Q}{S}; \tag{1}$$

$$D = 1{,}13\sqrt{S} \tag{2}$$

или произведение pD, необходимое для вычисления фактических модулей упругости дорожной конструкции по результатам их испытания нагрузкой:

$$pD = 1{,}13\frac{Q}{\sqrt{S}}, \tag{3}$$

где p — среднее удельное давление в плоскости контакта колеса с покрытием (по выступам протектора), кгс/см^2; D — диаметр круга, равновеликого площади отпечатка протектора, см; Q — нагрузка на колесо автомобиля, кг; S — площадь отпечатка протектора, см^2.

Приложение 3

Состав и оснащение бригады, проводящей полевые испытания. Расчет количества бригад

Рекомендуемый состав бригады — 4 чел. Руководитель бригады назначается из числа инженеров или техников. Остальные члены бригады — из числа лиц произвольной квалификации в зависимости от возможностей организации, проводящей испытания.

Одна бригада в течение сезона испытаний дорожных одежд (средняя продолжительность около месяца) способна испытать 50—60 км дороги при 8-часовом рабочем дне.

При проведении линейных испытаний руководитель бригады устанавливает прогибомер на точке измерения и берет отсчеты 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 отпадает необходимость в измерении расстояний, поэтому 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 круга, отмеченного краской на покрытии). Обязанности остальных членов бригады не меняются. Перечень оборудования, приборов и инвентаря для оснащения бригады:

Груженый автомобиль для создания нагрузки на дорожную одежду	1
Легкий автомобиль для членов бригады	1
Прогибомер рычажный	2 шт.
Индикатор часового типа (цена деления 0,01 мм)	3 »
Прибор для измерения расстояний модели КП-203 или мерная лента и др.	1
Ртутный термометр с пределами от —20°С до +50°С	2
Переносные гидравлические весы модели КП-205	1
Переносной тент для защиты прогибомера от нагрева солнечными лучами (при использовании прогибомера МАДИ-ЦНИЛ)	1
Переносные заборчики и ограждения	2
Дорожные знаки:	
«Сужение дороги»	1
«Ремонтные работы»	1
«Направление объезда препятствия»	1
Милицейский жезл	1
Краска, миллиметровая бумага, журналы работ, рулетка	по потребности

Вопрос о количестве бригад решается в каждом конкретном случае в зависимости от предстоящего объема работ из расчета 2-разового испытания в день контрольных точек и 8-часового рабочего дня. Например, можно предложить следующую методику расчета.

Испытание дорожных конструкций на контрольных точках производится в утренние (8.00 — 10.00) и вечерние (15.00 — 17.00) часы. Остальное время бригада может использоваться на линейных испытаниях.

Количество бригад $Б_к$, выполняющих испытание одежды на контрольных точках, рассчитывается по следующей формуле:

$$Б_к = \frac{L\left(t^*_{исп} v_{ср} + l^*\right)}{T\, l^*\, v_{ср}}, \qquad (1)$$

где L — длина обследуемого участка дороги, км; $t^*_{исп}$ — время, затрачиваемое на испытание одной контрольной точки, час (в среднем составляет $\approx$ 0,08 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 — время испытания всех контрольных точек на рассматриваемом участке дороги, ч (рекомендуется принимать не более 2 ч). Количество бригад, проводящих линейные испытания дорожной одежды $Б_л$, определяют по формуле:

$$Б_л = \frac{L - Д_к\, T_р\, Б_к}{Д_л\, T_р}, \qquad (2)$$

где $T_р$ — продолжительность расчетного периода, дни; $Д_к$ — длина полосы проезжей части, обследуемой одной контрольной бригадой за день, км/день (как правило, $Д_к = 2$ км/день), $Д_л$ — длина полосы проезжей части, обследуемой в день одной линейной бригадой, км/день (в среднем в зависимости от навыка работающих $Д_л = 5$—8 км/день).

Расчет бригад по формулам (1) и (2) проводят подбором в следующей последовательности: задаются длиной участка L; определяют среднее расстояние между контрольными точками l^*; по формуле (1) вычисляют количество бригад $Б_к$. В случае получения дробного числа расчет повторяют при новой длине L.

По формуле (2) определяют количество линейных бригад $Б_л$. В случае получения дробного числа расчет по формулам (1) и (2) повторяют при новой длине L.

Приборы для измерения прогибов дорожных конструкций

Длиннобазовый рычажный прогибомер модели КП-204

Прогибомер модели КП-204 (рис. 1) имеет составной рычаг, который за счет шарикоподшипников легко вращается на оси, закрепленной в корпусе опоры *5*. Рычаг представляет собой пространственную трубчатую ферму переменной высоты с треугольным поперечным сечением. Соотношение длин грузового *8* и измерительного *4* плеч рычага 2 : 1. Длина грузового плеча 2,5 м. Конец грузового плеча рычага снабжен щупом *10*, который с помощью шарового шарнира соединен с поднятником *12*. Щуп. крепится к рычагу с помощью зажимного винта *11*. Конец измерительного плеча рычага снабжен кронштейном *2* для крепления индикатора *3*. Для избежания погрешностей при измерении прогибов дорожной конструкции, связанных с неравномерным нагреванием фермы рычага в солнечную погоду, все элементы фермы покрыты теплоизоляционным материалом.

В транспортном положении рычаг расчленен на две части. Последовательность приведения прогибомера в рабочее положение и порядок работы с ним следующие.

1. Соединяют составные части рычага и стягивают их с помощью болтов *6*.
2. Вставляют щуп *10* в отверстие на конце грузового плеча рычага и затягивают винт *11*.
3. Закрепляют индикатор *3* на кронштейне *4*.
4. Поднимают прибор за верхнюю трубу фермы рычага и, придерживая его в горизонтальном положении, перемещают так, чтобы щуп *10* с подпятником *12* разместился между скатами заднего сдвоенного колеса автомобиля точно под центром задней оси автомобиля.
5. Устанавливают клиновидную опорную подкладку 1 на покрытие таким образом, чтобы ее наклонная поверхность вошла в контакт с концом стержня индикатора.
6. Выдерживают автомобиль на точке до тех пор, пока отсчет по индикатору i_0 не изменится за 10 с более чем на 0,005 мм и записывают его в журнал измерений (табл. 1 и 2).
7. Продвигают автомобиль вперед на расстояние не менее 5 м.

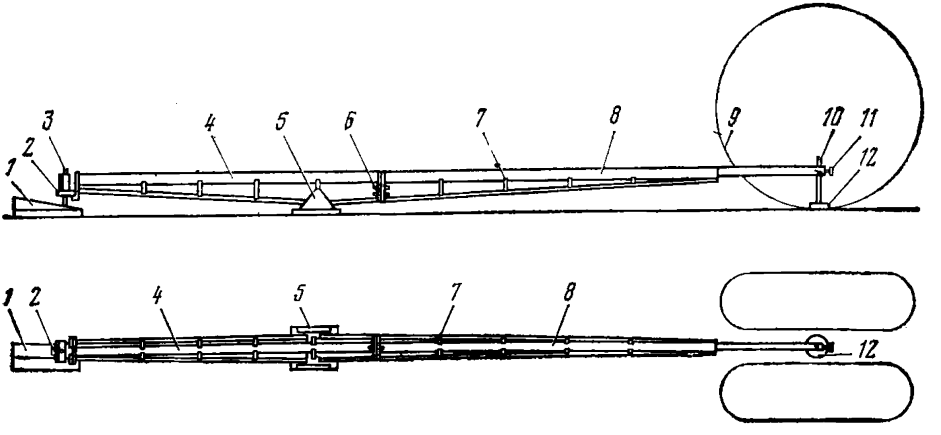


Рис. 1. Схема длиннобазового рычажного прогибомера модели КП-204

Таблица 1

Журнал линейных испытаний дорожной конструкции (образец заполнения)

Наименование дороги _____ Нагрузка на заднюю ось... 10 000 кгс

Автомобиль . . . . . МАЗ-500 Произведение $p \cdot D = 195$ кгс/см

Место испытания (км + м)	Дата и время суток	Состояние покрытия у точки испытания	Отсчеты по индикатору		Прогиб l_i, мм	Величина прогиба, приведенного к сопоставимому виду, $l_{прi} = K_{измi} \cdot l_i$, мм
			i_0	i		
	14.04.77					
110 + 000	10.15	Трещин нет	283	341	1,16	1,16·1,12 = 1,30
110 + 050	10.23	Трещин нет	239	275	0,72	0,72·1,12 = 0,81
110 + 100	10.27	Редкие трещины	301	386	1,70	1,70·1,12 = 1,90
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	15.04.77					
114 + 050	10.03	Редкие трещины	233	269	0,72	0,72·1,20 = 0,86
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Примечание. $K_{измi}$ — коэффициент изменения прогиба во времени.

Таблица 2

Журнал испытания дорожной конструкции на контрольных точках (образец заполнения)

Наименование дороги Нагрузка на заднюю ось 10 000 кгс

Автомобиль . . . . . МАЗ-500 Произведение $p \cdot D = 195$ кгс/см

Контрольная точка (км + м)	Дата испытаний и время суток	Отсчеты по индикатору		Прогиб, мм	Примечание
		i_0	i		
	28.03.77				
Точка № 1 111+000	8.27	284	301	0,34	Состояние погоды, температура воздуха, состояние обочин, откосов, резервов и т. п.
Точка № 2 114+840	8.34	225	251	0,52	
Точка № 3 118+000	8.46	273	289	0,32	
...	...	...	...	...	...
Точка № 1 111+000	15.18	199	220	0,42	
Точка № 2 114+840	15.26	239	271	0,64	
...	...	...	...	...	...
	29.03.77				
Точка № 1 111+000	8.20	239	260	0,42	
...	...	...	...	...	...

8. Дожидаются пока отсчет по индикатору (*i*) после съезда автомобиля с точки измерения в течение 10 с не будет изменяться более чем на 0,005 мм и записывают его в журнал измерений.

9. Удвоенная разница отсчетов по индикатору до съезда автомобиля с точки и после съезда будет соответствовать прогибу покрытия в этой точке *l*:

$$l = 2(i - i_0). \qquad (1)$$

Закончив измерение прогиба на одной точке, переезжают на следующую. При переезде на другую точку прибор можно не переводить в транспортное положение. Следует только снять индикатор и осторожно погрузить прибор в кузов автомобиля.

Рычажный прогибомер конструкции МАДИ-ЦНИЛ

Рычажный прогибомер (рис. 2) имеет составной рычаг, свободно вращающийся вокруг опорных винтов *9*. Рычаг состоит из переднего *11* и заднего *6* плеча, изготовленных из труб различного диаметра так, что переднее плечо рычага при необходимости может быть вдвинуто в заднее плечо, чем достигается уменьшение габарита прибора в транспортном положении в 2 раза. Жесткого соединения двух плеч рычага достигают стяжным болтом *10* в передней части соединительной муфты *8*. В соединительной муфте имеются конические гнезда, в которые входят опорные винты, обеспечивающие свободное вращение рычага вокруг горизонтальной оси. Переднее плечо рычага имеет измерительный стержень *12*, закрепленный винтом *13*. Заднее плечо рычага *6* заканчивается пробкой *1* с горизонтальной площадкой для стержня индикатора.

К месту измерений прибор доставляют в транспортном положении (переднее плечо рычага вдвинуто в заднее плечо). В транспортном положении не следует закреплять рычаг опорными винтами. Для того, чтобы привести прибор в рабочее положение, необходимо выполнить ряд операций в следующей последовательности.

1. Присоединить к швеллеру и закрепить винтом съемную опорную станину *15*.

2. Поставить прибор на покрытие вблизи места, где необходимо измерить прогиб.

3. Выдвинуть переднее плечо рычага таким образом, чтобы риска на нем совпала с передней кромкой заднего плеча и жестко закрепить переднее плечо стяжным болтом *10*. Болт следует затянуть так, чтобы нельзя было повернуть рукой переднее плечо рычага вокруг его продольной оси.

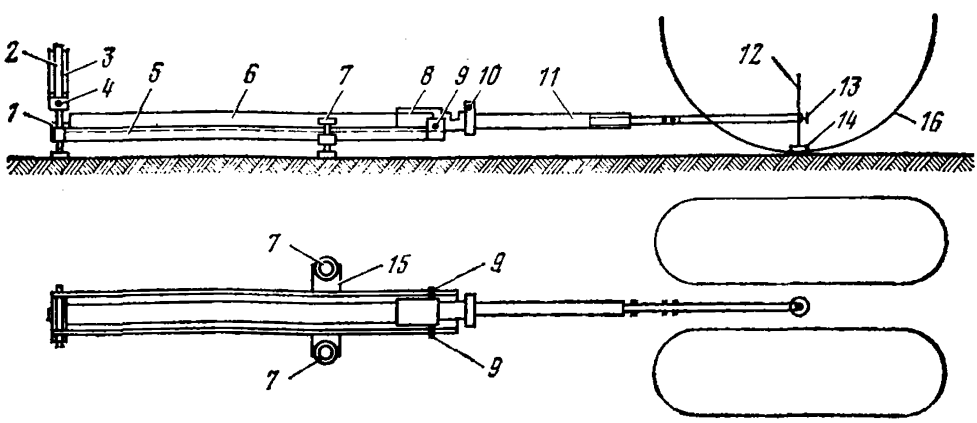


Рис. 2. Схема рычажного прогибомера конструкции МАДИ-ЦНИЛ

4. Установить конические гнезда рычага против опорных винтов и завинтить последние до полного отсутствия люфта, т. е. рычаг не должен качаться в горизонтальной плоскости. Опорные винты закрепить контргайками. Не следует чрезмерно завинчивать опорные винты во избежание уменьшения чувствительности прибора. После закрепления рычага измерительный стержень *12* должен быть перпендикулярен к поверхности покрытия. Опорные винты и конические гнезда следует периодически смазывать автолом.

5. Поднять прибор за швеллер и, придерживая рычаг в горизонтальном положении, переместить прибор так, чтобы измерительный стержень разместился между скатами заднего сдвоенного колеса автомобиля точно под центром задней оси автомобиля.

6. Закрепить на стойке *2* держатель индикатора так, чтобы стержень индикатора уперся в пробку заднего плеча рычага и на 3—4 мм был выше крайнего нижнего положения.

7. Несколько раз поднять рукой стержень индикатора и резко опустить его. Если прибор подготовлен к измерениям правильно, то после каждого опускания стержня отсчеты по индикатору будут одни и те же.

8. Произвести частые, но легкие удары металлическим предметом (запасным измерительным стержнем) по швеллеру прибора. В период постукивания необходимо следить за стрелкой индикатора. Стрелка должна чуть заметно дрожать, но после прекращения постукивания оставаться на одном и том же делении. Не следует производить сильные удары — они могут нарушить первоначальную установку прибора.

9. В солнечную погоду большие расхождения в показаниях прибора могут быть вызваны неравномерным нагреванием рычага прибора. Избежать погрешности можно путем затенения прогибомера, изготовив для этого легкий переносной тент.

Работы по непосредственному измерению упругого прогиба покрытия под колесом автомобиля следует проводить в следующей последовательности (рис. 3).

1. Установить автомобиль на точку, в которой необходимо измерить прогиб.

2. Установить на покрытие прогибомер таким образом, чтобы подпятник его измерительного стержня упирался в покрытие в центре между шинами заднего сдвоенного колеса автомобиля.

3. Если отсчет по индикатору i_0 в течение 10—15 с не меняется более чем на 0,01 мм, записать его в журнал.

4. Продвинуть автомобиль вперед на расстояние $d = b + c$ от начальной точки и взять отсчет по индикатору i_d. Снова продвинуть автомобиль вперед,

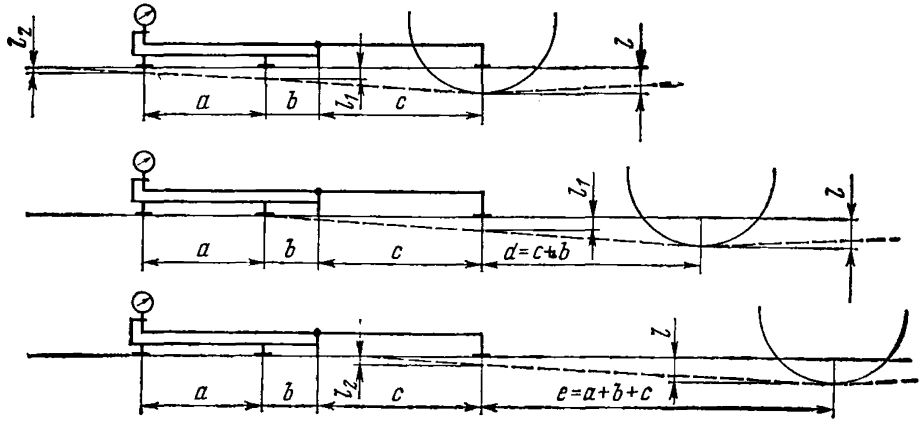


Рис. 3. Последовательность измерения вертикальной осадки дорожной одежды прогибомером конструкции МАДИ-ЦНИЛ

чтобы общее расстояние от начальной точки было $e = a + b + c$ и взять отсчет по индикатору i_e. После этого автомобиль продвигается вперед так, чтобы общее расстояние от начальной точки было не менее 5 м, и берется снова отсчет по индикатору i.

Прогиб покрытия l с учетом попадания его опор в зону чаши прогиба следует вычислять по формуле:

$$l = 1{,}03\, l_{\text{н}} + 2{,}5\, l_1 - 1{,}5\, l_2, \qquad (2)$$

где $l_{\text{н}} = i_0 - i$ — прогиб покрытия, вычисленный без учета попадания опор прогибомера в зону чаши прогиба, мм; $l_1 = i_d - i$ — прогиб покрытия под первой опорой прогибомера; $l_2 = i_e - i$ — то же, под второй опорой, мм.

Изложенная последовательность работы с прибором позволяет исключить возможные ошибки в измерении прогиба при попадании опор прогибомера в зону влияния колесной нагрузки.

Необходимо помнить, что в процессе работы с прибором следует производить легкие удары металлическим предметом по швеллеру прибора. Показания i_0, i_d, i_e, i индикатора следует записывать в журнал испытаний только после того, как скорость затухания деформации покрытия не будет превышать 0,04—0,06 мм/мин (стрелка индикатора перемещается не более, чем на одно деление за 10—15 с.).

Закончив измерения прогиба на одной точке, переезжают на следующую. Для этого следует снять индикатор с держателем и осторожно погрузить прогибомер в кузов автомобиля.

После окончания работы прибор нужно перевести в транспортное положение, для чего отпустить стяжной болт муфты и вдвинуть переднее плечо рычага в заднее плечо. Рычаг освободить от опорных винтов во избежание быстрого изнашивания конических гнезд и опорных винтов. Снять опорную станину *15*.

Приложение 5

Расчетные параметры дорожных конструкций с нежесткими типами покрытий

Требуемые модули упругости дорожных конструкций

Требуемые модули упругости дорожных конструкций для нагрузки группы А, приведенные на рис. 1, разработаны на основании статистической обработки многочисленных результатов полевых испытаний дорожных конструкций методом нагружения колесом автомобиля. Величина требуемого модуля назначается для различных типов покрытий в зависимости от среднесуточной приведенной к расчетному автомобилю интенсивности движения, ожидаемой на последний год службы дорожной одежды. Приведенные на рис. 1 зависимости справедливы при нормативном (расчетном) сроке службы дорожной одежды, указанном в п. 3.1.

Эмпирические зависимости рис. 1 можно представить в виде формулы

$$E_{\text{тр}i} = A + B\,(\lg N_{\text{пр}i} - 1), \qquad (1)$$

где A — параметр, зависящий от типа покрытия и группы расчетной нагрузки, кгс/см^2; B — параметр, характеризующий в основном влияние повторяемости нагрузок, кгс/см^2; $N_{\text{пр}i}$ — интенсивность движения, приведенная к расчетной нагрузке и ожидаемая на последний год службы данного покрытия, авт./сут.

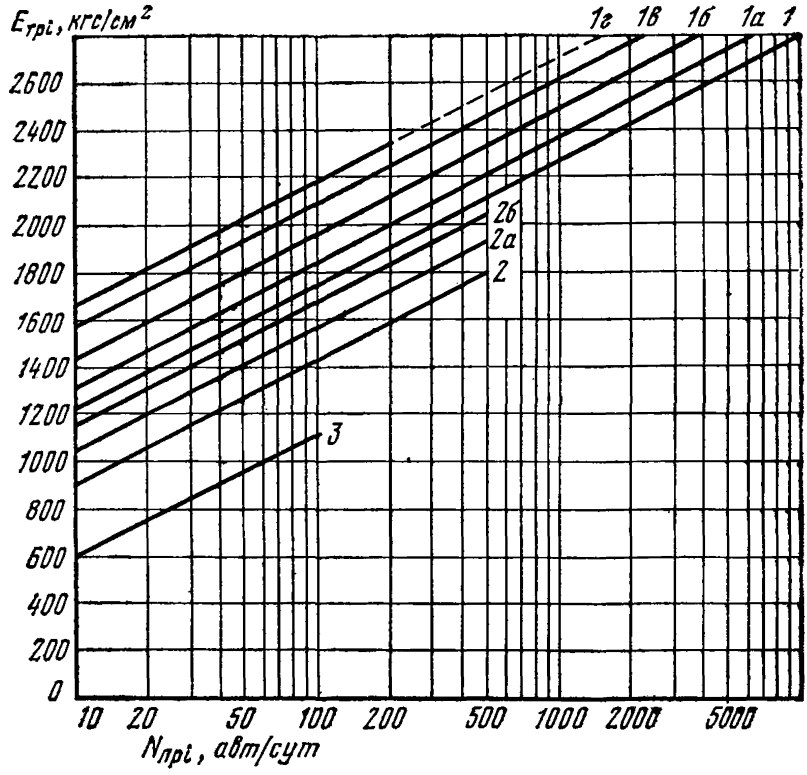


Рис. 1. График для назначения требуемых модулей упругости дорожных конструкций в зависимости от перспективной интенсивности движения на полосу (на последний год службы дорожной одежды), приведенной к расчетной нагрузке группы А

Эмпирическое уравнение (1) справедливо при следующем условии:

$$10 \text{ авт./сут} \leqslant N_{пр i} \leqslant \max N_{пр},$$

где $\max N_{пр}$ — максимальная величина интенсивности движения расчетных нагрузок для соответствующих линий требуемых модулей упругости (см. рис. 1).

Численное значение параметра B в формуле (1) для всех случаев постоянно и равно $B = 520$ кгс/см². Численные значения параметра A представлены в табл. 1.

Прямые *1, 2,* и *3* на рис. 1 служат для определения $E_{тр}$ при всех климатических и грунтово-гидрологических условиях за исключением тех, которые указаны в табл. 2.

Для условий, указанных в табл. 2, необходимо пользоваться прямыми 1*а*, 1*б*, 1*в*, 1*г*, 2*а*, 2*б*. Каждая прямая соответствует определенному интервалу толщины дорожной одежды. В толщину дорожной одежды следует включать все конструктивные слои, в том числе и дренирующий. Толщины, меньшие указанных в табл. 2 для данных климатических и грунтово-гидрологических условий, как правило, не обеспечивают необходимой прочности дорожной конструкции за исключением случаев применения теплоизоляторов. Прочерки в табл. 2 и пунктирные части прямых на рис. 1 соответствуют случаям, которые на практике обычно не встречаются.

Таблица 1

Тип покрытия	Обозначение линий на рис. 1	Параметр A, кгс/см²
Усовершенствованное капитальное	1	1220
	1*а*	1320
	1*б*	1440
	1*в*	1570
	1*г*	1670
Усовершенствованное облегченное	2	910
	2*а*	1050
	2*б*	1160
Переходное	3	600

Таблица 2

Тип покрытия	Обозначение линий на рис. 1	Общая толщина дорожной одежды, см, для различных климатических и грунтово-гидрологических условий		
		*А**	*Б**	*В***
Усовершенствованное капитальное	1	>95	>75	>45
	1*а*	90—94	70—74	40—44
	1*б*	85—89	65—69	35—39
	1*в*	80—84	60—64	—
	1*г*	75—79	55—59	—
Усовершенствованное облегченное с применением вязкого битума	2	>80	>70	>40
	2*а*	75—79	60—69	35—39
	2*б*	70—74	50—59	30—34
То же, с применением жидкого битума	2	>75	>65	>40
	2*а*	70—74	55—64	35—39
	2*б*	65—69	45—54	30—34
Переходное	3	Толщина слоев не ограничивается		

* II дорожно-климатическая зона, 3-й тип местности. Супеси и суглинки пылеватые.
** II дорожно-климатическая зона: для 2-го типа местности при супесях и суглинках пылеватых; для 3-го типа местности при суглинках пылеватых и глинах.
*** Для II дорожно-климатической зоны: при 1-м типе местности; при 2-м типе местности для суглинков непылеватых и глин. Для III дорожно-климатической зоны; 2-й и 3-й типы местности, супеси и суглинки пылеватые.

Для благоприятных дорожно-климатических условий Средней Азии величина требуемого модуля упругости, определенная по прямым 1, 2 и 3 рис. 1 должна быть понижена на 15%.

Расчетные характеристики материалов слоев усиления

Расчетные характеристики материалов (табл. 3) включают в себя модули упругости E и сопротивление растяжению при изгибе $R_{изг}$ (для связных материалов: асфальтобетона, щебеночных и других смесей, обработанных органическим и минеральным вяжущим).

Для асфальтобетона, щебеночных и гравийных смесей, обработанных органическим вяжущим, большие значения модулей упругости соответствуют крупнозернистым смесям, более вязким битумам и более северным районам. Большие значения сопротивлений растяжению при изгибе соответствуют более вязким битумам и более северным районам. Марку битума назначают при проектировании состава асфальтобетона с учетом климатических условий в соответствии с требованиями действующих ГОСТов и инструкций.

Для щебня, обработанного органическим вяжущим по методу пропитки, большие значения модулей упругости и сопротивлений растяжению при изгибе соответствуют битуму марки БНД-90/130 или каменноугольному дегтю Д-7 и ДС-7.

Для слабых местных каменных материалов, обработанных органическим вяжущим или цементом, большие значения расчетных характеристик соответствуют смесям, приготовленным в установке. Количество вяжущего подбирают в лаборатории с учетом необходимой водо- и морозоустойчивости смеси для конкретных местных условий.

В табл. 3 для большинства материалов численные значения их нормативных расчетных характеристик даны в определенном интервале. Это позволяет при расчете усиления назначать величины расчетных параметров с учетом качества материалов и конкретных местных условий в расчетный период.

Сопротивление растяжению при изгибе дано для средних условий движения (500 расчетных автомобилей в сутки группы А). При других условиях движения величину $R_{изг}$ нужно умножать на коэффициент по табл. 4.

Для грунтов, обработанных органическим вяжущим, а также необработанных каменных материалов, меньшие значения модулей соответствуют II дорожно-климатической зоне, большие — IV и V. Для III зоны следует принимать промежуточные значения.

При обработке грунтов органическим вяжущим или цементом с применением однопроходной грунтосмесительной машины или стационарной установки модули упругости полученных материалов могут быть повышены на 20—25%.

Таблица 3*

Материал	E, кгс/см²	$R_{изг}$, кгс/см²	Примечание
Смеси асфальтобетонные горячие и теплые:			
плотные (с минеральным порошком)			
марки I	13 000 — —15 000	18—20	Меньшие значения принимаются для теплых смесей
» II	10 000 — —12 000	14—15	
» III	7 000 — —9 000	12—14	
» IV	5 000 — —6 000	8—9	
пористые (без минерального порошка)	8 000 — —9 000	10—12	

* Таблица 3 составлена с участием проектной части Гипродорнии.

Материал	E, кгс/см²	$R_{изг}$, кгс/см²	Примечание
Холодный асфальтобетон: марки I	6 000 — —7 000	9—10	
» II	5 000 — —5 500	7—8	
без минерального порошка	4 000 — —4 500	6—7	
Щебень, обработанный вязким битумом или дегтем по способу пропитки: щебень 1—2 класса	5 000 — —6 000	7—8	
» 3 »	4 000 — —5 000	6—7	
Щебеночные или гравийные смеси, обработанные жидким битумом или дегтем смешением на дороге	2 500 — —3 000	4—4,5	Меньшие значения принимаются при обработке гравийных смесей
Малопрочные местные каменные материалы, в том числе отходы камнедробления, в смеси с песком или супесью, обработанные битумом или дегтем	2 000 — —3 500	2—3,5	В зависимости от прочности материала и способа обработки: бóльшие значения при смешении в установке, меньшие — при смешении на дороге
Малопрочные местные каменные материалы, в том числе отходы камнедробления, в смеси с песком или супесью, укрепленные портландцементом	3 000 — —4 500	3—4	То же
Щебеночные и гравийные смеси подобранного зернового состава не ниже 3 класса, укрепленные портландцементом в количестве 6—7%	6 000 — —7 000	6—8	Меньшие значения принимаются при обработке гравийных смесей
4—5%	4 000 —5 000	4—6	
Металлургические шлаки 1—4 класса, однородные по качеству, с подобранным зерновым составом: активные	3 500 — —4 500	—	
малоактивные	2 000 — —3 000	—	
Гравийные смеси подобранного зернового состава, укрепленные добавками гранулированного шлака, в количестве 30%	3 000	1,5	
Щебень стандартных фракций, укладываемый по способу заклинки: щебень 1—2 класса	4 000 — —4500	—	

Продолж. табл. 3

Материал	E, кгс/см²	$R_{изг}$, кгс/см²	Примечание
щебень 3 класса	3 500	—	
То же, щебень рядовой:			
1—2 класса	3 000 — —3 500	—	
3 »	2 500	—	
4 »	2 000		
Дресва изверженных и осадочных пород и мелкий ракушечник	800 — —1 000	—	
Гравийные материалы в зависимости от зернового состава:			
зерен крупнее 2 мм (>85%) и зерен мельче 0,5 мм (до 3%)	2 500 — —2 700	—	
зерен крупнее 2 мм (>7%) и зерен мельче 0,5 мм (до 7%)	2 000 — —2 300	—	
зерен крупнее 2 мм (>60%) и зерен мельче 0,5 мм (до 10%)	1 700 — —2 000	—	
зерен крупнее 2 мм (>50%) и зерен мельче 0,5 мм (до 12%)	1 500 — —1 700	—	
Грунты оптимального зернового состава, укрепленные портландцементом в количестве:			
6%	2 000	1,5	
8%	3 000	2,5	
10%	4 000	3,5	
Легкие супеси и разнозернистые пески, укрепленные портландцементом в количестве:			
6%	1 800	1,5	
8%	2 800	2,5	
10%	3 500	3,0	
Суглинки и пылеватые супеси, укрепленные портландцементом в количестве:			
8%	2 000	2,0	
10%	2 500	2,5	
12%	2 800	3,0	
Грунты оптимального зернового состава, укрепленные органическим вяжущим в количестве:			
6%	1 800	—	
8%	2 500	—	
Супесчаные грунты, обработанные органическим вяжущим в количестве:			
8%	1 800	—	
10%	2 200		

Продолж. табл. 3

Материал	E, кгс/см²	$R_{изг}$, кгс/см²	Примечание
Суглинистые грунты, обработанные органическими вяжущими в количестве:			
10%	1 500	—	
12%	1 800	—	

Таблица 4

Интенсивность, приведенная к нагрузке группы А, авт./сут	Интенсивность, приведенная к нагрузке группы Б, авт./сут	Поправочные коэффициенты
<50	<500	1,5
100	1000	1,3
200	2000	1,2
500	5000	1,0
1000	—	0,9
2000	—	0,75

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
1. Общие положения 5
2. Оценка прочности нежестких дорожных одежд по величине упругого прогиба под колесом автомобиля 7
3. Назначение требуемой прочности нежестких дорожных конструкций 19
4. Мероприятия по повышению долговечности дорожных одежд . . . 22
Приложение 1. Автомобильные нагрузки 31
Приложение 2. Определение весовых параметров автомобильной нагрузки 34
Приложение 3. Состав и оснащение бригады, проводящей полевые испытания. Расчет количества бригад 35
Приложение 4. Приборы для измерения прогибов дорожных конструкций 37
Приложение 5. Расчетные параметры дорожных конструкций с нежесткими типами покрытий 41

Минавтодор РСФСР

Методические указания по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд

Ответственный за выпуск *В. К. Апестин*
Редактор *К. М. Ивановская*
Технический редактор *Е. В. Земскова*
Корректор *Л. Б. Кулакова*

Сдано в набор 07.08.78. Подписано к печати 13.02.79. Т-02069
Формат бумаги 60×90¹/₁₆ тип. № 2. Гарн. литературная. Печ. высокая Печ. л. 3
Уч.-изд. л. 4,0 Тираж 18 000 экз. Зак. тип. 728 Цена 20 коп.
Изд. № 1к-3-1/15 № 0066
Изд-во «ТРАНСПОРТ», 107174, Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 19 Союзполиграфпрома
Государственного комитета СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
г. Москва, Б-78, Калаичевский туп., дом 3/5

gost.e-ecolog.ru