

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

кафедра СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДОРОГ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
по дисциплине
КОНТРОЛЬ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
МАГИСТРАЛЬНЫХ И ГОРОДСКИХ ДОРОГ
(специальный курс)

для студентов специальности 8.06010105
«Автомобильные дороги и аэродромы»
(дневная форма обучения)

УТВЕРЖДЕНО:
на заседании кафедры
Строительства и
эксплуатации
автомобильных дорог
Протокол №
от « » 2015р

Горловка 2015 г.

Конспект лекций по дисциплине «Контроль транспортно-эксплуатационных свойств магистральных и городских дорог» (специальный курс) для студентов специальности 8.06010105 «Автомобильные дороги и аэродромы» дневной формы обучения. Шилин И.В., - 2015 г., -79стр.

При разработке конспекта в качестве основного литературного источника был использован: Леонович И.И., С.В. Богданович, И.В. Нестерович Диагностика автомобильных дорог / учебное пособие. –Минск: Новое знание, М: ИНФРА-М, -2011, -350с.

СОДЕРЖАНИЕ

тема №1 ДЕФЕКТНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	4
1.1 Общее понятие дефекта, его виды и характеристики	4
1.2 Дефекты асфальтобетонных дорожных покрытий	5
1.7 Оценка дефектности покрытий при диагностике дорог	20
тема №2 ДИАГНОСТИКА ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА	32
2.1 Основные характеристики движения потока автомобилей	32
2.1.1 Пропускная способность	32
2.1.2 Интенсивность движения	35
2.1.3 Состав движения	36
2.1.4 Характеристика уровней удобства движения	36
2.2 Методы определения параметров транспортного потока	38
2.2.1 Контактно-механические методы	40
2.2.2 Магнитно-индуктивные методы	44
2.2.3 Методы с применением зондирующих импульсов	46
2.2.4 Учет интенсивности транспортных средств визуальным методом	48
2.2.5 Учет движения автоматическими счетчиками	52
2.2.6 Контроль тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств	52
тема №3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ ИНЖЕНЕРНОГО ОБУСТРОЙСТВА ДОРОГИ	55
3.1 Светотехнические особенности дорожных знаков	55
3.1.1 Определение светотехнических характеристик дорожных знаков	56
3.1.2 Светотехнические материалы для изготовления дорожных знаков	58
3.1.3 Оборудование для измерения светотехнических характеристик дорожных знаков	60
3.1.4 Светотехнические особенности дорожной разметки и оборудование для оценки ее световозвращающих качеств	62
3.2 Светотехнические характеристики дорожного покрытия	65
3.2.1 Определение коэффициента диффузного отражения элементов проезжей части	66
3.2.2 Определение светотехнических характеристик элементов проезжей части методом измерения индикатрис рассеивания светового потока	66
тема №4 ДИАГНОСТИКА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОРОГ	69
4.1 Технические средства диагностики условий эксплуатации	69
4.2 Выбор мест расположения дорожных измерительных станций	74
ВОПРОСЫ ВЫНЕСЕННЫЕ НА КОНТРОЛЬ	75

тема №1 ДЕФЕКТНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

1.1 Общее понятие дефекта, его виды и характеристики

Дефект - любое несоответствие свойств объекта заданным, требуемым или ожидаемым его свойствам, нарушающее исправность, работоспособность или правильность функционирования объекта. Дефекты дорожных покрытий (дорожных одежд) - отклонения геометрических параметров, текстуры и структуры дорожной одежды от нормативных требований. В зависимости от характера, местоположения и величины выделяют дефекты различных видов. Применительно к автомобильным дорогам в зависимости от вида объекта различают дефекты земляного полотна, дорожной одежды, искусственных сооружений, элементов инженерного и архитектурного благоустройства.

Дефекты могут быть конструктивными (проектными), производственными, технологическими и эксплуатационными.

К *конструктивным (проектным)* относят дефекты, которые были допущены в процессе разработки проекта в силу неправильного исполнения технического задания и неверного использования нормативной документации, ошибочности в вычислениях.

Производственные дефекты возникают в результате несоответствия фактически реализованных технических решений (ширина земляного полотна, уклон дороги, радиус закругления и т.д.) требованиям проектной документации.

Технологические дефекты обусловлены нарушением технологической дисциплины, несоблюдением технологических правил и режима производства работ, отсутствием настоящего контроля за ходом работ.

Эксплуатационные дефекты возникают в процессе эксплуатации дороги и являются следствием естественного старения материалов, износа конструкции, влияния погодных-климатических факторов, воздействия транспортных нагрузок и других причин.

По значимости и месту в системе оценки состояния объекта дефекты подразделяются на явные, скрытые, критические, значительные и др.

Явный дефект - дефект, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.

Скрытый дефект - дефект, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, не предусмотрены соответствующие правила, методы и средства.

Критический дефект - дефект, при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или недоступно.

Значительный дефект - дефект, который существенно влияет на использование сооружения (продукции) по назначению и его долговечность, но не является критическим.

Малозначительный дефект - дефект, который существенно не влияет на использование сооружения по назначению и его долговечность.

Неустранимый дефект - дефект, устранение которого технически невозможно или экономически нецелесообразно.

Устранимый дефект - дефект, устранение которого технически возможно и экономически целесообразно.

Для определения дефектности продукции, объектов, сооружений используется *коэффициент дефектности* - средневзвешенное количество дефектов, приходящихся на единицу продукции. Коэффициент дефектности вычисляют по формуле

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{\alpha} m_i v_i,$$

где n - выборка из рассматриваемого объема продукции (например, километров дороги); α - количество анализируемых дефектов (видов дефектов); m_i - число дефектов каждого вида в выборке; v_i - коэффициент весомости соответствующих видов дефектов.

Относительный коэффициент дефектности (Q) рассчитывают по формуле

$$Q = \frac{D}{D_6},$$

где D_6 - базовое значение коэффициента дефектности, соответствующее определенному базовому периоду развития науки и техники.

Перечень указанных видов дефектов целиком относится к автомобильным дорогам и может быть использован для оценки состояния и степени их дефектности.

1.2 Дефекты асфальтобетонных дорожных покрытий

Под влиянием света, тепла, кислорода воздуха битумные материалы стареют. В процессе старения одни составные части их улетучиваются или окисляются, а другие агрегируют и уплотняются. Пластичность битумов уменьшается, увеличивается хрупкость, появляются трещины. Это особенно опасно в агрессивных химических средах.

Благодаря сложности и высокой степени полимеризации соединения, входящие в состав битумных материалов, обладают относительно высокой кислотностью. Однако от продолжительного воздействия концентрированных растворов минеральных кислот битумные материалы разрушаются. Битумы и композиции на их основе, изготовленные с применением кислотостойких наполнителей (природных и искусственных), стойки против длительного воздействия серной кислоты при концентрации ее не более 50%, соляной - 30%, азотной - 25%, уксусной - до 70%, фосфорной - до 80%.

Длительное воздействие концентрированных водных растворов (до 40÷50%) едких щелочей и карбонатов щелочных металлов при обычной и повышенной температуре вызывает постепенное разрушение битумных составов. Даже насыщенные растворы извести, например в бетоне, омыляют

битумы. На них не действуют водные растворы минеральных и органических солей. Они хорошо противостоят неокисленным органическим кислотам, в органических растворителях растворяются.

Коррозия битумов приводит к снижению физико-механических свойств асфальтобетона, возникновению в дорожных покрытиях различных дефектов.

6.2.1. Трещины

Трещины - дефекты нарушения сплошности дорожного покрытия. Возникают в результате знакопеременной нагрузки, усталостных явлений, температурного расширения и других факторов (рис. 1.1). Увеличение числа и протяженности трещин свидетельствует о начале процесса разрушения дорожной одежды. Для асфальтобетонных покрытий характерны отдельные, а также частые трещины.

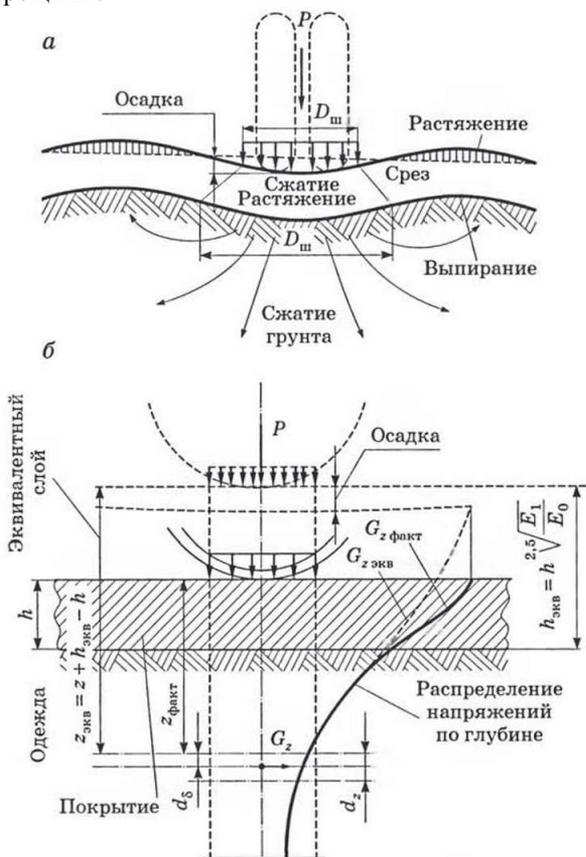


Рисунок 1.1 – Деформации и напряжения в дорожной конструкции: а- под нагрузкой автомобиля; б- при выборе расчетной модели

Отдельные трещины - поперечные и косые трещины, не связанные между собой, среднее расстояние между которыми 4 м и более. В процессе диагностики записывается общая длина трещин, измеряемая в погонных метрах (рис. 1.2).

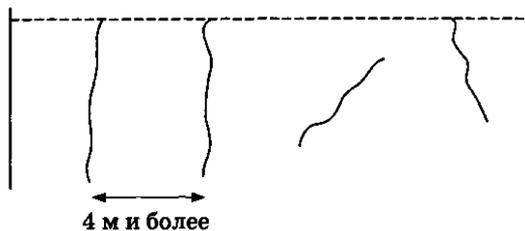


Рисунок 1.2 – Отдельные трещины

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. При диагностике дорог измеряется площадь участка с трещинами в квадратных метрах (рис. 1.3).

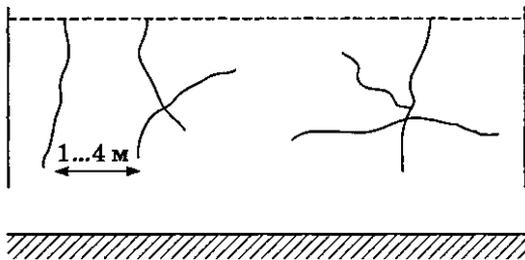


Рисунок 1.3 – Частые трещины

Сетка трещин - взаимопересекающиеся поперечные, продольные и криволинейные трещины, делящие поверхность ранее монолитного покрытия на ячейки. Дефект измеряется в квадратных метрах (рис. 1.4).

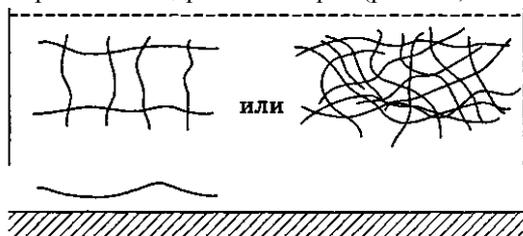


Рисунок 1.4 – Сетка трещин

Трещины - самый распространенный дефект. В зависимости от причин возникновения подразделяются на *температурные* и *температурно-усталостные*. Показателем наличия трещин является трещиноватость, характеризующаяся индексом трещиноватости:

$$ИТ = \frac{\sum T_n + \sum T_{np} + \sum T_k}{1000} \left(\frac{\text{п. м}}{1000 \text{ м}^2} \right),$$

где T_{np} , T_n , T_k - длина продольных, поперечных и косых трещин соответственно.

На дороге, ширина которой постоянна, трещиноватость может оцениваться как отношение общей длины трещин к гектометру или километру ее длины.

Появление температурных трещин снижает эксплуатационные качества дорожного покрытия, в частности ухудшает ровность. При достаточной ширине раскрытия трещины могут стать причиной усталостных разрушений. Проникающая через них вода способствует развитию деструктивных процессов в нижних конструктивных слоях, уменьшению несущей способности грунта земляного полотна и всей дорожной конструкции.

Трещины на асфальтобетонных покрытиях, уложенных на несвязанные гравийные и щебеночные основания, как правило, начинают образовываться через две зимы на третью. Площадь покрытия, пораженная трещинами (м), вычисляется по зависимости

$$F_r = \frac{1000}{[105(t_r - 2)^{-1.44} + (505(t_r - 2)^{-1.18})(H_n - 80)/100] K_r K_6},$$

где t_r - срок службы покрытия от момента строительства или капитального ремонта до момента прогнозирования, лет; H_n - толщина слоев, содержащих органическое вяжущее; K_m - коэффициент, учитывающий влияние типа асфальтобетона и свойств вяжущего на релаксационную способность (табл. 6.1); K_6 - то же, влияние типа (марки) битума (табл. 6.2).

Таблица 1.1 Значение коэффициента K_r

Тип асфальтобетона	K_r
А	1,1
Б	1,0
В	0,9
Г, Д	0,8

Таблица 1.2 – Значение коэффициента K_6

Марка битума	K_6
БНД 60/90	0,9
БНД 90/130	1,0
БНД 130/200	1,2
Модифицированный полимераи	1,5

Отраженные температурно-усталостные трещины образуются вследствие концентрации деформаций асфальтобетонных слоев на жестких основаниях над швами или трещинами (до 50÷70% от общей деформации и соответствующего увеличения растягивающих напряжений). Замедлить этот процесс можно путем значительного увеличения толщины защитного слоя асфальтобетона (до 18÷20 см), что во многих случаях экономически нецелесообразно.

Количество трещин увеличивается с повышением жесткости асфальтобетонных слоев, возрастанием интенсивности движения, старением покрытия.

1.2.2. Выбоины

Выбоины - местные разрушения дорожного покрытия, имеющие вид углублений с резко очерченными краями, которые образовались за счет разрушения материала покрытия. При диагностике дорог измеряются в квадратных метрах. Причинами образования выбоин могут быть недоуплотнение материала в данном месте, применение неоднородного или загрязненного примесями материала, образование трещин или мест повышенного динамического воздействия колес автомобилей из-за неровности покрытия и т.д. Для предотвращения увеличения выбоин по площади и глубине необходимо принимать экстренные меры по их устранению сразу после обнаружения (рис. 1.5).

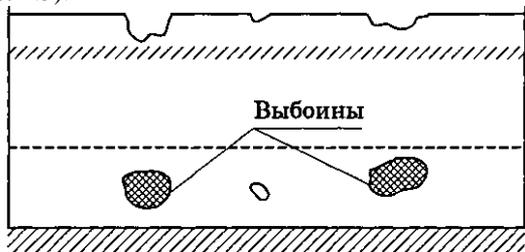


Рисунок 1.5 - Выбоины

1.2.3. Заплаты

Заплаты - участок, на котором исходное дорожное покрытие было удалено и заменено сходным или другим материалом. Измеряются в квадратных метрах. Являются результатом ямочного ремонта, при некачественном выполнении которого заплаты ухудшают ровность за счет разности в уровнях поверхности покрытия и заплат. Заплаты также влияют на коэффициент яркости покрытия (рис. 1.6).

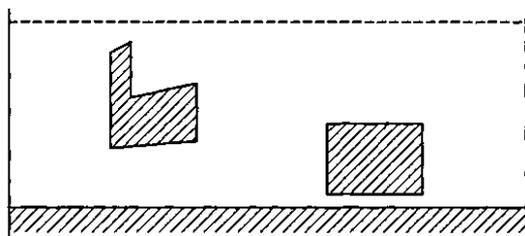


Рисунок 1.6 - Заплатки

1.2.4. Колейность

Колейность - дефект дорожного покрытия, обусловленный наличием на проезжей части колеи - продольных углублений правильной формы в местах наката, систематического приложения нагрузок от колес подвижного состава (рис. 1.7). Образуется колейность при значительных (предельных) осевых нагрузках, вследствие реологических свойств материалов и недостаточной прочности конструкции дорожной одежды. Под влиянием тяжелых автомобилей, при интенсивном движении колейность может прогрессировать и привести к образованию трещин, проломов. Наличие колейности затрудняет выполнение маневров автомобилей, ухудшает водоотвод с покрытия и повышает опасность дорожного движения. При диагностике автомобильных дорог колейность различают по глубине: до 15 мм, от 15 до 30 мм, свыше 30 мм - и измеряют в погонных метрах.

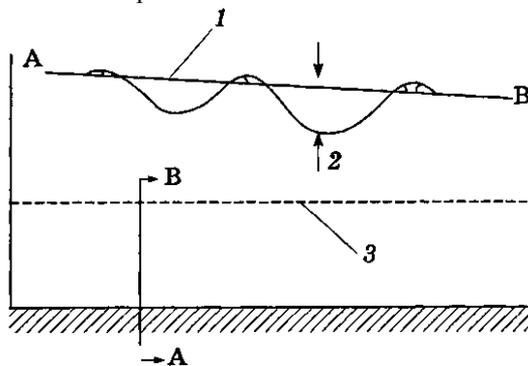


Рисунок 1.7 – Поперечный профиль покрытия с образовавшейся колеей:

1- Первоначальный профиль покрытия; 2- глубина колеи; 3- ось дороги

Измеряют колеи ручным и инструментальным способом. При ручном способе на гребни колеи в полосе наката укладывают рейку с рекомендуемой длиной 2 м. Глубиной колеи считается максимальный просвет под рейкой, измеренный в миллиметрах. Колею измеряют по каждой полосе движения отдельно в прямом и обратном направлении. Основным инструментальным способом - измерение колеи лазерным профилографом. При использовании

профилографа глубину колеи рассчитывают при помощи программного обеспечения, входящего в состав оборудования.

Допускается применение другого оборудования, в том числе ультразвукового. В этом случае результаты следует привести к измеренным с помощью рейки.

1.2.5 Выкрашивание и шелушение

Выкрашивание - разрушение дорожного покрытия в результате потери им отдельных зерен минерального материала - гравийного, щебеночного (на покрытиях переходного типа) или за счет потери связи между зернами материала на усовершенствованных покрытиях облегченного типа, а также на капитальных покрытиях нежесткого типа при плохом сцеплении (адгезии) зерен щебня с битумом или плохом перемешивании смеси, при использовании в покрытии некачественных материалов или при укладке материала в дождливую либо холодную погоду, при недоуплотнении покрытия. При диагностике дорог измеряется в квадратных метрах.

Шелушение - разрушение поверхности покрытия за счет отделения наружных тонких пленок материала, вызванного воздействием воды и низкой температуры. Особенно интенсивно происходит при частом замерзании и оттаивании покрытия, при использовании соляных смесей для борьбы с гололедом.

Интенсивность шелушения зависит от качества материалов. Пористые и слабые материалы более чувствительны к колебаниям температуры и чаще подвержены шелушению. Шелушение асфальтобетонных покрытий наиболее интенсивно происходит в весенний период при частом оттаивании и замерзании верхних слоев, с увеличением числа переходов температуры через ноль интенсивность шелушения возрастает. При диагностике дорог измеряется в квадратных метрах.

1.2.6 Разрушение кромок

Разрушение кромок - разрушение краев покрытия в виде сетки трещин или откалывания его материала. Кромки могут обламываться при переезде через них колес тяжелых автомобилей, при ударах колес на стыках цементобетонных плит, а также при недостаточной прочности дорожной одежды в прикромочной зоне. Для предохранения кромок покрытия от повреждения в местах сопряжения их с обочинами устанавливают бордюры, устраивают краевые полосы, укрепляют обочины, швы между плитами заделывают мастикой.

При диагностике автомобильных дорог разрушение кромок измеряется в погонных метрах.

1.3 Дефекты цементобетонного покрытия

Дефекты цементобетонного покрытия, как и дефекты асфальтобетонных покрытий, бывают различных видов в зависимости от их характера, местоположения и размеров.

На практике деформации и разрушения цементобетонных покрытий проявляются в виде шелушения с равномерным разрушением на глубину до $10\div 30$ мм верхнего слоя покрытия, откалывания кромок в зоне температурных швов и краевых полос, образования трещин на поверхности и в общей массе дорожного покрытия, появления отдельных выбоин, раковин и др.

1.3.1. Трещины

Для цементобетонных покрытий характерны поверхностные (очень тонкие) и сквозные трещины. Поверхностные тонкие трещины, расположенные через каждые $0,5\div 1$ см в различных направлениях, образуются в период твердения бетона в результате усадки при неудовлетворительном уходе за ним. Сквозные трещины имеют произвольные очертание и расположение. Причины их появления разные. Сквозные трещины могут образоваться в связи с недостаточной прочностью земляного полотна, вызванной морозным пучением, а также малой толщиной бетонной плиты или неоднородностью самого бетона. Кроме того, несовпадение в плане прокладки шва по горизонтали, недостаточная устойчивость конструкции каркаса шва и плохое закрепление в плите штырей приводят к образованию сквозных трещин, расположенных параллельно поперечным швам на расстоянии около 25 см от них. При диагностике дорог устанавливается общая длина трещин в погонных метрах (рис. 1.8), для частых трещин определяется площадь участка с дефектом в квадратных метрах.

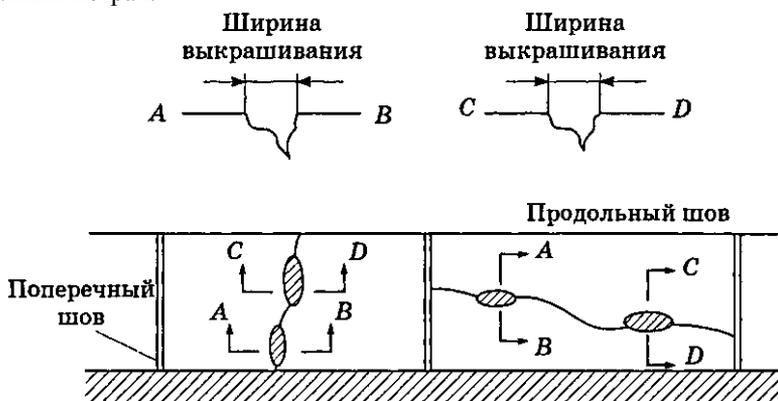


Рисунок 1.8 – Продольные и поперечные трещины

1.3.2 Незаполненные швы

Незаполненные швы - швы, не заполненные мастикой.

В отличие от всех остальных дефектов незаполненные швы на цементобетонном покрытии вызваны низким качеством работ по содержанию покрытий. При измерении дефектов данного вида записывается общая длина незаполненного шва в погонных метрах.

1.3.3 Повреждение кромок швов

Повреждение кромок швов - сколы и выкрашивание бетонных плит размером до 10 см от шва.

Измеряется общая длина дефекта в погонных метрах (рис. 1.9).

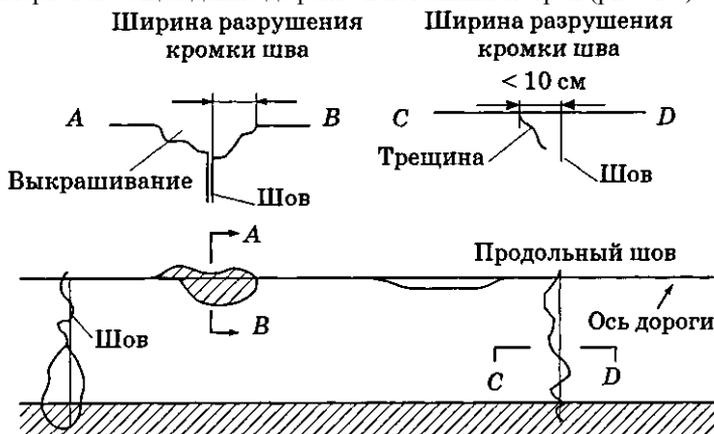


Рисунок 1.9 – Повреждение кромок швов

1.3.4 Заплаты

Заплаты - часть плиты или вся плита, которая была удалена и заменена или на которую был нанесен дополнительный материал после первоначального строительства. При диагностике измеряется площадь заплат в квадратных метрах (рис. 1.10).

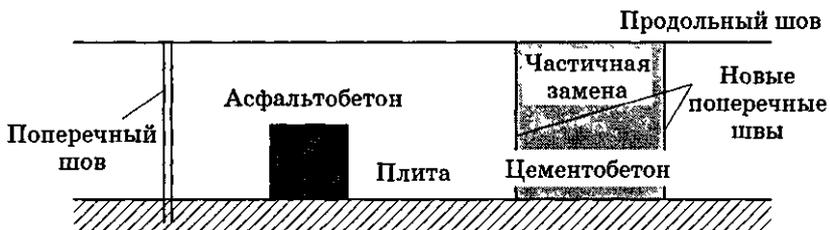


Рисунок 1.10 - Заплаты

1.3.5 Смещение по высоте смежных элементов

Смещение по высоте смежных элементов - разность по высоте между обеими сторонами шва или трещины. При диагностике записывается число вертикальных смещений плит (рис. 1.11).

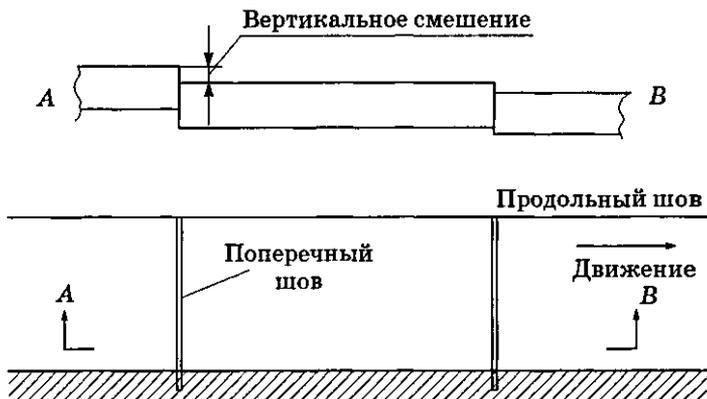


Рисунок 1.11 – Смещение по высоте смежных элементов

1.3.6 Разрушение плит

Разрушение плит - потеря целостности плит с образованием отдельных их участков и наличием сколов, выбоин, трещин, отсутствие единой поверхности. Записывается площадь дефектной поверхности в квадратных метрах (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 – Разрушение плит

1.3.7 Выкрашивание поверхностной обработки

Выкрашивание поверхностной обработки - участки с поверхностной обработкой, на которых наблюдается потеря щебня. Записывается площадь повреждения в квадратных метрах.

1.3.8 Шелушение

Шелушение - разрушение поверхности покрытия за счет отделения наружных тонких пленок материала, вызванное воздействием воды и мороза.

Интенсивность шелушения зависит от качества материалов. Пористые и слабые материалы более чувствительны к колебаниям температуры и чаще подвержены шелушению. Особенно заметно шелушение на цементобетонных покрытиях из некачественного пористого бетона в первые годы их эксплуатации. К шелушению приводит нарушение технологии приготовления и укладки бетонной смеси и неудовлетворительный уход за свежееуложенным бетоном. При шелушении цементобетонных покрытий вначале разрушается цементный камень, а затем выкрашивается мелкий материал и крупный заполнитель. Решающую роль при этом играет коррозия цементобетона. Следует различать физическую, физико-химическую и химическую коррозии.

Физическая коррозия - разрушение из-за кристаллизации солей, наличия в грунте более 1 % водорастворимых солей (особенно Na_2SO_4 , Mg_2SO_4 и др.) или высокого уровня грунтовых вод с минерализацией не менее 3000 мг/л. Физическая коррозия может происходить и в результате водной сорбции. При неблагоприятных температуре и влажности в порах бетона такие соли, как Na_2SO_4 и др., из безводных или маловодных форм могут переходить в соединения с большим количеством молекул воды ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mg}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Такой переход сопровождается увеличением объема твердой фазы в 1,5-3 раза и возникновением значительных напряжений в теле бетона, вызывающих большие деформации.

Физико-химическая коррозия происходит из-за выщелачивания или осмотических явлений. Коррозия выщелачивания обуславливается тем, что все составляющие цементного камня, в первую очередь гидрат окиси кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, растворяются в воде. Растворимость гидросиликатов типа $\text{CSH}(\text{B})$, $\text{C}_2\text{H}_2(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$, гидроалюминатов $\text{C}_4\text{AH}_{13}(4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O})$, $\text{C}_4\text{AH}_{12}(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O})$, $\text{C}_4\text{AH}_6(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ и других значительно меньше. Поэтому под воздействием воды на бетон вначале растворяется и уносится водой гидрат окиси кальция, что сопровождается нарушением структуры, уменьшением прочности бетона. После вымывания свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$, снижения его концентрации в фильтрующей через бетон воде до 1100 мг/л начинается разложение $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ с выделением гидрата окиси кальция. При концентрации CaO менее 1080 мг/л начинается гидролиз соединения $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$. При дальнейшем уменьшении концентрации CaO в поровой жидкости (до 560 мг/л) и завершении гидролиза вышеуказанных соединений наблюдается разложение C_4AH_{12} , C_4AH_6 и переход их в C_2AH_8 , который в свою очередь гидролизуется при концентрациях CaO ниже 360 мг/л.

Примерно такие же процессы последовательного разложения претерпевают и гидроферриты кальция разной основности ($\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $4\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$). Наиболее устойчивы гидросиликаты кальция типа $\text{CSH}(\text{B})$, разложение которых наблюдается только при концентрации CaO в растворе менее 60÷80 мг/л.

В.М. Москвин выделил три основных вида физико-химической коррозии бетона:

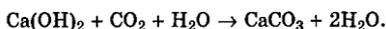
- выщелачивание растворимых компонентов бетона;

— образование растворимых соединений или продуктов, не обладающих вяжущими свойствами, в результате обменных реакций между компонентами цементного камня и жидкой агрессивной средой;

— коррозию, характеризуемую образованием и накоплением в бетоне малорастворимых солей, которые увеличиваются в объеме при переходе в твердую фазу (эти три вида коррозионного разрушения бетона официально признаны в действующих нормативных документах).

К *химической коррозии* относится разрушение бетона и железобетона кислотами, щелочами, растворами солей, различными органическими соединениями, а также всеми агрессивными газами.

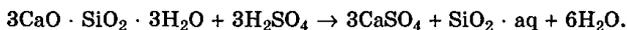
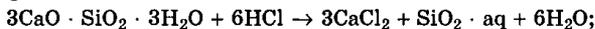
Наиболее часто наблюдается коррозия бетона под действием углекислых вод, так как углекислота присутствует во многих природных водах. Вначале идет реакция между Ca(OH)_2 цементного камня и углекислотой с образованием малорастворимого в воде карбоната кальция по схеме



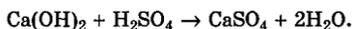
Дальнейшее действие углекислоты на бетон приводит к образованию более растворимого бикарбоната по реакции



Реакции указанных кислот с основным гидросиликатом цементного камня $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ протекают по схеме:

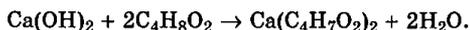
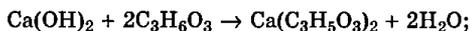
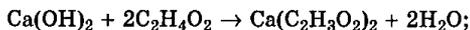


Соляная и серная кислоты вступают в реакцию с гидроксидом кальция и образуют легкорастворимые соли в виде хлористого кальция CaCl и сернокислого кальция CaSO_4 .

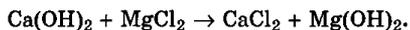
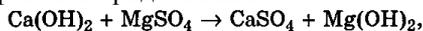


Аналогично действуют на бетон азотная и другие неорганические кислоты.

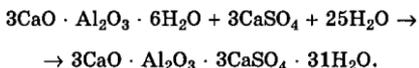
Из органических кислот активно влияют на цементные бетоны уксусная, молочная и масляная. При взаимодействии их с гидратом окиси кальция образуются ацетат кальция $\text{Ca(C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$, лактат молочнокислого кальция $\text{Ca(C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$ и бутират кальция $\text{Ca(C}_4\text{H}_7\text{O}_2)_2$ по реакции:



Специфически влияют на бетонные конструкции растворы магниальных солей. В сточных и грунтовых водах эти соли присутствуют, как правило, в виде сульфата и хлорида магния:

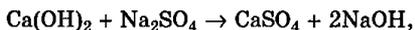


Часто в природных и производственных водах присутствуют сульфаты в виде солей CaSO_4 и Na_2SO_4 . Сульфат кальция (CaSO_4) взаимодействует с высокоосновным алюминатом кальция:



Образование малорастворимой трехсульфатной формы гидросульфоалюмината кальция (этtringита) из твердого C_3AH_6 и растворенного в воде CaSO_4 сопровождается увеличением твердой фазы (по сравнению C_3AH_6) примерно в 4,5 раза. Это вызывает возникновение силовых напряжений в цементном камне, приводящих к нарушению его структуры и разрушению.

Сульфат натрия Na_2SO_4 вначале реагирует с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ по схеме



в последующем идет образование этtringита из CaSO_4 и алюмината кальция.

При этом следует отметить, что этtringит образуется только при наличии четырех- или трехкальциевого алюмината, устойчивого при концентрациях гидрата окиси кальция в окружающей поровой жидкости соответственно ниже 1080 и 560 мг/л (в пересчете на CaO).

Существует также классификация коррозии бетона по В. А. Кинду, по которой выделяют коррозию выщелачивания, общекислотную, углекислотную, сульфатную, магниезильную.

Кроме коррозии, на разрушение цементобетонных покрытий влияет ряд других факторов, к которым можно отнести:

- низкую механическую прочность бетона на истирание и знакопеременные нагрузки;
- повышенную пористость, особенно в верхней части покрытий;
- несоответствующее условиям работы количество условно замкнутых (резервных) воздушных включений;
- недостаточную коррозионную стойкость компонентов цементного камня и заполнителя.

При диагностике дорог шелушение измеряется в квадратных метрах площади дефектного участка.

1.4 Дефекты земляного полотна

Земляное полотно - это комплекс основных и вспомогательных дорожных сооружений, непосредственно и косвенно связанных с движением автомобильного транспорта и служащих для размещения дорожной одежды, сооружений системы дорожного водоотвода, инженерных сооружений (акведук, виадук, галерея, тоннели и др.), обстановки пути, снегозащитных сооружений и других элементов автомобильных дорог.

Основными дефектами земляного полотна можно считать:

- *осадки насыпей* - заметное при визуальном осмотре понижение уровня земляного полотна на протяжении более 20 м (в том числе на болотах);
- *просадки* - осадки земляного полотна на протяжении до 20 м;
- *сползание насыпи* - сдвиг насыпи или ее части относительно оси дороги;
- *сползание откосов* - сдвиг грунта откоса насыпи - при уменьшении ширины обочины более 20 см; выемки - при нарушении водоотвода в кюветах;
- *размывы откосов* - образование промоин глубиной более 10 см;
- *размывы обочин* - промоины обочин на протяжении более 10 м при глубине от поверхности покрытия более 4 см. Кромка покрытия «висит» или занижена на протяжении более 10 м на глубину (высоту) более 4 см;
- *недостаточную несущую способность обочин* - продавливание покрытия обочин из грунта (гравия) при наезде колеса автомобиля;
- *разрушение на стыке с цементобетонным покрытием* - в зоне сопряжения с покрытием сетка трещин в полосе шириной до 0,2 м от кромки;
- *отсутствие кюветов, разрушение кюветов* - отсутствие кюветов и недостаточная их глубина в выемках, низких насыпях и нулевых местах;
- *разрушение водоотводных сооружений* - разрушение и размывы лотков, быстротоков, водобойных колодцев.

1.5 Дефекты водопропускных труб

Конструктивные особенности водопропускных труб приводят к разнообразию дефектов, которые могут быть допущены при их проектировании, строительстве и эксплуатации. Наиболее характерными можно считать следующие:

- смещение звеньев относительно друг друга на толщину стенки звена и более;
- расхождение звеньев с просыпкой грунта тела насыпи внутрь трубы;
- разрушение звеньев, требующее их замены;
- разрушение звеньев или оголовка, нарушающее сток воды.

Для прямоугольных труб в оценку включаются трубы сечением более 0,50 м × 1,50 м.

В некоторых случаях ошибки проектирования, а также дефекты содержания могут привести к разрушению не только самой трубы, но и участка земляного полотна.

Для устранения дефектов водопропускных труб производится: заделка щелей и трещин; заполнение швов; выравнивание лотков трубы; исправление русла около трубы; устранение просадок под трубой; ликвидация размывов откосов насыпи; локальное исправление укреплений насыпи.

1.6 Отказы

Отказом называется событие, при котором нарушается работоспособное состояние объекта вследствие недопустимого изменения его параметров или свойств под влиянием внутренних физико-химических процессов или внешних механических, климатических или иных воздействий. Критерии отказа зависят от особенностей и характера рассматриваемого объекта. Однако во всех случаях под критерием отказа можно понимать признак или совокупность признаков нарушения работоспособного состояния объекта, установленные в нормативно-технической (проектной) документации.

Причинами отказа бывают явления, процессы, события и состояния, вызвавшие его возникновение. Последствия отказа могут быть самыми различными в зависимости от объекта и значимости отказа. Отказы классифицируются по ряду признаков - уровню прямых и косвенных потерь, трудоемкости восстановления работоспособности и т.п. Критичность отказа - это совокупность признаков, характеризующих его последствия.

Для определения отказов используются следующие термины:

— *критический отказ* - отказ, тяжесть последствий которого признана недопустимой и требует принятия специальных мер по снижению вероятности данного отказа и возможного ущерба, связанного с его возникновением;

— *ресурсный отказ* - отказ, в результате которого объект достигает предельного состояния;

— *независимый отказ* - отказ, не обусловленный другими отказами;

— *зависимый отказ* - отказ, обусловленный другими отказами;

— *внезапный отказ* - отказ, характеризующийся скачкообразным изменением одного или нескольких параметров;

— *постепенный отказ* - отказ, возникающий в результате постепенного изменения значений одного или нескольких параметров объекта;

— *промежающийся отказ* - многократно возникающий и самоустраняющийся отказ одного и того же характера;

— *явный отказ* - отказ, обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования при подготовке объекта к приемке в эксплуатацию;

— *скрытый отказ* - отказ, не обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования при проведении технического обслуживания или специальными методами диагностики;

— *конструктивный отказ* - отказ, возникающий по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленных правил и норм проектирования и конструирования;

— *производственный отказ* - отказ, возникающий по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленного процесса строительства или ремонта объекта;

— *эксплуатационный отказ* - отказ, возникающий по причине, связанной с нарушением установленных правил и условий эксплуатации;

— *деградационный отказ* - отказ, обусловленный естественными процессами старения, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил и норм проектирования, строительства и эксплуатации.

Отказы автомобильных дорог и отдельных их сооружений имеют решающее значение при определении надежности и долговечности. Специфика же эксплуатации дорог требует особого подхода как в установлении отказов, так и в определении надежности. В этом направлении необходимо продолжить исследования.

1.7 Оценка дефектности покрытий при диагностике дорог

Визуальное обследование автомобильной дороги - один из важнейших этапов оценки ее состояния. Основной целью такого обследования служит выявление дефектов различных конструктивных элементов дороги.

1.7.1 Методы оценки дефектности покрытий

Визуальное обследование является в настоящее время наиболее доступным методом оценки состояния дороги благодаря простоте материальной базы, отсутствию необходимости в длительной подготовке оператора. Это позволяет применять визуальное обследование в любой дорожной организации.

В настоящее время такое обследование выполняется в отрасли при диагностике и осмотрах автомобильных дорог.



Рисунок 1.13 – Схема процесса регистрации дефектов и их дальнейшей обработки

При *диагностике дорог* визуальное обследование включает детальный осмотр покрытия с оценкой и определением объемов выявленных дефектов и их километровой привязкой, указанием геометрических и технологических особенностей обследуемого участка, а также предварительный осмотр инженерных сооружений (мосты, путепроводы, трубы и т.д.) и составление отчетной документации в соответствии с действующими нормативными документами. Наблюдение проводится из автомобиля, двигающегося с небольшой скоростью (15÷40 км/ч) или в процессе прохождения обследуемого участка исследовательской группой со средней скоростью 3÷5 км/ч.

При *осмотрах дорог*, кроме состояния покрытия, оцениваются и другие элементы дороги: земляное полотно, полоса отвода и др. Осмотр проводится из движущегося автомобиля. Скорость движения выше, чем при диагностике дорог. Километровая привязка отдельных дефектов не производится.

Визуальное обследование и осмотры с использованием существующего оборудования имеют следующие сложности и недостатки, возникающие в процессе сбора и обработки данных:

- большое количество обрабатываемых оператором данных, ведущее к быстрому утомлению, что отрицательно сказывается на производительности работы, а также на полноте и точности представляемых данных;

- недостаточная точность визуальной регистрации дефектов, не позволяющая сопоставить данные старых и новых обследований и принять обоснованные инженерные решения по ремонтным мероприятиям.

Вследствие этого результаты визуального обследования рассматриваются как ориентировочные, имеющие вспомогательный характер. При этом существующие методы работ, в которых объемы отдельных дефектов определяются человеком визуально, не позволяют добиться значительного повышения качества сбора данных.

Единственным способом повышения достоверности данных является перевод таких работ из категории визуального обследования в разряд инструментального обследования.

Разработанные в последние годы средства автоматизации сбора данных о дефектах автомобильной дороги позволяют повысить качество и достоверность информации.

1.7.2 Установки для определения дефектности покрытий

Лаборатория на базе автомобиля «Газель» (РУП «Белдор-центр», Республика Беларусь). Методика визуального обследования автомобильных дорог, предложенная РУП «Белдорцентр», представляет собой отработанную систему обследования, сбора, анализа информации о дефектах и параметрах покрытия, земляного полотна, о местоположении пересечений и примыканий на дороге, ее обустройстве, а также о расположении и состоянии инженерных сооружений.

Сбор данных выполняется исследовательской группой из двух человек из автомобиля «Газель», движущегося со скоростью, позволяющей оценить состояние исследуемого участка, как правило, 15÷40 км/ч. Информация о состоянии асфальтобетонного и цементобетонного покрытия заносится в персональный компьютер типа ноутбук, подключенный к датчику пути посредством кодированного сообщения с клавиатуры. Вид дефекта и его объем определяет инженер и сообщает эту информацию оператору, который вводит ее в компьютер.

Каждый дефект привязывается к километражу дороги с учетом точности местоположения километровых столбов. На автомобильных дорогах I категории обследование проводится по каждому направлению отдельно. Дополнительно фиксируются участки с большим количеством дефектов на покрытии, значительным разрушением несущих слоев, образованием колеи 15÷30 мм и более 30 мм. Программное обеспечение построено таким образом, что после ввода кода дефекта, его объема и нажатия клавиши «Ввод» автоматически записывается местоположение дефекта, которое считывается с датчика пути.

Данные о земляном полотне, ширине проезжей части, состоянии обочин, обустройстве и разметке на обследуемом участке заносятся в карту обследования.

Информация о местоположении и состоянии инженерных сооружений на дороге заносится в ведомость дефектов инженерных сооружений. Предварительно уточняются технические характеристики мостов и путепроводов, а также их местоположение. Для дальнейшей оценки состояния, выявления причин и прогнозирования возможных нарушений функционирования дороги полученная информация заносится в автоматизированный банк данных. Поскольку данные о дефектах уже записаны в электронном виде, процесс занесения их в банк данных автоматизирован. Существенным неудобством метода является использование компьютера типа ноутбук, который плохо приспособлен к работе в движущемся автомобиле и подвергается ускоренному износу.

В процессе обработки результатов по каждому виду дефектов подсчитывают суммарный объем и определяют дефектность покрытия с учетом коэффициентов весомости каждого дефекта.

Величина дефектности покрытия (ДП) определяется по формуле

$$\text{ДП} = \frac{\sum S_i \cdot K_{\text{вес}}}{S_{\text{общ}}} \cdot 100 \%,$$

где S_i - площадь дефектов покрытия на участке дороги, м²; $K_{\text{вес}}$ - коэффициент весомости отдельных дефектов для асфальтобетонных покрытий; $S_{\text{общ}}$ - общая площадь покрытия на участке, м².

Если значение ДП выше 100 %, то оно принимается равным 100 %.

Коэффициент весомости ($K_{\text{вес}}$) для асфальтобетонных покрытий дефекта «трещины» принят за единицу. По отношению к трещинам весомость остальных дефектов принимается равной: частые трещины - 1,0; сетка трещин - 1,2; выбоины - 1,0; колея до 1,5 см - 1,0; колея 1,5÷3,0 см - 1,3; колея более 3,0

см - 1,6; заплаты - 0,6; выкрашивание - 0,3; разрушение кромок - 0,1.

Система визуальной оценки покрытия дороги (SOWA-1, Республика Польша). Оценка дефектов поверхности покрытия этим методом в Польше выполняется только для нужд содержания сети загородных дорог с использованием визуальных методов, утвержденных директивой SOSN (система оценки состояния покрытия). Параметрами оценки покрытия являются показатель трещин n и показатель состояния покрытия p . Сеть дорог республики разделена на множество отрезков длиной $0,5 \div 3,0$ км. В пределах отрезка оцениваются дефекты на так называемой «эталонной стометровке» и на этом основании определяется состояние всего отрезка. Данная оценка является приблизительной. Такой способ визуального осмотра имеет несколько недостатков:

- выполнять измерения на дороге небезопасно, в отличие от наблюдения из автомобиля;

- существует высокая вероятность необъективного выбора «эталонной стометровки» и, как следствие, ошибочной оценки выбранного отрезка;

- оценка выбранного эталонного отрезка не отражает действительного состояния покрытия на другом километре этого отрезка в сравнении с измеренным.

В 1997-1998 гг. в Польше для оценки состояния асфальтобетонных покрытий была опробована новая система SOWA (система визуальной оценки поверхности). Дефекты покрытия на участке дороги определяются непрерывно при помощи электронно-программного устройства. В настоящее время для нужд дорожной отрасли в Польше используется более 20 устройств SOWA-1.

Регистрации подлежат события, которые включают в себя дефекты покрытия и характерные точки на участке дороги. Информация о таких пунктах необходима только для связывания измерительных файлов с расположением дороги на этапе обработки данных. Электронный регистратор находится в специальном пульте, служащем для записи дефектов покрытия. Объем памяти регистратора составляет 512 килобайт, что позволяет регистрировать 48360 событий без необходимости сброса данных, при максимальном числе измерительных файлов 256. Допустима возможность учета во время движения оценки поверхности крайне разрушенных участков общей протяженностью около 250 км. Поскольку обследованию подлежат покрытия разных технических категорий и с разным состоянием, практическая длина таких отрезков может быть значительно больше.

Практическая скорость передвижения лаборатории при визуальном наблюдении изменяется в интервале $0 \div 40$ км/ч и зависит от технических возможностей, степени, в которой специалист владеет регистратором во время учета дефектов, а также от степени дефектности покрытия. Для переноса и обработки данных служит компьютерная программа. Результат учета дефектов, а также показатели оценки состояния покрытия представляются в форме отчетов. Очень удобна форма графических отчетов местонахождения дефектов.

Состав дефектов, подлежащих учету, аналогичен обязательному списку дефектов в составе методики SOSN. Аналогично также и описание этих дефектов.

Для удобства учета в системе SOWA-1 дефекты разделены на две группы: линейные и точечные.

К группе линейных относятся дефекты, измерение которых возможно в продольном направлении (параллельно оси движения). Дефекты, не относящиеся к такому виду измерения, принадлежат к группе точечных. Во время учета расположение линейного дефекта описывается координатами начала и окончания дефекта, а точечного - единственной координатой.

Линейный дефект, расположенный в поперечном направлении (перпендикулярно оси движения), характеризуется в системе SOWA параметром «объем». Дефект относится к «малообъемному», если при измерении в поперечном направлении его размер не больше половины ширины полосы движения. В противном случае он будет «многообъемным».

Благодаря этому объем дефектов типа сетки трещин, заплат, а также выкрашивание и шелушение в процессе обработки данных представляют собой площадь покрытия. Одиночные поперечные трещины по отношению к продольным регистрируются как пункт и измеряются линейно. Дефекты типа выбоины также регистрируются как пункт.

В системе SOWA-1 некоторые дефекты характеризуются параметром «тяжесть». Выделено две степени «тяжести»: значительная и небольшая. Дефектам типа выкрашивание и шелушение, а также выбоинам не приписывается параметр «тяжесть». Оценка разницы в степени тяжести выкрашивания значительно затруднена при ручном способе обследования, тем более трудно дать такую оценку при измерении из автомобиля. Отдельные выбоины свидетельствуют о начавшейся местной деградации конструкции покрытия.

После выполнения визуального обследования данные для дальнейшей обработки заносятся в компьютер. Первое действие программы - связывание местоположения дефекта с пикетажем дороги, или, иначе говоря, привязывание измеренных файлов к местоположению дороги. Эти действия важно проводить при обработке результатов других измерений, например, таких, как автоматизированное измерение колеи или продольной ровности. На следующем этапе выполняется автоматизированное определение показателей n и p для каждых 100 м обследованного покрытия.

В системе SOWA-1 анализ зарегистрированных данных проходит в двух фазах: фаза 1 - анализ объемов дефектов; фаза 2 - анализ оценки пунктов для приведения дефектов, а также классифицирующих показателей к виду показателя трещин n и показателя состояния покрытия p . Входными данными для этих расчетов являются внесенные ранее объемы дефектов с учетом их степени тяжести.

В процессе определения объемов учитывается собственная иерархия дефектов, основанная на так называемых преобладающих дефектах. Это

касается случаев, когда на одном и том же образце покрытия зарегистрировано одновременно несколько однотипных дефектов.

В процессе подсчета пунктов для отдельных видов дефектов с учетом их степени тяжести, а также установления значимости показателей *пир* используется модифицированный алгоритм, применяемый в системе SOSN.

Таким образом, особенностью визуального обследования в Польше является отказ от точной регистрации объемов дефектов.

Недостатками метода являются:

— незначительное количество определяемых дефектов, ограничивающихся покрытием. При этом расширить перечень дефектов, в особенности за счет дефектов других конструктивных элементов, а не только покрытия, проблематично;

— крайняя сложность сравнения данных разных лет.

При такой системе сбора данных устройство полностью решает проблему автоматизации. При этом нет необходимости использования компьютеров типа ноутбук.

Прибор «Куратор» (СГУПС, Российская Федерация). Прибор, разработанный Сибирским государственным университетом путей сообщения, предназначен для оперативного сбора информации при визуальных осмотрах, а также для использования при выполнении паспортизации, контроля качества и проектировании автомобильных дорог.

Прибор состоит из двух устройств, включающих в себя датчик пути и контроллер, содержащий микропроцессор, блок питания, индикатор и клавиатуру. Его установка не вызывает сложностей и может быть проведена на любом типе автомобиля. Принцип действия основан на схеме счисления пути и указании дефектов с их дальнейшей привязкой к пикетажу дороги. Прибор может работать в комплексе с видеокамерой и спутниковым приемником.

Прибор объединяет в себе характерные особенности методов, применяемых в Беларуси и Польше. С одной стороны, это учет дефектов и привязка их к километражу, как в Беларуси, с другой - использование специального регистрирующего устройства, как в Польше. Однако при этом имеют место и недостатки, присущие каждому из методов.

Лаборатория Videoroute (Франция). Во Франции успешно применяют системы, использующие видеосъемку для оценки характеристик дорожной одежды так, как их воспринимает водитель. Эти системы включают в себя цветную видеокамеру с варифокальным объективом, установленную на крыше автомобиля, и регистрирующее устройство 3/4 U-Matic с числовым блоком для определения местоположения снимаемого видеокамерой участка дороги. Измерения могут проводиться при скорости движения от 40 до 120 км/ч. Благодаря использованию устройства записи, система позволяет создать банк изображений, который может быть дополнен любым другим банком дорожных данных.

Определение объемов дефектов дорожных покрытий производится при камеральной обработке отснятого материала с использованием масштабной сетки. Лабораторию часто используют для инвентаризации дорожной разметки.

Лаборатория VideoCar (Дания). Оборудование VideoCar позволяет перевести фиксацию дефектов покрытия из разряда визуального обследования в разряд инструментальных измерений. Лаборатория производилась совместно двумя датскими фирмами ImageHouse и Greenwood Engeneering с 1998 года. В настоящее время сотрудничество фирм в этом направлении прекращено. Лабораторию VideoCar использует дорожная администрация Словакии. Ее применение позволяет реализовать возможность детального обследования дорожного покрытия, а также использовать информацию для других задач, например составления паспортов. Ускоренное визуальное обследование асфальтобетонного покрытия выполняется оператором дорожного банка данных дорожного управления Словакии или служащими других организаций, занимающихся наблюдением за покрытием сети автомобильных дорог.

VideoCar представляет собой оборудование для ускоренного визуального наблюдения, видеозаписи и оптико-цифровой записи сообщений.

При выполнении измерений необходимо придерживаться следующих условий:

- покрытие автомобильной дороги должно быть сухим;
- запрещено проводить измерения во время дождя или снега, а также при сильном загрязнении покрытия;
- калибровку одометра необходимо производить при износе шин или при существенном изменении давления в шинах.

Если эти условия выполняются, то измерения можно проводить в течение всего года.

Визуальный осмотр покрытия системой VideoCar проводится для общей диагностики сети дорог в стране, области, районе, а также для быстрого обнаружения участков с недопустимым состоянием покрытия и их дальнейшим обследованием. Дефекты разделяются на семь классов, которые определяются программой следующим образом:

- точечные дефекты: поперечные трещины; выбоины;
- линейные дефекты: продольные трещины; сетка трещин; выкрашивание, шелушение; деформация дорожной одежды; заплаты.

К дефектному покрытию относятся участки, имеющие:

- одиночные и частые трещины шириной 1 м, при этом предполагается в дальнейшем распространение трещин по всему объему дорожной одежды;

- линейные дефекты, которые определяются началом и окончанием. Их длина устанавливается точно, значение ширины полосы движения или всего покрытия определяется дополнительно;

- выбоины, разделяющиеся на маленькие, площадью до 0,5 м², и большие, площадью более 1 м².

Процент дефектности покрытия представляет отношение объема заплат и дефектного покрытия к общей измеренной площади.

В Словакии в качестве критерия состояния покрытия дополнительно используется индекс ухудшения (IPSYear):

$$IPSV_{car} = 5,03 - 0,09(P + O) - 0,855z^2,$$

где P - площадь существующего деформированного покрытия, %; O - измеренная площадь дефектов, %; z - продольная неровность, измеренная профилографом, см.

Система программного обеспечения VideoCar может обрабатывать картинки с видеокamеры, а также информацию, получаемую во время движения автомобиля. Информация записывается с указанием местонахождения данных относительно сети автомобильных дорог. Во время непрерывного движения узловые точки необходимо вводить через клавиатуру. Перед выполнением визуального осмотра следует определить данные, существующие по выбранному объекту. Вся информация по обследуемому участку записывается во время движения на компакт-диск или на магнитный диск для дальнейшей корректировки и обработки. Измеренные объемы записываются в специальные файлы. Программа создает систему файлов данных из отдельных измеренных параметров.

Обработка данных представляет собой переброску данных из рабочих файлов в файлы формата базы данных, которые формируют информацию, необходимую для результирующих файлов дорожного банка данных. В базу данных записываются файлы, названия которых включают в себя названия измеренных параметров. Программа сортировки формирует однотипные данные по установленным параметрам. Обработка данных VideoCar интегрируется в программной части для дальнейшей обработки.

Рабочая программа и программа обработки данных являются дополнением к пакету программ Roguchub, являющимся зарегистрированным продуктом VideoCar, который включает в себя программы вычисления, сортировки, формирования данных.

Программа вычисления управляет формированием данных состояния покрытия. Оцениваются участки по 100 м. Для каждого участка рассчитывается индекс ухудшения состояния (IPSVcar) и устанавливается классификация по трехбалльной шкале.

Программа сортировки позволяет работать со всеми параметрами. Сортировка файлов базы данных идентична структуре формирования файлов. Различие файлов состоит только в перечне параметров, который включает в себя законченную отсортированную секцию соответствующего параметра.

Программа формирования данных позволяет просматривать все используемые файлы, а также файлы, созданные программой. Первичные файлы, файлы обработки, файлы однотипных данных находятся в меню программы.

Лаборатория НПО «Регион» (Россия)*. Компанией «НПО «Регион» разработан программно-аппаратный комплекс сбора и обработки дорожной

информации. Использование современных технологий (включая цифровое видео и GPS) позволяет вывести на новый уровень практику обследования дорог. В настоящее время видеолaborатория выпускается серийно и используется в Москве, Республиках Татарстан, Марий Эл, Бурятия, а также в Тверской, Кемеровской, Иркутской, Омской, Ростовской областях и Краснодарском крае. Дорожная лаборатория предназначена для сбора данных о состоянии дороги и прилегающих к ней объектов.

Передвижная лаборатория состоит из частей, которые можно объединить в три основных блока (рис. 1.14):

- бортовой компьютер;
- блок инерциальной системы навигации с модулем сбора информации с датчиков;
- видеокамеры, датчики и другое измерительно-регистрирующее навесное оборудование (ультразвуковой профилометр, лазерный сканер, георадар).

Работы по автоматизации распознавания дефектов при оценке состояния покрытия автомобильных дорог компанией только ведутся. Результатом будет снижение трудоемкости работ, повышение точности данных, а также исключение фактора субъективности при оценке состояния дорог.

Метод распознавания дефектов основан на совместном анализе характеристик растрового (цифрового) изображения проезжей части и параметров трехмерной модели дороги, описывающей микронеровности поверхности дорожного покрытия. При этом обеспечивается как автоматическое выделение (сегментация) внешних контуров аномалий на дорожном покрытии, так и распознавание вида повреждения с определением его размеров.

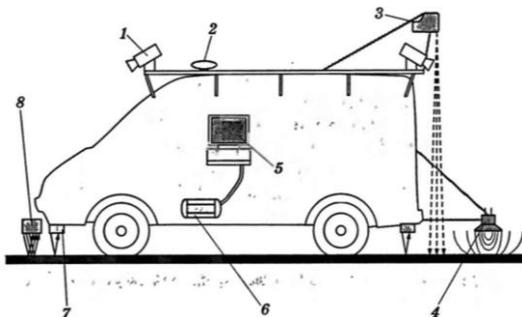


Рисунок 1.14 – Размещение оборудования лаборатории:

- 1- Видеокамеры; 2- GPS; 3- лазерный сканер; 4- георадар; 5- бортовой компьютер; 6- гироскопы; 7- ультразвуковые датчики положения; 8- ультразвуковой регистратор колеиности

Оценка состояния дорожного покрытия проводится для решения следующих задач:

— регистрация характерных повреждений (дефектов) проезжей части с целью адресного планирования работ по ремонту или содержанию дорог. Такая оценка, как правило, проводится в весенний период, после того как поверхность проезжей части освободилась от снега;

— контроль объемов и качества выполненных работ с целью оценки уровня содержания дороги (включая содержание в зимний период);

— расчет объемов выполненных работ по содержанию (ямочный ремонт, обработка трещин и т.п.).

Лаборатория диагностики автодорог КП-514МП ОАО «СНПЦ «Росдортех» (Россия). Передвижная лаборатория КП-514МП оснащена системой видеосъемки и дополнительным рабочим местом оператора для сбора данных об инженерном оборудовании дорог. Видеосъемка покадровая, осуществляется через задаваемый оператором интервал пути по длине дороги. Производителем рекомендуется автоматическая съемка через каждые 20 м.

Для съемки используются видеокамера или цифровой фотоаппарат, которые закрепляются в специальном кожухе на кронштейне перед лобовым стеклом лаборатории на фиксируемой высоте. Оптическая ось камеры ориентируется под определенным углом к поверхности покрытия дороги.

Размещение камеры и ее ориентация должны быть такими, чтобы в кадр попадала не только проезжая часть, но и элементы обустройства дороги (дорожные знаки, ограждения, переходно-скоростные полосы), были видны съезды, примыкания других дорог.

Снимаемое видеоизображение дороги оцифровывается, вводится в бортовой компьютер и записывается на магнитооптический диск. Скорость движения при съемке снижается до 20÷30 км/ч.

Разработано специальное программное обеспечение, позволяющее по кадрам видеоизображения выполнять линейные измерения, включающие определение ширины проезжей части, полос движения, расстояние до объектов сбоку от дороги, высоту бордюров и ограждений, размещение дорожных знаков, указателей, размеры трещин, площадь дефектов на покрытии дороги.

Существенным недостатком лаборатории при использовании ее для оценки состояния покрытия является дискретность получаемого изображения.

Измерительная лаборатория Argus Sprinter фирмы Schnaiering (Германия). Предназначена для быстрого и точного обследования дороги.

Скорость движения лаборатории при проведении измерений составляет около 100 км/ч, что обеспечивает свободное движение автомобиля и не создает помех для транспорта на дороге. Лаборатория Argus обеспечена 1-3 видеокамерами для регистрации общего состояния дороги и полосы отвода, а также 3-5 видеокамерами для отображения изменений состояния покрытия.

Комплексная съемка покрытия и оценка дороги реализуются при помощи интегральной и масштабируемой видеосистемы. Дефекты отображаются во время движения автомобиля, при этом используется дополнительное освещение покрытия стробоскопическими лампами кратковременного освещения (1/60000

с). Компьютерная видеосъемка позволяет производить запись в нескольких режимах (непрерывный или съемка через определенный промежуток времени). Изображение записывается в цветном режиме, в цифровом формате. Возможен просмотр изображения с нескольких камер, установленных в разных точках лаборатории. Измерение проводится на скорости до 100 км/ч в зависимости от интенсивности движения на дороге.

Данные по сети дорог записываются в так называемый модуль сети, состоящий из узловых точек, межузловых отрезков и пикетажа. Пикетажное расположение каждого отрезка локально обнуляется в начале узла и заканчивается в конце узла. Видеозапись и измеренные дефекты привязываются к сети дорог через GPS с точностью до 3 м, а также на основе точного измерения расстояния между последовательными пунктами (узлами), отмеченными оператором во время движения лаборатории. Подобная система измерения позволяет однозначно привязывать кадры съемки к конкретному пикетажу.

Измерение таких дефектов покрытия, как трещины, заплаты, выбоины, выкрашивание и шелушение, записывается с трех видеокамер, расположенных в задней части лаборатории. Черно-белое изображение позволяет во время записи информации определить ширину раскрытия трещин более 1 мм. Анализ записанного фильма проводится в лаборатории, оборудованной тремя мониторами, информацию с которых по специальной методике анализируют специалисты.

Дефектность покрытия анализируется в результате просмотра видеозаписи после проведения измерений. При помощи клавиатуры дефекты записываются на магнитные носители с учетом их местоположения по пикетажу. Фирмой Schniering предложено 10 видов дефектов асфальтобетонных покрытий.

Для измерения колеи лаборатория Argus оборудована поперечной балкой, расположенной в передней части автомобиля. На балке установлены 33 лазера, определяющих расстояние между покрытием и балкой. Для учета неточности измерения предусмотрена соответствующая корреляционная система. Точность измерения на 1 м составляет 0,1 мм. Ширина измерительной балки регулируется в пределах от 2,5 до 3,5 м. Для измерения удобства езды (амплитуда и частота колебаний) в лаборатории используется балка с семью лазерами, установленная с правой стороны автомобиля. При компьютерном пересчете значение колеиности покрытия приводится к усредненному значению на участках 10÷100 м. На основании предварительных результатов вычисляется глубина колеи в последовательных поперечных сечениях, выраженная в миллиметрах.

Степень повреждения покрытия оценивается на основании компьютерного анализа видеоматериала. В результате оценки данных определяется степень дефектности в процентах, а после окончания измерения и обработки - общее состояние каждого участка автомобильной дороги.

Лаборатория линейного сканирования (Дания). Производится датской фирмой Greenwood Engeneering. В лаборатории используется принцип линейного сканирования поверхности, являющийся в настоящее время наиболее точным.

Обычная цифровая видеокамера - это камера с пиксельным отображением в двух измерениях, например 3000×2000 для цифровой камеры класса high end. Такие камеры могут воспринимать одну картинку с частотой до 20 кадров в секунду, где каждый кадр имеет 6 млн пикселей. При их использовании нет возможности контролировать четкость экспозиции и возникает необходимость освещения большой поверхности (3×2 м). При этом все неровности на дороге вызывают прерывистость в кадре, в результате получается новая картинка на каждые 2 м пути.

Принцип линейного сканирования позволяет получить одну длинную картинку всей дороги.

Камера линейного сканирования имеет пиксельное отображение только в одной плоскости, например 1×2048 для камеры с высоким разрешением. Такие камеры в зависимости от конфигурации могут воспринимать картинку размером $(1 \div 2) \times (2 \div 4)$ мм. Разместив камеру таким образом, что короткое направление ориентировано в направлении движения, и контролируя экспозицию для получения новой линейной картинки для каждых $1 \div 2$ м пути, можно соединить эти участки для получения одного довольно длинного изображения (например, 100 км длиной на 4 м шириной). Отдельные участки соединяются в одно длинное изображение специальным устройством, установленным в компьютере.

Для работы необходима камера, которая позволяет сканировать участок $15000 \div 30000$ раз в секунду, чтобы соответствовать скорости транспортного средства.

Искусственное освещение системы линейного сканирования также дает возможность получить более качественное изображение, поскольку при этом можно точно контролировать направление света. В установке применяется импульсное светодиодное освещение. Получаемый свет в 10 раз ярче солнечного, что позволяет устранить тени на покрытии.

Камера жестко закреплена в задней части транспортного средства, работает совместно с системой освещения и цифровым одометром. Каждая записанная строка изображения шириной 1 или 2 мм добавляется к предыдущим строкам, все вместе они составляют один длинный непрерывный образ.

Лаборатории линейного сканирования в настоящее время используются в Дании, Германии, Беларуси.

Установка ARAN (Канада)*. Канадская компания Fugro- Roadware производит комплексную диагностическую систему ARAN, позволяющую среди прочих возможностей оценивать состояние покрытия.

Работа основана на использовании синхронизированной системы двух цифровых видеокамер, расположенных в задней части автомобиля. Каждая

камера выполняет съемку участка покрытия площадью 1,5 x 4 м. Для подсветки снимаемого участка покрытия применяется высокоинтенсивная стробоскопическая система освещения. Изображения, получаемые камерами, частично перекрываются и совмещаются автоматически при помощи программного обеспечения.

Для оценки состояния покрытия фирмой разработан комплекс компьютерных программ, наиболее интересными из которых являются WiseCrax®, а также D/V-Rate.

Программа WiseCrax® предназначена для обнаружения трещин на дорожном покрытии.

Программный комплекс D/V-Rate позволяет оценивать состояние дорожного покрытия в режиме постобработки в офисе на основе анализа полученного видеоизображения. Пользователь имеет возможность просматривать изображение, выделять на экране характерные объекты (дефекты), определять их тип (точка, линия, площадной объект), объем, припаивать наименование. Могут быть отмечены также и другие объекты (мосты, участки ремонта и т.п.).

тема №2 ДИАГНОСТИКА ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

2.1 Основные характеристики движения потока автомобилей

Транспортные потоки характеризуются: интенсивностью, составом, скоростью, интервалами между автомобилями, плотностью потока. Вследствие взаимодействия автомобилей в потоке все эти характеристики функционально связаны друг с другом.

Для получения надежных данных о пропускной способности должны быть учтены показатели, характеризующие взаимные действия между автомобилями в потоке в различных дорожных условиях.

2.1.1 Пропускная способность

Пропускная способность - максимальное число автомобилей, которое может пропустить участок дороги в единицу времени в одном или двух направлениях в рассматриваемых дорожных и погодно-климатических условиях.

Пропускная способность автомобильных дорог зависит от большого числа факторов дорожных условий (ширины проезжей части, продольного уклона, радиуса кривых в плане, расстояния видимости и др.), состава потока автомобилей, наличия средств регулирования, погодно-климатических условий, возможности маневрирования автомобилей по ширине проезжей части, психофизиологических особенностей водителей и конструкции автомобилей. Изменение одного из этих факторов приводит к существенным колебаниям пропускной способности в течение суток, месяца, сезона и года. При частых

помехах на дороге происходят значительные колебания скорости, приводящие к появлению большого числа автомобилей, движущихся в группах, а также к снижению средней скорости всего потока.

На пропускную способность маршрута в целом существенно влияет время, затрачиваемое на преодоление узких мест отдельных участков дороги. Продолжительность его может меняться от нескольких десятков секунд на регулируемых пересечениях до нескольких минут на затяжных подъемах и железнодорожных переездах. Увеличение этого времени может резко изменить пропускную способность и создать заторы, а также увеличить протяженность участка, на котором сказывается влияние затора на режим движения автомобилей. Поэтому снижение продолжительности преодоления узких мест позволяет улучшить условия движения не только в их зоне, но и в целом по дороге, повысить ее пропускную способность.

Определение пропускной способности необходимо не только для выявления участков, требующих улучшения условий движения, но и для оценки экономичности и удобства движения всего потока автомобилей по маршруту, выбора эффективных средств организации движения. Любая дорога может работать при нагрузках различной интенсивности. При этом предельной будет интенсивность, соответствующая пропускной способности дороги. Эффективность транспортной работы дороги может характеризоваться как пропускной способностью, так и интенсивностью, при которой движение по дороге наиболее экономично и оптимально по условиям работы водителя.

Следует различать: теоретическую, практическую и расчетную пропускную способность.

Теоретическую пропускную способность P_T определяют расчетом для горизонтальных участков дороги, считая постоянными интервалы между автомобилями и однородным состав транспортного потока (состоящим только из легковых автомобилей). Теоретическая пропускная способность полосы автомобильной магистрали составляет около 2900 легковых авт./ч.

Практическая пропускная способность обеспечивается на дорогах в реальных условиях движения. Различают два вида практической пропускной способности: максимальную $P_{\text{тах}}$, наблюдаемую на эталонном участке, и практическую P в конкретных дорожных условиях.

Эталонный участок с максимальной практической пропускной способностью $P_{\text{тах}}$ характеризуется следующими дорожными условиями: наличие горизонтальных прямолинейных участков; расстояние между пересечениями более 5 км; наличие не менее двух полос движения; ширина полосы 3,75 м; укрепленные обочины шириной 3 м; расстояние видимости свыше 800 м; сухое покрытие ровное, шероховатое, транспортный поток состоит только из легковых автомобилей; отсутствие на обочинах боковых препятствий, снижающих скорость; благоприятные погодные-климатические условия.

Практическая пропускная способность P соответствует пропускной способности участков, имеющих худшие условия по сравнению с эталонным

участком.

Расчетная пропускная способность характеризует экономически целесообразное число автомобилей, которое может пропустить в единицу времени участок в рассматриваемых дорожных условиях при принятой схеме организации движения.

Расчетная пропускная способность рассматривается как проектный показатель в совокупности с расчетной интенсивностью движения, который служит основой для назначения размеров геометрических элементов дорог и их сочетаний и обеспечивает на расчетную 20-летнюю перспективу оптимальные параметры работы дороги в специфических погодно-климатических условиях рассматриваемого района проектирования.

Показатель расчетной пропускной способности обосновывают расчетом. При этом принимают во внимание погодно-климатические условия, условия формирования интенсивности движения на дороге, характеристики рельефа местности, интенсивность и состав движения.

Расчетная пропускная способность

$$P_{\text{расч}} = K_p \cdot P_m,$$

где K_p - коэффициент перехода от теоретической пропускной способности к расчетной; P_m - теоретическая пропускная способность, легковых авт./ч.

Пропускная способность автомобильных дорог может быть повышена:

- проектированием сочетания элементов плана и продольного профиля, не вызывающих резкого изменения скоростей;
- назначением ширины проезжей части, позволяющей разделить поток автомобилей по составу (дополнительные полосы на подъемах, на пересечениях в одном уровне) и обеспечивающей оптимальную загрузку, при которой движение происходит с достаточно высокими скоростями;
- повышением ровности покрытия и его сцепных качеств;
- реконструкцией пересечений в одном уровне (например, устройство разных типов канализированных пересечений) или устройством пересечений в разных уровнях;
- выбором средств регулирования, обеспечивающих рациональный режим движения;
- снабжением водителей полной информацией об условиях движения по маршруту;
- улучшением работы дорожно-эксплуатационной службы, особенно зимой.

Существенного увеличения пропускной способности дорог можно достигнуть путем повышения динамических качеств автомобилей, особенно их приемистости (возможность быстро набирать скорость с места), и мастерства водителей. Повышая пропускную способность, можно добиться и увеличения скоростей с одновременным обеспечением безопасности движения. Это будет

способствовать значительному повышению производительности автомобильного транспорта.

2.1.2 Интенсивность движения

Интенсивность движения автотранспорта и состав транспортных потоков являются основными показателями напряженности и работоспособности автомобильной дороги в целом и отдельных ее конструктивных элементов в частности. Учет интенсивности движения проводят с целью использования полученных данных при планировании развития дорожной сети, проектировании, строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог и сооружений на них, а также проведения мероприятий по организации дорожного движения.

Интенсивность движения - это количество транспортных средств, проходящих через сечение дороги в единицу времени.

Исследования, проведенные в различных странах, показывают, что интенсивность движения изменяется в течение часа, суток, недели, месяца, по сезонам в течение года и по годам. Причем наиболее резкие колебания интенсивности наблюдаются на подходах к городам и населенным пунктам.

В среднем в течение часа интенсивность движения меняется незначительно. Величина этого изменения зависит от суммарной часовой интенсивности. Наиболее значительные колебания наблюдаются в часы пик.

Интенсивность движения в течение суток меняется крайне не равномерно. Характер ее изменения в течение суток зависит от дня недели. Во все дни, кроме субботы и воскресенья, наблюдаются два пика интенсивности движения: утром (8÷10 ч) и вечером (17÷19 ч). В субботу (утром) и воскресенье (вечером) имеется один пик.

Эти пики интенсивности вызваны тем, что основной объем перевозок, составляющий около 85% суточного объема, происходит на дорогах за 10÷12 дневных часов. Анализ изменения интенсивности движения в течение недели показывает, что наибольшая ее величина приходится на пятницу и составляет около 18% от суммарной интенсивности за неделю. В летние месяцы около крупных городов интенсивность движения (с преобладанием легковых автомобилей) наиболее высокая в субботу и воскресенье вечером, а иногда и в понедельник утром.

Существенных колебаний интенсивности движения в течение месяца не отмечается, за исключением некоторого ее увеличения в конце месяца и снижения - в начале.

Наиболее существенные колебания интенсивности наблюдаются по сезонам года, что обусловлено изменением в хозяйственной деятельности, проведением посевных кампаний, сбором урожая, неравномерным использованием личных автомобилей, наличием периода массовых отпусков. Наибольшая интенсивность на всех дорогах отмечается в августе.

При использовании данных, основывающихся на учете часовой интенсивности движения в различные периоды года, для обоснования мероприятий по организации движения, оценки уровня удобства движения, планирования инженерных мероприятий по повышению безопасности движения и пропускной способности за расчетную принимают часовую интенсивность движения составляющую 0,8 от максимальной N_{max} , т.е. $N_q = 0,8N_{max}$.

Расчетная часовая интенсивность движения

$$N_q = 0,076N_c,$$

где N_c - среднегодовая суточная интенсивность движения в обоих направлениях, авт./сут.

Разрабатывая мероприятия, повышающие пропускную способность отдельных элементов дорог с ярко выраженным различием условий движения по направлениям (например, подъемы, пересечения в одном уровне и т.д.), необходимо учитывать эту неравномерность. Коэффициент неравномерности распределения интенсивности движения по направлениям в среднем можно принять равным 0,6. Тогда расчетная часовая интенсивность движения:

– в одном направлении $N_1 = 0,046N_c$;

– в другом направлении $N_2 = 0,03N_c$.

При обосновании оптимальной загрузки дороги и планировании стадийных мероприятий, повышающих пропускную способность, необходимо устанавливать не только интенсивность движения на начальный и конечный годы перспективного периода, но и динамику ее изменения по годам по отношению к начальному году.

2.1.3 Состав движения

Состав движения, как и интенсивность, существенно влияет на пропускную способность и выбор мероприятий по ее повышению. Его необходимо учитывать при всех расчетах, связанных с оценкой уровня удобства и пропускной способности. Состав движения на дороге определяют на основе непосредственного учета движения, анализа народнохозяйственного района положения дороги и перспектив его развития, анализа парка автопредприятий, расположенных в зоне влияния дороги.

Для технико-экономических расчетов, связанных с определением оптимальной загрузки дорог, необходима детализация состава движения по моделям автомобилей с учетом их грузоподъемности.

2.1.4 Характеристика уровней удобства движения

Состояние потока автомобилей и условия движения на дороге характеризуются уровнем удобства движения, являющимся комплексным показателем экономичности, удобства и безопасности движения. Основными

характеристиками уровней удобств являются: коэффициент загрузки движением z , коэффициент скорости c , коэффициент насыщения движением r .

Коэффициент загрузки движением

$$z = N/P,$$

где N - интенсивность движения (существующая или перспективная), легковых авт./ч; P - практическая пропускная способность, легковых авт./ч

Коэффициент скорости движения

$$c = v_z/v_0,$$

где v_z - средняя скорость движения при рассматриваемом уровне удобства, км/ч; v_0 - скорость движения в свободных условиях при уровне удобства A , км/ч.

Коэффициент насыщения движением

$$r = q_z/q_{max},$$

где q_z - средняя плотность движения, авт./км; q_{max} - максимальная плотность движения, авт./км.

Различают четыре уровня удобства движения на дорогах.

Уровень удобства А соответствует условиям, при которых отсутствует взаимодействие между автомобилями. Водители свободны в выборе скоростей; максимальные скорости на горизонтальном участке более 70 км/ч. Максимальная интенсивность движения не превышает 20% от пропускной способности.

Скорость практически не снижается с ростом интенсивности движения. По мере увеличения загрузки число дорожно-транспортных происшествий несколько уменьшается, но практически все они имеют тяжелые последствия.

Уровень удобства Б. При этом уровне проявляется взаимодействие между автомобилями, возникают отдельные группы автомобилей, увеличивается число обгонов. При верхней границе уровня Б число обгонов наибольшее. Максимальная скорость на горизонтальном участке составляет примерно 80% от скорости в свободных условиях, максимальная интенсивность - 50% от пропускной способности.

Скорости движения быстро снижаются по мере роста интенсивности. Число дорожно-транспортных происшествий увеличивается с ростом интенсивности движения.

Уровень удобства В. Происходит дальнейший рост интенсивности движения, что приводит к появлению колонн автомобилей. Число обгонов сокращается по мере приближения интенсивности к предельному значению для данного уровня. Максимальная скорость на горизонтальном участке составляет 70% от скорости в свободных условиях; отмечаются колебания интенсивности движения в течение часа. Максимальная интенсивность составляет 75% от пропускной способности.

С ростом интенсивности движения скорости снижаются незначительно. Общее число дорожно-транспортных происшествий увеличивается с ростом интенсивности движения.

Уровень удобства Г разделяют на два подуровня (Г-а и Г-б), которые характеризуют изменение движения плотного потока автомобилей при интенсивности, близкой к пропускной способности и равной ей.

При уровне удобства Г-а создается колонное движение с небольшими разрывами между колоннами. Обгоны отсутствуют. Между проходами автомобилей в потоке преобладают интервалы меньше 2 с. Наибольшая скорость составляет 50÷55% от скорости в свободных условиях. Максимальная интенсивность движения равна пропускной способности; наблюдается значительное колебание интенсивности в течение часа.

Скорости движения с ростом интенсивности меняются незначительно. Число дорожно-транспортных происшествий непрерывно увеличивается и начинает несколько снижаться при интенсивности движения, близкой к пропускной способности.

При уровне удобства Г-б автомобили движутся непрерывной колонной с частыми остановками; скорость в периоды их движения составляет 35÷40% от скорости в свободных условиях, а при заторах равна нулю. Интенсивность меняется от нуля до интенсивности, равной пропускной способности.

Число дорожно-транспортных происшествий меньше, чем при других уровнях. Снижаются также их тяжесть и величина потерь.

Уровни удобства, характеризующие изменение взаимодействия автомобилей в транспортном потоке, следует использовать для обоснования числа полос движения как на всей дороге, так и на ее отдельных участках (в первую очередь на тех, где в дальнейшем будет затруднена реконструкция: большие мосты; участки, проходящие через плотную застройку; участки с высокими насыпями и др.); для обоснования ширины полосы отвода; при разработке стадийных мероприятий по повышению пропускной способности; для выбора средств регулирования движения; при установлении предельной интенсивности для рассматриваемой категории дорог с учетом района их проложения и движения на них.

Уровень удобства движения может меняться по длине дороги и для каждого участка в течение суток, месяца, года. Расчеты следует проводить на оптимальный уровень удобства (средний для всей дороги или ее участка). При проектировании и эксплуатации дорог необходимо обеспечивать оптимальный уровень удобства движения для дороги каждой категории.

2.2 Методы определения параметров транспортного потока

В настоящее время учет интенсивности транспортных средств осуществляется как визуальным методом, так и при помощи автоматических счетчиков.

Проблема управления движением на автомобильных дорогах, а также проблема автоматического учета движущихся по дорогам автомобилей привели к необходимости разработки и создания специальных приборов, измеряющих и регистрирующих те или иные параметры транспортного потока. Эти приборы

принято называть детекторами транспорта. Классификация данных приборов приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Классификация детекторов транспорта

Методы детектирования	Виды детекторов	Место установки на дороге	Параметр		Определяемые параметры транспортного потока					Точность детектирования	Влияние метеословий	Стоимость	
			воздействующий	чувствительный	кол-во осей	кол-во ТС	масса ТС	длина ТС	скорость			установки	эксплуатации
Контактно-механические	Взвешивающие	В покрытиях	Масса автомобиля	Сопротивление датчика	+	+	+	-	+	Высокая	Значительное	Высокая	Высокая
	Пневматические	На покрытиях	То же	Давление воздуха в шланге	+	-	-	-	+	Высокая	Среднее	Низкая	Низкая
	Электроконтактные	В покрытиях и на нем	*	Электрический контакт	+	-	-	-	+	Высокая	Среднее	Высокая	Средняя
	Емкостные и магнитные	То же	*	Емкость или индуктивность	+	-	+	-	+	Высокая	Слабое	Высокая	Средняя
	Трибоэлектрические	*	Вибрация покрытия	Электрический заряд	+	+	-	-	+	Низкая	Среднее	Средняя	Средняя
	Вибрационные	*	То же	Амплитуда колебаний	+	+	-	-	+	Низкая	Среднее	Низкая	Средняя
	Роликовые	В покрытиях	Касательные усилия колес	Число оборотов	+	-	-	-	+	Высокая	Значительное	Высокая	Высокая
Магнитно-индуктивные	Петлевые с искусственным электромагнитным полем	В покрытиях и на нем	Металлическая масса автомобиля	Индуктивность петли	+	+	-	+	+	Средняя	Среднее	Средняя	Низкая
	С использованием магнитного поля Земли	В покрытиях	То же	Магнитное поле Земли	-	+	-	-	-	Средняя	Слабое	Средняя	Низкая
	Магнитные	То же	*	То же	-	+	-	+	+	Высокая	Слабое	Средняя	Средняя
	Электромагнитные	*	*	Электромагнитное поле	-	+	-	+	+	Высокая	Слабое	Средняя	Средняя
						-	+	-	+	+	Высокая	Слабое	Средняя

Методы детектирования	Виды детекторов	Место установки на дороге	Параметр		Определяемые параметры транспортного потока					Точность детектирования	Влияние метеословий	Стоимость	
			воздействующий	чувствительный	кол-во осей	кол-во ТС	масса ТС	длина ТС	скорость			установки	эксплуатации
С применением зондирующих импульсов	Фотоэлектрические	На покрытиях	Непрозрачные части автомобиля	Сопротивление фотоприемника	+	+	-	+	+	Средняя	Сильное	Средняя	Средняя
	Инфракрасные	Над дорогой и на покрытиях	Поверхность автомобиля	Сопротивление приемника	-	+	-	+	+	Средняя	Среднее	Высокая	Средняя
	Ультразвуковые	Над дорогой	То же	Амплитуда колебаний приемника	-	+	-	+	+	Средняя	Среднее	Высокая	Средняя
	Радиолокационные	Над дорогой и сбоку	Скорость движения ТС	Частота колебаний	-	+	-	-	+	Средняя	Среднее	Высокая	Средняя
По излучению автомобиля	Инфракрасного излучения двигателя	Сбоку или сверху	Тепловое излучение	Количество тепла	-	+	+	-	+	Низкая	Слабое	Средняя	Средняя
	Электромагнитного излучения системы зажигания	То же	Электромагнитное излучение	Интенсивность электромагнитного поля	-	+	-	-	-	Низкая	Слабое	Средняя	Средняя
	Шума автомобиля	*	Акустические колебания	Амплитуда акустического сигнала	-	+	+	-	+	Средняя	Слабое	Высокая	Средняя
	Обнаружения выхлопных газов	*	Химические элементы выхлопных газов	Количество СО или других газов	-	+	-	-	-	Низкая	Слабое	Высокая	Средняя

Среди методов определения параметров транспортного потока можно выделить: контактно-механические, магнитно-индуктивные, с применением зондирующих импульсов. Для этих методов используют детекторы транспорта.

2.2.1 Контакттно-механические методы

Принцип работы детекторов, основанных на использовании этих методов, заключается в непосредственном воздействии движущегося автомобиля на дорожное покрытие. Поэтому для восприятия этого воздействия на покрытии или в верхнем его слое должны располагаться элементы, чувствительные к нагрузкам, создаваемым колесами проходящих автомобилей (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Классификация контактно-механических методов и детекторов транспорта

Взвешивающие детекторы наиболее привлекательны с точки зрения получения информации как о количестве проходящих автомобилей, так и о составе транспортного потока.

Конструкция взвешивающих детекторов содержит, как правило, балку или платформу, встроенную в полотно дороги. Опорами для балки служат взвешивающие чувствительные элементы. В качестве чувствительных элементов используют обычно кварцевые, пьезоэлектрические, тензометрические или магнитоупругие датчики. Тензометрический чувствительный элемент может быть наклеен на нижнюю поверхность платформы или балки. При наезде автомобиля на платформу сигнал, пропорциональный массе автомобиля (или одной из его осей), поступает во вторичную регистрирующую аппаратуру.

Другая разновидность конструкции взвешивающего детектора содержит чувствительный элемент, выполненный в виде заполненного жидкостью резервуара, верхняя пластина которого расположена на уровне поверхности дороги. Под нагрузкой пластина прогибается, давление жидкости воздействует на мембрану измерительной части, которая замыкает и размыкает контакты, расположенные на различном расстоянии от поверхности мембраны. В цепь каждого контакта включено счетное устройство, оттарированное на соответствующую нагрузку. Сигналы регистрируются автоматически с записью на магнитную ленту.

К недостаткам взвешивающих детекторов следует отнести сложность их установки в дорожное покрытие, разрушение покрытия в местах расположения балок, трудность защиты подвижных узлов от грязи, влаги, снега, замерзания и прочих воздействий, тяжелые условия работы чувствительных элементов. Указанные недостатки обусловили ограниченное использование этих устройств.

Большую группу образуют контактно-нажимные детекторы, реагирующие непосредственно на давление колеса автомобиля. Из этой группы наиболее распространены *пневматические детекторы*, что объясняется простотой их установки и эксплуатации. Детектор представляет собой шланг из резины или прорезиненной материи, который укладывают непосредственно на покрытие или в небольшое углубление. Шланг с одной стороны закрывают глухой пробкой или пробкой с калиброванным отверстием, с другой - соединяют с мембраной, связанной с электрическими контактами. При наезде колес автомобиля на шланг мембрана прогибается, замыкая контакты, которые могут быть включены в цепь счетчика импульсов. Для исключения срабатывания счетчика при медленном нажатии на шланг в пробке выполняют небольшое отверстие, вследствие чего мембрана прогибается только при резком сдавливании шланга.

Пневматические детекторы позволяют считать только число осей, по ним нельзя точно определить количество автомобилей. Для определения скорости и направления движения необходима установка двух детекторов рядом. Кроме того, шланги детектора изнашиваются и быстро выходят из строя, а в зимний период повреждаются снегоочистителями, автомобилями с шипами и т.п.

Счетчик-классификатор Marksman 400 предназначен для определения интенсивности движения и состава транспортного потока на автомобильных дорогах.

При проезде транспортного средства прибор фиксирует:

- время прохождения через поперечное сечение дороги;
- количество осей и межосевое расстояние транспортного средства;
- скорость движения;
- направление движения;
- группу транспортного средства в соответствии с выбранной классификацией. Транспортные средства классифицируются по количеству осей и межосевому расстоянию между ними.

Электроконтактные детекторы также основаны на принципе замыкания контактов в цепи счетчика. При этом чувствительными элементами могут быть различного рода подпружиненные пластины и балки, установленные в покрытие и защищенные резиновыми ковриками или металлическими пластинами. Количество контактов этих детекторов может быть различным. Несколько контактов, уложенных по ширине проезжей части, позволяют получать сигнал о месте проезда автомобиля и количестве колес задней оси, что в некоторой степени характеризует грузоподъемность

автомобиля. Два ряда контактов, уложенных вдоль дороги, дают возможность определять скорость и направление движения автомобиля.

Таблица 2.2 – Классификация транспортных средств по схеме EURO 13

№ п/п	Вид транспортного средства	Схематическое изображение
1	Легковой автомобиль, микро-автобус, легковой автомобиль с прицепом	
2	2-осевой грузовой автомобиль	
3	3-осевой грузовой автомобиль	
4	4-осевой грузовой автомобиль	
5	2-осевой грузовой автомобиль с прицепом (всего 4 оси)	
6	3-осевой грузовой автомобиль с прицепом (всего 5 осей)	
7	2-осевой грузовой автомобиль с полуприцепом (всего 3 оси)	
8	2-осевой грузовой автомобиль с полуприцепом (всего 4 оси)	
9	2-осевой грузовой автомобиль с полуприцепом (всего 5 осей)	
10	3-осевой грузовой автомобиль с полуприцепом (всего 5 осей)	
11	3-осевой грузовой автомобиль с полуприцепом (всего 6 осей)	
12	Автобусы	
13	Другие, не классифицированные транспортные средства	

Электроконтактным детекторам присущи те же недостатки, что и пневматическим. Кроме того, электрические контакты, располагаемые в дорожном покрытии, не обеспечивают требуемой надежности срабатывания из-за окисления их поверхности, изменения зазора между ними или поломки. Ввиду того что замена контактных групп связана со строительными работами и закрытием движения, находят применение бесконтактные детекторы, срабатывающие под воздействием проходящих автомобилей. К этой группе относятся емкостные и магнитные детекторы.

Емкостный детектор выполняется в виде двух металлических пластин, между которыми расположена эластичная изолирующая прокладка. При проходе автомобиля прокладка сжимается, расстояние между пластинами

уменьшается, что приводит к увеличению емкости конденсатора. Регистрация факта изменения емкости обеспечивает получение импульсного сигнала, соответствующего проходу одной оси. Более сложная схема, измеряющая величину изменения емкости, может быть использована в устройствах, оценивающих массу проходящего автомобиля. В этом случае емкостный детектор может выполнять функции взвешивающего детектора.

Другой разновидностью бесконтактного нажимного детектора является магнитный детектор, чувствительный элемент которого выполнен в виде магнитной цепи, образованной неподвижными постоянными магнитами или электромагнитами и подвижными металлическими пластинами. При проходе автомобиля пластина перемещается, вызывая изменение магнитного сопротивления указанной цепи, которое регистрируется специальной схемой. Использование двух последовательно расположенных магнитных цепей позволяет определять направление движения автомобиля.

Вибрационные детекторы. Помимо непосредственного давления на покрытие, колеса проходящих автомобилей вызывают вибрацию поверхностного слоя дороги. С использованием этого эффекта разработаны электроконтактные и трибоэлектрические вибрационные детекторы.

Вибрационный электроконтактный детектор выполняют в виде металлической полосы, свободно лежащей на покрытии поперек направления движения. К концу полосы прикрепляют небольшую коробку, в которой размещают приемник колебаний полосы и усилитель с электроконтактами на выходе. При возбуждении колесами автомобиля колебаний полосы замыкаются контакты на выходе усилителя, подавая импульсный сигнал в цепь регистрации или включая счетчик импульсов. В последнем случае в коробке размещают также сухую батарею и блок питания. Введение задержки в цепь усилителя позволяет регистрировать сигнал только от переходных осей, т.е. количество автомобилей, а не осей.

Простота конструкции и несложность установки детектора обуславливают его применение в тех случаях, когда достаточно получать информацию только о количестве автомобилей или осей.

В *вибрационном трибоэлектрическом детекторе* использован эффект электризации трением, возникающий из-за вибраций в коаксиальном кабеле (трибоэлектрический эффект). Чувствительный элемент выполняется в виде трубчатого проводника со свободно лежащим внутри него изолированным проводом. Этот элемент вставляется в защитную оболочку из резины или пластмассы и прокладывается в дорожном покрытии. Электрический сигнал, возникающий при вибрации кабеля, попадает в преобразовательный блок, а оттуда - в систему регистрации сигналов. Детектор позволяет получить один импульс на каждую ось автомобиля при скорости движения до 160 км/ч, а также разделить сигналы, получаемые при прохождении различных транспортных средств, начиная от велосипедов и кончая тяжелыми грузовыми автомобилями.

В отдельный вид можно выделить роликовые детекторы. Чувствительными элементами их являются свободно вращающиеся ролики,

установленные поперек дороги таким образом, что внешние образующие ролики почти совпадают с поверхностью дороги. Проход колеса автомобиля по ним вызывает вращение роликов вокруг своей оси. Если соединить ролики с регистрирующим прибором и преобразовывать их вращение в электрический сигнал, то можно регистрировать проход автомобилей и направление их движения. Сложность конструкции и установки, а также необходимость постоянной очистки и смазки вращающихся деталей обусловили весьма ограниченное применение роликовых детекторов.

2.2.2 Магнитно-индуктивные методы

Неудобства эксплуатации контактно-механических детекторов, вызванные прежде всего тем, что подвижные элементы нужно заделывать в дорожное покрытие, привели к разработкам других видов детекторов, не имеющих подвижных элементов. Среди них наиболее многочисленную группу составляют детекторы, реализующие магнитно-индуктивные методы, основанные на взаимодействии металлической массы автомобиля с магнитным или электромагнитным полем.

К магнитно-индуктивным детекторам относятся детекторы с индуктивной петлей, с использованием магнитного поля Земли и с разомкнутой магнитной цепью (электромагнита или постоянного магнита).

Наибольшее распространение получили индуктивные петлевые детекторы. Чувствительный элемент детектора, выполненный в виде одно- или многовитковой рамки (петли), как правило, закладывают в верхний слой дорожного покрытия на глубину 2÷4 см. С этой целью специальными фрезами пропиливают канавку шириной до 1 см, которую после укладки рамки заливают битумной мастикой. Длина рамки зависит от схемы измерения и колеблется от одного до нескольких десятков метров. Ширину рамки выбирают по ширине полосы движения (в отдельных случаях одной рамкой перекрывают все полосы движения).

Индуктивную петлю включают в колебательный контур генератора высокой частоты, вследствие чего в зоне контура образуется высокочастотное электромагнитное поле. Металлическая масса проходящего автомобиля вызывает изменение индуктивности контура, что может быть зарегистрировано вторичной схемой детектора.

Если рамка располагается по ширине всей проезжей части, то индуктивность ее меняется пропорционально числу одновременно проходящих над ней автомобилей, что может быть зафиксировано схемой измерения.

На рис. 2.2 показана зона фиксации, которая присутствует за границами петли. Вверху изображен легковой автомобиль, который должен въехать в зону фиксации. Внизу показан грузовик, который должен въехать в ту же зону позже, поскольку имеет более высокое шасси. Аналогичные действия происходят, когда транспортные средства покидают зону фиксации: грузовик покинет зону раньше легкового автомобиля. Петли не дают информацию в зависимости от

направления движения. Для получения ее необходимо либо добавить еще одну петлю на ту же полосу, либо применить другой тип датчиков.

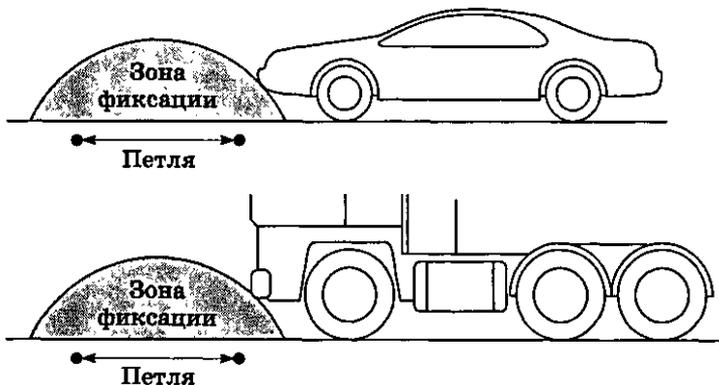


Рисунок 2.2 – Зона фиксации разного типа транспортных средств

В конфигурациях, где задействовано несколько петель, подключенных к одной плате, каждая петля сканируется последовательно, в то время как другие петли остаются неактивными.

Петлевые детекторы могут выполнять функции: проходного детектора, выдающего сигнал в момент прохождения автомобиля над петлей; детектора присутствия, выдающего сигнал в течение всего времени нахождения автомобиля над петлей; детектора направления, выдающего сигнал при движении автомобиля над петлей в определенном направлении; детектора скорости движения автомобиля; детектора длины автомобиля.

Для выполнения последних двух функций детектор должен содержать две петли, уложенные на заданном расстоянии друг от друга. При этом усложняется схема вторичной аппаратуры.

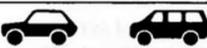
Индуктивные петлевые детекторы обладают рядом преимуществ по сравнению с контактно-механическими: отсутствие подвижных элементов, дешевизна и простота установки чувствительных элементов, минимальные нарушения целостности покрытий, отсутствие помех движению, защищенность от воздействия колес, снегоочистительных машин и пр. Эти преимущества предопределили широкое распространение петлевых детекторов в нашей стране и за рубежом.

Наиболее существенным недостатком индуктивных рамок, уложенных в асфальтобетонное покрытие, является изменение во времени параметров рамки вследствие колебаний температуры и влажности среды.

Счетчик-классификатор Marksman 660 предназначен для определения интенсивности движения и состава транспортного потока на автомобильных дорогах в составе стационарных учетных пунктов. При проезде транспортного средства прибор фиксирует:

- время прохождения через поперечное сечение дороги;
- количество осей и межосевое расстояние транспортного средства;
- скорость движения;
- направление движения;
- группу транспортного средства в соответствии с выбранной классификацией. Классификация транспортных средств производится по количеству осей и межосевому расстоянию между ними.

Таблица 2.3 – Классификация транспортных средств по схеме EURO 6

№ п/п	Вид транспортного средства	Схематическое изображение
1	Мотоциклы	
2	Легковые автомобили и микроавтобусы	
3	Легковые автомобили с прицепом	
4	Грузовые автомобили	
5	Автопоезда	
6	Автобусы	

Детекторы транспорта с использованием магнитного поля Земли представляют собой различного рода магнитометры, изменяющие свои показания при прохождении автомобиля. Так как автомобиль представляет собой ферромагнитную массу, магнитное поле Земли вокруг него искажается. Чувствительные элементы этих детекторов выполняются в виде датчиков Холла, магнитозависимых резисторов, включенных в измерительную схему, индуктивных катушек и т.д.

Одна из разновидностей такого детектора выполнена в виде магнитной стрелки, связанной с подвижной обкладкой конденсатора, который включен в мостовую схему. При прохождении автомобиля стрелка отклоняется, изменяя емкость конденсатора, на выходе моста появляется сигнал.

Ввиду небольшой напряженности магнитного поля Земли на работу этих детекторов влияют различные источники электромагнитного излучения (силовые кабели, провода, промышленные объекты), поэтому они не получили широкого распространения.

2.2.3 Методы с применением зондирующих импульсов

Действие детекторов, реализующих методы этой группы, основано на том, что автомобиль, являясь физическим телом с определенными габаритами,

может быть обнаружен с помощью различных зондирующих импульсов (рис. 2.3). При применении зондирующих импульсов создается лучевой барьер, прерываемый движущимся автомобилем, или измеряются параметры импульсов, отражаемых автомобилем, т.е. используется принцип локации, который может реализоваться с применением принципа эхолота или эффекта Доплера.



Рисунок 2.3 – Классификация методов и детекторов определения параметров транспортного потока с помощью зондирующих импульсов

В случае использования лучевого барьера поток импульсов пересекает полосу движения и аппаратура фиксирует моменты прерывания луча.

При применении локационного принципа поток импульсов направляется навстречу (или вслед) идущему автомобилю, а аппаратура измеряет параметры импульсов, например частоту, изменяющуюся из-за наличия известного эффекта Доплера. Если направлять импульсы сверху на покрытие и измерять время прихода отраженного от дороги сигнала, то при проходе автомобиля расстояние до отражающей поверхности, а следовательно, и измеряемое время уменьшаются (принцип эхолота).

Наиболее наглядно принцип лучевого барьера используется в *фотоэлектрических детекторах*, содержащих источник и приемник излучения, расположенные по обе стороны проезжей части, и вторичный блок обработки сигналов.

Источник и приемник излучения могут размещаться также и с одной стороны дороги. Тогда на противоположной стороне устанавливается зеркальный отражатель.

Разработано автоматическое устройство с фотоэлектрическими детекторами, позволяющее классифицировать проходящие автомобили по группам длин и скоростным группам.

Для контроля параметров транспортного потока одновременно по нескольким полосам магистрали обычно используют *принцип эхолота*. С этой целью источники инфракрасного излучения устанавливают над дорогой на опоре или специальном кронштейне. Приемники излучения монтируют в

дорожном покрытии. При такой установке повышается точность детектирования, однако требуется периодическая очистка приемников от загрязнения.

Чаще источник и приемник излучения располагают на кронштейне рядом, совмещая их в одном конструктивном элементе, и направляют пучок зондирующих импульсов перпендикулярно к покрытию. Параметры отраженного от покрытия сигнала, улавливаемого приемником, изменяются при появлении автомобиля в зоне действия детектора. По этой схеме могут работать инфракрасный и ультрафиолетовый детекторы.

Ультразвуковые детекторы применяют также при определении скорости движения, используя эффект Доплера. В этом случае источник и приемник излучения направляют навстречу движению автомобиля (или вслед). Скорость движения автомобиля пропорциональна разности частот зондирующего и отраженного от автомобиля импульсов.

Для одновременной регистрации количества и скорости проходящих автомобилей *радарные детекторы* выполняются в виде двух пар источников и приемников излучения. Одна пара предназначена для регистрации прохода автомобиля и выдает вертикальный зондирующий импульс. Отраженный от днища автомобиля сигнал включает вторую пару с горизонтальным направлением зондирующего импульса, измеряющего скорость движения. Находят также применение радарные детекторы, работающие в оптическом диапазоне частот. Источником излучения в них служит неоновый-гелиевый лазер, формирующий поток красного света.

К недостаткам детекторов транспорта, реализующих эту группу методов, следует отнести сложность аппаратуры и высокую ее стоимость, влияние погодных-климатических условий. Например, колебания температуры воздуха изменяют частотные характеристики чувствительных элементов, раскачивание их порывами ветра сказывается на точности детектирования. Кроме того, установка приемников излучения на проезжей части требует особого ухода за ними. Немаловажным фактором является также возможность умышленного повреждения аппаратуры из-за ее доступности.

2.2.4 Учет интенсивности транспортных средств визуальным методом

Сеть обследуемых дорог разделяется на характерные по интенсивности движения дорожные участки (перегоны) учета, для которых интенсивность движения будет достаточно равномерной.

Границами участков (перегонов) учета являются места на автомобильных дорогах, где существенно меняется интенсивность движения (подходы к административным и промышленным центрам, пересечения и примыкания дорог и др.).

В пределах перегонов учета назначаются учетные пункты.

Информация о транспортном потоке собирается в определенных точках дорожной сети, которыми могут быть перекрестки (развязки) или линейные

участки (рис. 2.4).

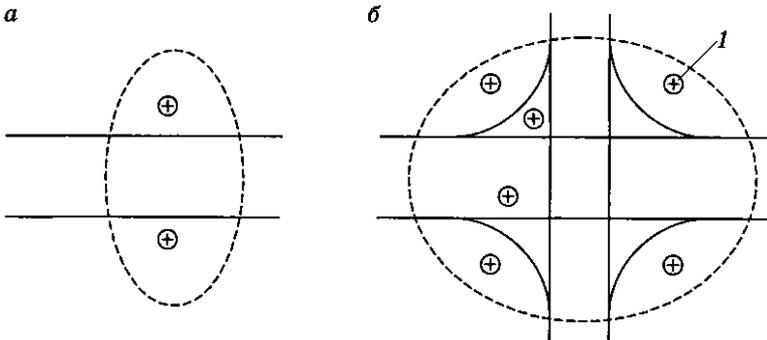


Рисунок 2.4 – Пример организации учета интенсивности и состава транспортного потока:

а- линейный учетный пункт; б- учетный пункт на перекрестке; 1- оборудование (учетчики)

Учетный пункт - это область, в которой установлено одно устройство или более (либо находятся учетчики). Учетные пункты на перекрестках пересекаются в центре и границы определяются рисунком дороги вокруг них.

Учетные пункты могут располагаться:

- на перекрестке двух и более дорог, включая сливающиеся полосы;
- левосторонних и правосторонних Т-образных перекрестках;
- сложных перекрестках со множеством островков;
- круговых развязках.

Схема сети дорог и расположения пунктов учета, сводная ведомость пунктов учета движения должны разрабатываться организацией, производящей обследование движения.

В каждом пункте учета автотранспортные средства учитываются отдельно по направлениям и группам.

При необходимости строятся эпюры интенсивности движения.

В различных странах могут применяться национальные системы классификации. Однако наибольшее распространение получила международная система классификации автотранспортных средств.

Категория А - механические транспортные средства, имеющие не более трех колес (мотоциклы с коляской или без коляски, включая мотороллеры и трехколесные мотоциклы).

Категория В - пассажирские и грузовые транспортные средства малой грузоподъемности (автомобили, в том числе грузопассажирские автофургоны с количеством мест для сидения не более 9, включая место водителя, и легкие автофургоны, допустимая максимальная масса которых не превышает 3,5 т). Пассажирские и грузовые транспортные средства малой грузоподъемности

учитываются независимо от наличия или отсутствия прицепов, включая жилые прицепы и транспортные средства для отдыха.

Категория С - грузовые дорожные транспортные средства (грузовые автомобили, допустимая масса которых превышает 3,5 т; грузовые автомобили с одним или несколькими прицепами; тягачи с полуприцепами или несколькими прицепами; тягачи с одним или несколькими прицепами) и специализированные транспортные средства (сельскохозяйственные тракторы, специализированные транспортные средства, такие как самоходные дорожные катки, бульдозеры, автокраны, автоцистерны армейского образца и другие дорожные механические транспортные средства, не указанные в других пунктах).

Категория D - городские автобусы, автобусы дальнего следования и троллейбусы.

Категории А и В характеризуют движение легких механических транспортных средств, категории С и D - тяжелых механических транспортных средств.

Учет движения по категориям и группам транспортных средств позволяет определить состав транспортных потоков на перегонах каждой автомобильной дороги.

По результатам обработки данных учета движения определяются следующие показатели:

- суточная интенсивность движения по всем категориям и группам автотранспортных средств в дни проведения учета;
- среднемесячная суточная интенсивность движения по категориям и группам автотранспортных средств (за квартал);
- среднегодовая суточная интенсивность движения по категориям и группам автотранспортных средств;
- наибольшая часовая интенсивность движения, повторяющаяся в течение не менее 50 ч в год;
- суммарный пробег автомобилей по категориям автотранспортных средств и участкам дорог за год.

Дополнительно при необходимости устанавливаются:

- средняя суточная интенсивность движения в период массовых отпусков (июль, август);
- среднегодовая ночная интенсивность движения за время с 22⁰⁰ до 6⁰⁰ ч;
- максимальная интенсивность движения в час пик;
- интенсивность выходного дня.

Суточная интенсивность движения автотранспортных средств в n -е дни учета движения определяется по формуле

$$I_{сут}(n) = K \times A(n),$$

где K - коэффициент приведения краткосрочных замеров в суточные в зависимости от времени начала и продолжительности учета; $A(n)$ - количество транспортных средств, подсчитанных за t ч в n -й учетный день.

Среднемесячная суточная интенсивность движения автотранспортных средств соответственно за первый $I_1(m)$, второй $I_2(m)$, третий $I_3(m)$ месяцы каждого m -го квартала определяются по формулам

$$I_1(m) = \frac{I_{\text{сут}}(A) \cdot L_1(m) + I_{\text{сут}}(B) \cdot L_2(m)}{L_1(m) + L_2(m)},$$

$$I_2(m) = \frac{I_{\text{сут}}(2) \cdot I_1(m)}{I_{\text{сут}}(1)},$$

$$I_3(m) = \frac{I_{\text{сут}}(3) \cdot I_1(m)}{I_{\text{сут}}(1)},$$

где $I_{\text{сут}}(A)$ - суточная интенсивность движения транспортных средств в рабочий день первого месяца квартала; $I_{\text{сут}}(B)$ - суточная интенсивность движения транспортных средств в выходной день первого месяца квартала; $I_{\text{сут}}(2)$ - то же в рабочий день второго месяца квартала; $I_{\text{сут}}(3)$ - то же в рабочий день третьего месяца квартала; $L_1(m)$, $L_2(m)$ - коэффициенты приведения по кварталам года.

Коэффициенты приведения по кварталам года определяются как среднее количество рабочих дней $L_1(m)$ в месяце за квартал и выходных (суббота, воскресенье, праздничные дни) $L_2(m)$.

Среднеквартальная суточная интенсивность движения автотранспортных средств за квартал определяется как средневзвешенное значение из трех месяцев:

$$I(m) = \frac{I_1(m) \cdot D_1 + I_2(m) \cdot D_2 + I_3(m) \cdot D_3}{D_1 + D_2 + D_3},$$

где D_1 , D_2 , D_3 - количество дней в месяце.

Среднегодовая суточная интенсивность движения автотранспортных средств определяется как средневзвешенное арифметическое значение этих показателей за 4 квартала:

$$I_{\text{год}} = \frac{I m_1 \cdot D_{к1} + I m_2 \cdot D_{к2} + I m_3 \cdot D_{к3} + I m_4 \cdot D_{к4}}{D_{к1} + D_{к2} + D_{к3} + D_{к4}},$$

где $D_{к1}$, $D_{к2}$, $D_{к3}$, $D_{к4}$ - количество дней в квартале.

Средняя суточная интенсивность движения в период отпусков (июль, август) рассчитывается как среднее значение среднемесячной суточной интенсивности движения автотранспортных средств за июль и август.

Среднегодовая ночная интенсивность движения определяется среднегодовым количеством автотранспортных средств, проходящих через учетный пункт за восемь часов ночного времени (с 22⁰⁰ ч до 6⁰⁰ ч).

Максимальная интенсивность движения на каждом учетном пункте

устанавливается путем выборки из данных учета максимальной часовой и суточной интенсивности движения с указанием даты и времени суток сбора информации.

По окончании года вычисляют общую и по группам автотранспортных средств среднегодовую суточную интенсивность движения по каждому учетному пункту.

2.2.5 Учет движения автоматическими счетчиками

Учет автотранспортных средств автоматическими счетчиками осуществляется непрерывно в течение суток. Показания счетчика снимают один раз в сутки, в одно и то же время, и заносят в карточку автоматического учета интенсивности движения.

Среднегодовая суточная интенсивность движения по данным автоматических счетчиков определяется как среднеарифметическое значение показателей среднесуточной интенсивности движения за 12 мес и заносится в форму.

Состав движения по группам автотранспортных средств на пунктах установки автоматических счетчиков определяется по данным контрольного визуального учета, проводимого круглосуточно, один раз, в мае.

На основании данных контрольного визуального учета движения суточная интенсивность движения за год на автоматических учетных пунктах пересчитывается на состав движения и составляется ведомость.

Пересчет данных автоматического учета на состав движения производится по формуле

$$I_{\text{сут } i} = I_{\text{сут общ}} \cdot K_i,$$

где $I_{\text{сут } i}$ - суточная за год интенсивность движения группы (категории) автотранспортных средств или вида транспортных средств в группе; $I_{\text{сут общ}}$ - общая среднегодовая суточная интенсивность движения всех транспортных средств; K_i - коэффициент, учитывающий долю i -й группы (вида) транспортных средств в общем потоке по данным контрольного учета ($\sum_{i=1}^n K_i = 1$, где n - количество групп, категорий автотранспортных средств).

2.2.6 Контроль тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств

На автомобильных дорогах отмечается значительное движение тяжеловесных и негабаритных транспортных средств как отечественных, так и зарубежных. Проблема сохранности дорожной сети и пропуска тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств (ТКТС), а также взимание платы за превышение допустимых параметров имеют государственное значение. Поэтому при диагностировании состава транспортного потока большое значение имеет организация контроля проезда тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств.

Стационарный пост весогабаритного контроля оборудован офисно-технологическим помещением, весоизмерительным и программно-аппаратным комплексом (рис. 7.12).

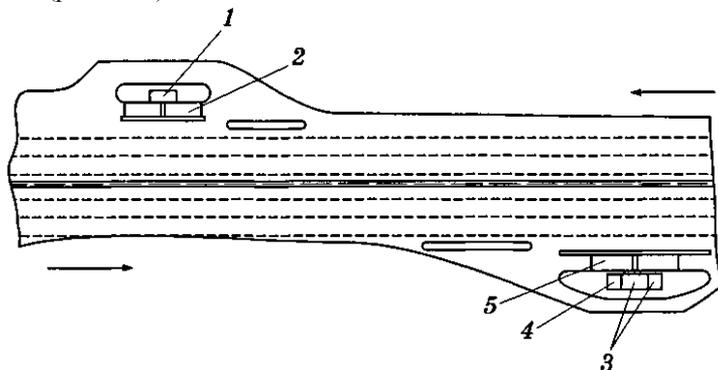


Рисунок 2.5 – Схема размещения весоизмерительного оборудования и пунктов управления на стационарном посту контроля:

- 1- пункт управления весоизмерительным комплексом, рабочее место специалиста №4;
- 2- место работы сотрудника ГАИ и специалиста №3 на площадке взвешивания;
- 3- банк, пост ГАИ;
- 4- пункт управления весоизмерительным комплексом, рабочее место специалиста №2;
- 5- место работы сотрудника ГАИ и специалиста №1 на площадке взвешивания

При контроле ТКТС на стационарном посту выполняются следующие технологические операции:

- учет и сортировка транспортных средств (ТС);
- взвешивание ТС, измерение геометрических параметров;
- оформление протокола измерений и расчета платы;
- оформление документов на проезд ТКТС.

В состав передвижного поста входят водитель и два работника группы. В работе передвижного поста может участвовать инспектор ГАИ.

Передвижной пост оснащен мобильным весоизмерительным и программно-аппаратным комплексом.

При контроле ТКТС на мобильном посту выполняются следующие технологические операции:

- выезд на место дислокации поста, подготовка к контролю транспортных средств;
- учет и сортировка транспортных средств;
- взвешивание транспортного средства и оформление документов на проезд ТКТС;
- оформление платы за проезд ТКТС;
- постановка ТКТС на штрафную стоянку.

Главная цель контроля весогабаритных параметров транспортных средств - обеспечение сохранности автомобильных дорог, искусственных сооружений, повышение безопасности дорожного движения и поступления компенсационных платежей за проезд автотранспортных средств с превышающими параметрами по автомобильным дорогам.

Основные задачи, которые должны возлагаться на службу контроля:

- разработка нормативно-методических документов по вопросам контроля и взимания платы за проезд ТКТС по автомобильным дорогам общего пользования;

- накопление данных о состоянии автомобильных дорог и искусственных сооружений на них для целей пропуска ТКТС;

- оптимизация выбора маршрутов пропуска ТКТС исходя из несущей способности дорожных одежд и искусственных сооружений;

- определение весогабаритных параметров транспортных средств и выдача специальных разрешений на проезд ТКТС после получения соответствующей платы;

- организация стационарных и передвижных постов контроля ТКТС на пограничных переходах, вблизи них и на постах контроля внутри страны;

- внедрение современного весоизмерительного оборудования;

- организация специального обследования и расчета несущей способности дорог и мостов по маршруту следования транспортных средств со сверхнормативной нагрузкой;

- информирование автоперевозчиков об условиях проезда по дорогам республики, о закрытии движения по дорогам в неблагоприятные периоды года;

- взаимодействие с заинтересованными ведомствами и организациями с целью пропуска, контроля и взимания платы за проезд.

Контроль проезда ТКТС по автомобильным дорогам должен осуществляться стационарными и передвижными постами весогабаритного контроля. Состав стационарного поста определяется исходя из условий сменного круглосуточного режима работы с использованием стационарного или портативного оборудования.

Большое значение при определении состава потока ТКТС имеет знание нагрузок на оси, а также межосевого расстояния и классифицирование по этим показателям транспортных средств. Основные виды тяжелых транспортных средств представлены на рис. 2.6.

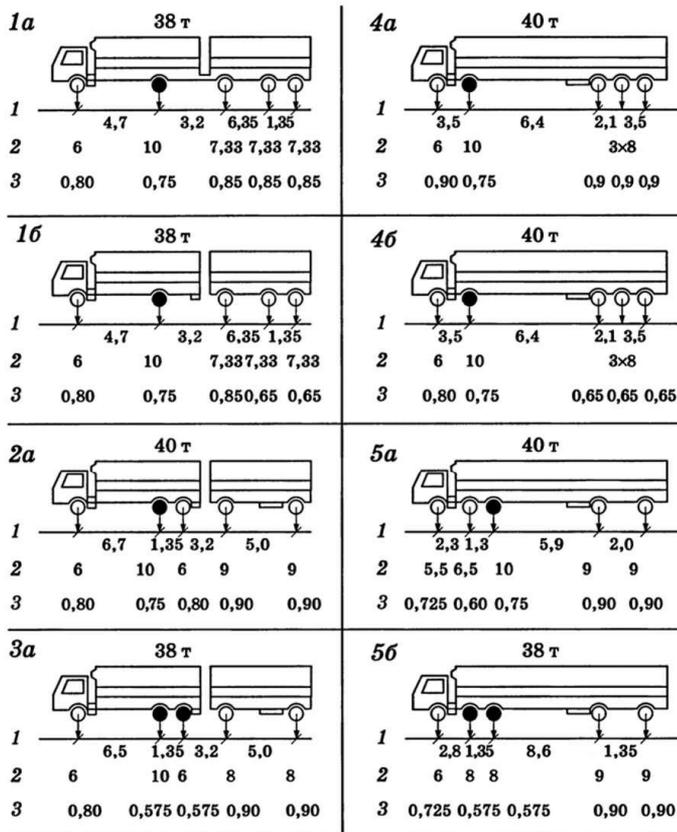


Рисунок 2.6 – Схема классификации ТКТС:

- 1- Межосевое расстояние, м; 2- осевая масса, т; 3- давление в шине, МПа;
1а- 5б – код автопоезда

тема №3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОТТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ ИНЖЕНЕРНОГО ОБОУСТРОЙСТВА ДОРОГИ

3.1 Светотехнические особенности дорожных знаков

Одним из специфических направлений диагностики дорог является диагностика светотехнических свойств дорожных знаков, дорожной разметки и других элементов обустройства дорог.

В настоящее время имеет место достаточно сложная ситуация в области безопасности дорожного движения, что в немалой степени обусловлено увеличением количества транспортных средств, а также недостаточным финансированием дорожных работ. В этих условиях значительно возрастает роль технических средств организации дорожного движения, к которым

относятся дорожные знаки, разметка, направляющие устройства. Их важнейшими характеристиками являются яркость, световозвращение, светимость, контрастность, видимость.

Для измерения световых величин применяют специальные приборы, называемые *фотометрами*. Фотометры делятся на два класса - субъективные, или визуальные, где приемником излучения является глаз человека, и объективные, где приемником излучения служит фотоэлемент, т.е. электрический прибор, чувствительный к свету. Наряду с фотоэлементами для целей объективной фотометрии могут с успехом применяться фотоумножители, термоэлементы и болометры. Различают также световые измерения в белом свете и световые измерения в монохроматическом свете. Приборы, применяемые для измерений в монохроматическом свете, называют *спектрофотометрами*.

3.1.1 Определение светотехнических характеристик дорожных знаков

Дорожные знаки в зависимости от материалов, из которых они изготовлены, места их установки по отношению к проезжей части и эксплуатационного состояния по-разному проявляют себя под влиянием света фар автомобиля и по-разному воспринимаются водителями. Для обеспечения видимости дорожных знаков в светлое и темное время суток необходимо соблюдать требования по их дислокации, своевременно расчищать дорожную полосу от кустарников и деревьев, устанавливать дорожные знаки с высокими световозвращающими характеристиками. Световозвращение дорожных знаков позволяет обеспечивать их видимость в течение светлого и темного времени суток.

Геометрия освещения дорожных знаков и определения расчетных характеристик представлена на рис. 3.1-3.3.

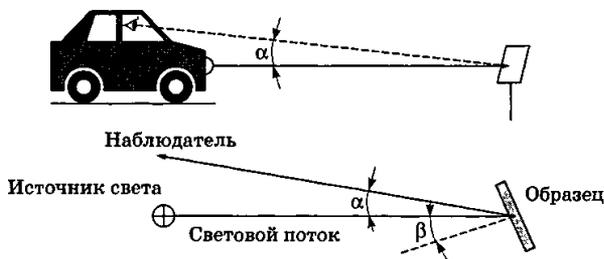


Рисунок 3.1 – Геометрия освещения образца дорожного знака:
 α - угол наблюдения; β -угол освещения

На рис. 3.1 обозначено относительное расположение источника света, наблюдателя и отражающей поверхности. Угол наблюдения α образуется между падающим лучом света и отражающим лучом, угол освещения β - между падающим лучом света и нормалью - линией, перпендикулярной к поверхности

образца дорожного знака.

На рис. 3.2 представлена геометрия освещения дорожных знаков в вертикальной плоскости, на рис. 3.3 - в плане.

Для определения светотехнических характеристик необходимо принять обоснованные расчетные схемы (рис. 3.4).

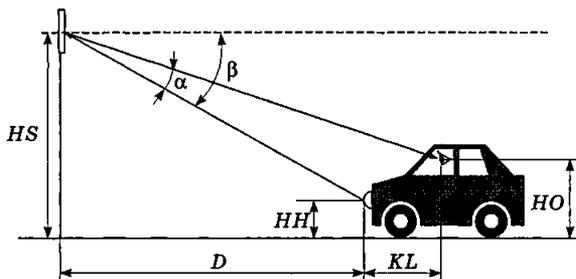


Рисунок 3.2 – Геометрия освещения образца дорожного знака, расположенного над проезжей частью дороги:

α - угол наблюдения; β - угол освещения; D - проекция расстояния от источника света до образца; HH - высота расположения фар автомобиля; HO - высота расположения глаз водителя; KL - расстояние от источника света до положения глаз водителя; HS - расстояние по вертикали до дорожного знака

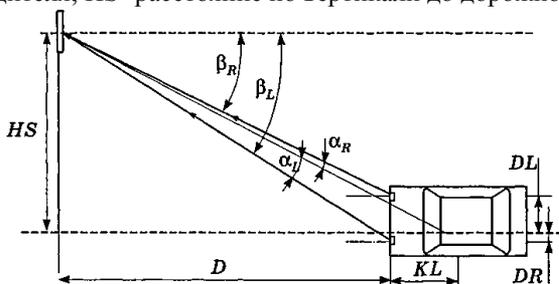


Рисунок 3.3 – Геометрия освещения образца дорожного знака, расположенного в стороне от проезжей части дороги;

обозначения те же, что и на рис. 3.2; DL , DR - позиционные расстояния

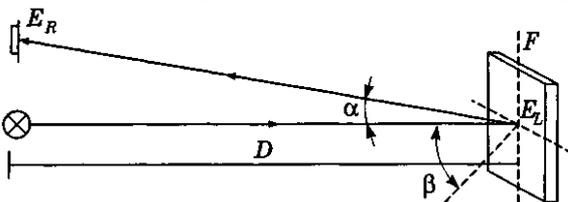


Рисунок 3.4 – Расчетная схема для определения освещенности и яркости дорожных знаков:

α - угол наблюдения; β - угол освещения; D - проекция расстояния от источника света до образца; E_R - освещенность приемника, лк; E_L - освещенность в точке поверхности, перпендикулярной падающему свету, лк; F - площадь образца, м²

Современная диагностика автомобильных дорог все в большей степени предъявляет требования к развитию системы контроля светотехнических качеств автомобильных дорог и в первую очередь тех элементов, которые непосредственно связаны с регулированием и безопасностью дорожного движения.

3.1.2 Светотехнические материалы для изготовления дорожных знаков

Для изготовления дорожных знаков необходимы материалы, которые бы обеспечивали необходимую их видимость как в дневное, так и в вечернее время. Вначале знаки изготавливались из древесины или металла и окрашивались в соответствующие цвета. Эти знаки выглядели примитивно и не были видны ночью.

Для повышения видимости дорожных знаков в краску для отражения света стали добавлять стеклянные шарики. Первое упоминание о таком их применении относится к 1893 г. (Чехословакия). Первый патент на использование стеклянных шариков в краске был выдан в штате Нью-Йорк (1929). Но и такие дорожные знаки были далеки от совершенства. В сентябре 1939 г. была получена первая светоотражающая пленка марки Эсо^АШе. Однако ее яркость была недостаточна.

Инженер Филипп Пальмгюст в результате многолетней работы улучшил качество светоотражающей пленки благодаря оставленному воздушному зазору между стеклянными шариками и отражающей основой. Яркость знаков повысилась в 5-30 раз. В 1940 г. в фирме 3М (Minnesota Mining Manufacture) слой стеклянных шариков стали покрывать жестким пластиком, что позволило защитить их от воды. Таким образом постепенно была преодолена проблема рассеивающего эффекта, дождя, пыли и грязи. В настоящее время основным световозвращающим материалом, применяемым при производстве дорожных знаков, являются световозвращающие пленки, производимые фирмами Signum, LG, Avery Dennison, 3М, Nippon Carbide Industries и др., которые по всем характеристикам соответствуют требованиям нормативных документов.

Цвет отражающих материалов при дневном свете состоит из смеси диффузно отраженного света и света от световозвращающей поверхности, зависящей от гониофотометрических характеристик материала.

Наиболее сравнимые результаты измерения цвета получены при использовании спектрофотометра или колориметра с геометрией освещения/наблюдения, равной $45^{\circ}/0^{\circ}$, вместо сферической геометрии. Источником света, наиболее подходящим для измерения цвета материала при дневном освещении, является стандартный источник света МКО (Международная осветительная комиссия) D65.

Проведенные в Беларуси (УП «Криница») испытания различных видов световозвращающих материалов подтверждают наличие существенных расхождений колориметрических (табл. 3.1) и фотометрических (табл. 3.2) характеристик.

Колориметрические характеристики (координаты цветности x , y и коэффициент яркости Y)

Цвет	Пара-метр	Требования	ЗМ			Avery Dennison			Елгава Signum
			710	3200	3800	F3100	F1500	F2500	
Белый	x	0,285...0,385	0,3125	0,3054	0,3030	0,3029	0,3138	0,3346	
	y	0,30...0,37	0,3118	0,3144	0,3115	0,3116	0,3363	0,3675	
	Y	≥ 27	47,75	45,37	47,79	45,71	49,15	25...30	
Красный	x	0,517...0,710	0,6349	0,631	0,6514	0,6527	0,6809	0,507	
	y	0,290...0,346	0,3155	0,3155	0,3239	0,3243	0,3087	0,328	
	Y	2,5...12	5,91	9,68	6,44	6,34	6,33	10...11	
Синий	x	0,452...0,540		0,5103	0,4957	0,4947	0,5455	0,473	
	y	0,482...0,511		0,4724	0,4672	0,4825	0,4457	0,447	
	Y	15...45		34,66	33,82	34,41	33,68	27...28	
Желтый	x	0,080...0,230	0,1445	0,1427	0,142	0,1379	0,1421	0,218	
	y	0,036...0,230	0,0854	0,1019	0,1212	0,1039	0,1042	0,226	
	Y	1,0...10	1,76	2,67	3,49	3,92	3,86	7...8	
Зеленый	x	0,014...0,304	0,1577	0,1333			0,1541		
	y	0,37...0,69	0,4059	0,418			0,4044		
	Y	3,0...9,0	5,87	5,58			7,95		

Примечания: 1. Требования и показатели светлоты определены по стандарту ASTM 4956-90. 2. Требования к координатам цветности указаны по действующему в Республике Беларусь ГОСТ как крайние значения каждой из координат.

Таблица 3.2 – Фотометрические характеристики (удельный коэффициент силы света, кд/лк м²)

Цвет	ГОСТ	ЗМ			Avery Dennison			Елгава Signum
		710	3200	3800	F3100	F1500	F2500	
Белый	≥ 20	57	66...75	228	69	76	700	22...25
Красный	≥ 5	10...11	18...22	48...49	24	15	158	19
Желтый	≥ 15		60...71	166...194	38	46	567	14
Синий	≥ 3	0...1	4...8	17	11	4	71	20
Зеленый	≥ 7	4...5	8	38			126	

3.1.3 Оборудование для измерения светотехнических характеристик дорожных знаков

Для измерения светотехнических характеристик световозвращающих пленок необходимо соответствующее оборудование. Для этих целей можно использовать спектрофотометры и ретрорефлектометры различных моделей.

Спектрофотометр - прибор, предназначенный для регистрации зависимости энергии прошедшего через объект, отраженного или рассеянного света от частоты или длины волны.

Спектрофотометры могут работать в различных диапазонах длин волн - от ультрафиолетового до инфракрасного. В зависимости от этого приборы имеют разное назначение.

Спектрофотометры, работающие в видимом диапазоне длин волн и ближнем ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах, применяются для измерения цвета.

Спектрофотометры, измеряющие спектральный апертурный коэффициент отражения исследуемого объекта относительно рабочего стандарта с известной спектральной характеристикой, используют для освещения объекта белый или монохроматический свет. Принципиальные схемы приборов каждого вида приведены на рис. 3.5.

В промышленности для измерения цвета применяется два класса инструментов: с геометрией $45^\circ/0^\circ$ либо со сферической геометрией.

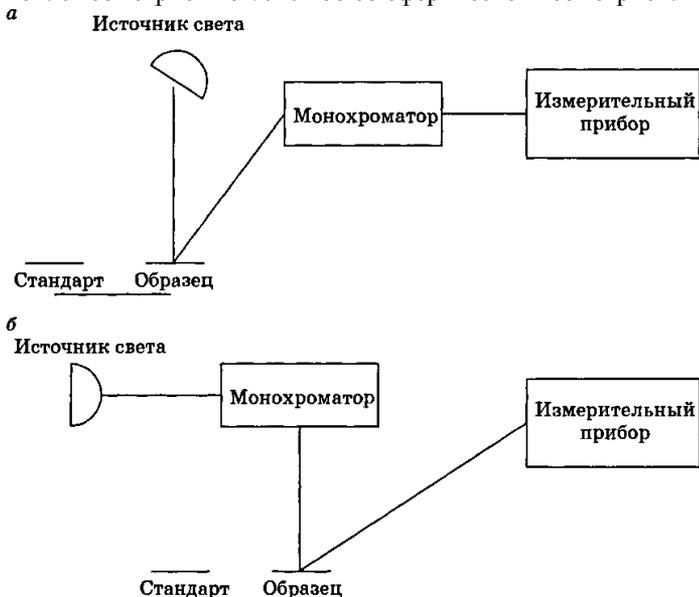


Рисунок 3.5 – Принципиальные схемы работы спектрофотометров:
а- образец освещается белым светом; б- образец освещается монохроматическим светом

В приборах с геометрией $45^\circ/0^\circ$ используется круговое освещение, которое падает на исследуемый образец под углом 45° , с углом наблюдения 0° (детектор прибора расположен перпендикулярно поверхности образца). Круговое освещение необходимо, чтобы обеспечить повторяемость результатов измерений на текстурированных и структурированных поверхностях. Геометрия $45^\circ/0^\circ$ воспроизводит нормальное положение, используемое для определения цвета. Если взять несколько образцов одинакового цвета, но с разной степенью блеска и разной структурой поверхности, более блестящая поверхность визуальнее воспринимается как более темная и насыщенная, чем менее блестящая или структурированная, т.е. приборы с геометрией $45^\circ/0^\circ$ определяют различия в блеске и текстуре образцов, из чего вытекают цветовые различия. Измерения необходимо согласовывать с визуальной оценкой, когда сравниваются разные партии изделий в процессе производства, а также при сборке многокомпонентных изделий, в которых использованы разные материалы.

Приборы со сферической геометрией освещают прибор диффузно, при помощи окрашенной в белый цвет интегрирующей сферы. Ее дефлекторы (щиты) не позволяют свету прямо падать на поверхность образца, измерение проводится с углом наблюдения 8° . Сферические измерители могут работать в двух режимах: включая либо исключая зеркальный эффект. При измерениях с учетом зеркального эффекта определяется весь отраженный свет: диффузное отражение (цвет) + прямое отражение (блеск). Цвет измеряется независимо от блеска и текстуры поверхности образца. Показаниями для измерений в таком режиме являются интенсивность цвета, зависящая от времени дисперсии, влияние на цвет эрозии и температуры, подбор цвета.

В режиме исключения зеркального эффекта используется уловитель блеска, который поглощает прямо отраженный свет (блеск). Такая конфигурация схожа с геометрией $45^\circ/0^\circ$. Однако при тестировании образцов со средней и низкой степенью блеска будут наблюдаться различия между измерениями, проведенными прибором с конфигурацией $45^\circ/0^\circ$ и сферическим прибором в режиме исключения зеркального эффекта, так как уловитель блеска не полностью исключает зеркальную составляющую.

Сравниваться могут только измерения, проведенные в одинаковых условиях, поэтому в отчете об оценке цвета необходимо наличие таких данных, как геометрия прибора-измерителя; характеристики светильника/светоприемника; цветовая система, в соответствии с которой проводилась оценка; сведения о подготовке образца перед тестированием.

Приборы-цветотестеры, или спектрофотометры, стационарные и портативные, производят многие фирмы, в том числе американская компания X-Rite, немецкие ElektroPhysik и ВУК- Gardner, британская Sheen.

Портативные сферические спектрофотометры серии ЭР (модели 60, 62 и 64) компании X-Rite предназначены для работы в лабораторных, заводских и полевых условиях. Они полностью автономны, питаются от встроенного аккумулятора с зарядным устройством. Управление и обработка измерений

производятся микропроцессором. Спектрофотометр представляет собой моноблок, на верхней стороне которого находятся большой графический жидкокристаллический дисплей и кнопки управления.

Источником света служит газонаполненная вольфрамовая лампа, светоприемником - сине-увеличенные кремниевые фотодиоды. Чтобы прибор было легче держать, он снабжен ремешком, который надевается на запястье, и удобными для захвата вставками по бокам корпуса, а специальная подставка помогает регулировать его положение. Прибор позволяет быстро измерить и сравнить два цвета без необходимости вводить допустимые отклонения цвета (цветовые допуски) и сохранять данные.

Спектрофотометр может работать в режиме простой оценки «годно/негодно» - о результате, кроме дисплея, сообщает красный или зеленый сигнал светодиодного индикатора, а также звуковой сигнал. Память спектрофотометра вмещает до 1024 цветовых эталонов в виде их спектральных характеристик, буквенно-цифровых названий и значений цветовых допусков, а также 2000 измерений, хронологически присоединенных к отдельным эталонам. Дополнительно прибор определяет степень белизны и желтизны покрытия (в соответствии со стандартом АБТМ Е313-98), укрывистость (прозрачность) и относительную интенсивность цвета. Чтобы определить влияние зеркальности, прибором ЭР можно одновременно производить измерения с включением и исключением зеркальной составляющей.

Измерения вводятся в компьютер через интерфейс при помощи специального программного обеспечения. Модели ЭР60 поставляются с установленной апертурой 8 мм; модели БР62 - на выбор, с установленной апертурой 4, 8 или 14 мм; модели ЭР64 либо снабжены переключателем, позволяющим устанавливать апертуру 4 или 8 мм (прибор распознает заданную апертуру и автоматически подстраивает калибровку, что позволяет оператору быстро менять режим измерения в зависимости от размера тестируемого образца), либо поставляются с установленной апертурой 14 мм.

Кроме сферических, компания X-Rite выпускает и портативные спектрофотометры с геометрией $45^{\circ}/0^{\circ}$ - модели 962 и 964. Апертура в спектрофотометрах моделей 962 и 964 переключается - можно устанавливать 4, 7 или 15 мм. Модель 964 дополнительно снабжена функцией Job (как и сферический измеритель SP64). Job - это запрограммированная последовательность действий (шагов), которая «ведет» оператора по процессу измерения цвета. До шести строк инструкций загружается из программного обеспечения X-Rite и высвечивается на жидкокристаллическом дисплее прибора.

3.1.4 Светотехнические особенности дорожной разметки и оборудование для оценки ее световозвращающих качеств

Разметка занимает особое место среди технических средств организации дорожного движения. Основным ее отличием от остальных технических

средств организации дорожного движения является продолжительность нахождения в поле зрения водителей транспортных средств. Эта особенность позволяет с высокой эффективностью применять разметку не только для регулирования транспортных потоков, но и для организации движения пешеходов. Оценка эффективности дорожной разметки - задача достаточно непростая. Еще несколько лет назад качество горизонтальной дорожной разметки оценивалось исключительно визуально, что объяснялось прежде всего отсутствием необходимого приборного оснащения. В настоящее время ситуация в значительной мере изменилась. Для оценки световозвращающих качеств дорожной разметки активно используются приборы, называемые *ретрорефлектометрами*.

Ретрорефлектометр ZRM 1013+ представляет собой портативный прибор с питанием от аккумуляторов для определения видимости дорожной разметки в условиях светлого и темного времени суток.

Отражающая способность дорожной разметки (видимости в условиях темного времени суток) измеряется в реальном масштабе. Угол обзора $2,29^\circ$ соответствует расстоянию до элемента разметки, равному 30 м при нормальных условиях. При этом угол облучения составляет $1,24^\circ$ (рис. 3.6).

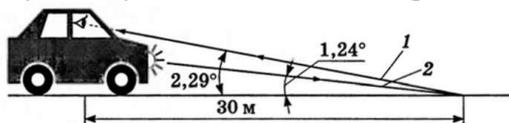


Рисунок 3.6 – Схема определения видимости разметки в темное время суток:
1- водитель автомобиля; 2- фары автомобиля

Яркость (видимость в условиях светлого времени суток) измеряется в реальном масштабе. Угол обзора $2,29^\circ$ соответствует расстоянию до элемента разметки, равному 30 м при нормальных условиях. Облучение происходит рассеянным светом (рис. 3.7).

Особенности прибора ZRM 1013+:

– определение видимости в условиях светлого и темного времени суток возможно в любое время суток, т.е. даже днем можно определить видимость в условиях темного времени суток;

– возможность компенсации паразитной засветки;

– простая и быстрая калибровка;

– использование с любым материалом разметки: дорожные краски, термопластики и пластики холодного нанесения, сигнальные ленты;

– возможность работы с разметкой как со световозвращателями, так и без таковых;

– возможность работы со стеклянными и керамическими световозвращателями;

– возможность работы как с плоской, так и с текстурированной

разметкой;

– измерение видимости дорожной разметки в сухом, влажном и мокром состоянии.

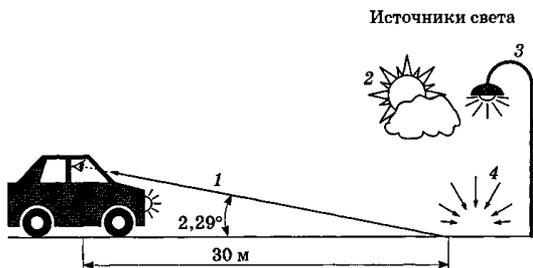


Рисунок 3.7 – Схема определения видимости разметки в светлое время суток:

- 1- Водитель автомобиля;
- 2- солнечный свет;
- 3- искусственное освещение;
- 4- рассеянный свет

Ретрорефлектометр для вертикальной дорожной разметки RetroSign, модель 4000. Это портативный и автономный прибор, разработанный для точного измерения коэффициента световозвращения вертикальной дорожной разметки и дорожных знаков с прямым считыванием показаний в кд/(м² лк), согласно нормам DIN 67520, EN 471 и ASTM E 1709. Прибор оснащен встроенными фильтрами, которые позволяют измерять любой цвет покрытия, используя единый калибровочный эталон, без дополнительной корректировки.

Имеется возможность встроить в прибор детектор ОПЭ для точного определения места измерения. Прибор полностью автономен и работает от никель-кадмиевой быстро заряжаемой батареи. Полная зарядка происходит за 15 мин.

В комплект поставки прибора входит программное обеспечение для компьютера, соединительный шнур для компьютера, никель-кадмиевый аккумулятор, зарядное устройство для аккумулятора, редуктор для уменьшения площади измерения до 15 мм, чемодан для упаковки и переноски.

Измеритель «диффузного отражения» для горизонтальной дорожной разметки ДОЗО. Портативный инструмент, предназначенный для измерения отражения горизонтальной дорожной разметки непосредственно на дороге, согласно. Прибор способен измерять свойства отражения как сухих поверхностей, так и мокрых, как ровных дорожных полос, так и структурированных и профилированных (максимум до 4 мм высоты). С помощью диффузного освещения и прямого считывания показаний в кд/(м² лк) прибор воспроизводит дневные условия наблюдения.

Прибор имеет встроенный сенсор уровня непрямого освещения и способен компенсировать влияние внешнего солнечного освещения, гарантируя тем самым независимые и повторяемые результаты измерений в каждый момент времени.

Встроенные принтер и внутренняя память позволяют регистрировать и

дополнительно документировать результаты и данные измерений.

В комплект поставки входит калибровочный эталон с сертификатом производителя, зарядное устройство для батареи и транспортировочный чемодан.

Ретрорефлектометр для горизонтальной дорожной разметки LTL 2000SQ. Портативный прибор, который служит для точного измерения коэффициента световозвращения горизонтальной дорожной разметки. Он моделирует условия как дневной видимости, для этого встроен модуль с точной фильтрацией, так и ночной. Определяет свойства отражения как сухих поверхностей, так и мокрых, как ровных дорожных полос, так и структурированных и профилированных (максимум до 4 мм высоты). Прибор имеет встроенный сенсор уровня непрямого освещения и способен компенсировать влияние дневного солнечного освещения, гарантируя тем самым независимые и повторяемые результаты измерений в каждый момент времени. Встроенные принтер и внутренняя память позволяют регистрировать и дополнительно документировать результаты и данные измерений, а аккумулятор обеспечивает автономность работы.

В комплект поставки входит измерительный прибор без принтера, чемодан для упаковки и переноски, калибровочный эталон отражения с сертификатом производителя, зарядное устройство для аккумулятора, инструкция по эксплуатации.

3.2 Светотехнические характеристики дорожного покрытия

Восприятие водителем дорожной ситуации, его психофизиологическое состояние во многом зависит от светотехнических характеристик дорожного покрытия и систем освещения дороги.

Освещение дороги предусматривается в местах повышенной опасности (на больших мостах, автобусных остановках, автозаправочных станциях, переездах, пересечениях дорог I и II категории, в транспортных тоннелях и под путепроводами), на дорогах I категории при расчетной интенсивности 20 тыс. авт./сут. Средняя горизонтальная освещенность обочин должна быть не менее: 8 лк - на дорогах I категории, 6 лк - на дорогах II категории, 4 лк - на соединительных ответвлениях пересечений в разных уровнях. Яркость проезжей части дорог и мостов должна составлять: дороги I категории - 0,8 кд/м², II категории - 0,6 кд/м², соединительные ответвления пересечений в разных уровнях - 0,4 кд/м². Однако вне населенных пунктов основным источником освещения дороги являются фары автомобилей. На гладких покрытиях лучи света отражаются и для водителя создается определенный дискомфорт, который приводит к утомляемости, снижению производительности труда. Кроме того, высокая зеркальность покрытия увеличивает эффект ослепления водителей встречного транспорта. Шероховатые покрытия способствуют рассеиванию света и световозвращению, что обеспечивает лучшее восприятие водителем особенностей проезжей части и

других участников дорожного движения.

Еще большее значение светотехнические характеристики дорожного покрытия приобретают в темное время суток. На дорогах, имеющих стационарное освещение, от светотехнических характеристик дорожного покрытия в значительной степени зависит расход электроэнергии на освещение.

К основным светотехническим характеристикам дорожного покрытия относят количественную способность покрытия отражать падающий световой поток, характеризуемую коэффициентом отражения, и способность распределять отраженный световой поток в пространстве, характеризуемую индикатрисой рассеивания светового потока.

3.2.1 Определение коэффициента диффузного отражения элементов проезжей части

Для измерения коэффициента диффузного отражения различных поверхностей могут использоваться фотоэлектрические блескомеры ФБ-2 и БФО. Действие приборов основано на преобразовании светового потока в электрический сигнал.

Блескомер ФБ-2 предназначен для измерения коэффициента зеркального отражения при геометрии освещения-наблюдения $45^\circ/45^\circ$ и коэффициента яркости при геометрии освещения-наблюдения $45^\circ/0^\circ$ направленного светового потока от поверхности лакокрасочных покрытий в видимой области спектра с целью количественной оценки зрительного восприятия человеческим глазом степени блеска и белизны указанных покрытий соответственно. Блескомер может использоваться во всех отраслях промышленности, где применяются или выпускаются изделия с лакокрасочными покрытиями.

Блескомер фотоэлектрический БФО предназначен для измерения блеска лакокрасочных покрытий, пластмасс и других неметаллических поверхностей при геометрии освещения/наблюдения $20^\circ/20^\circ$ и $60^\circ/60^\circ$. Блескомеры БФО эффективно используются во всех областях деятельности, где блеск определяет качество. Измерения блеска могут производиться способом наложения измерительной головки на исследуемую поверхность, образец.

Питание прибора - от внутренних источников питания постоянного тока. При полностью заряженных аккумуляторах возможно непрерывное действие прибора в течение восьми часов. В случае необходимости можно зарядить внутренние источники питания с помощью зарядного устройства, входящего в комплект прибора.

3.2.2 Определение светотехнических характеристик элементов проезжей части методом измерения индикатрис рассеивания светового потока

Для измерения индикатрисы рассеивания светового потока дорожным покрытием может быть использована установка, блок-схема которой приведена на рис. 3.8.

Установка состоит из собирающей линзы, снабженной диафрагмой; механического модулятора, установленного перед диафрагмой; фотоприемника; высоковольтного стабилизатора выпрямителя для питания фотоумножителя; микровольтметра; регистрирующего устройства; осциллографа. Измерительная система в составе объектива и фотоумножителя конструктивно смонтирована в моноблоке и установлена на координатно-поворотном устройстве, что дает возможность наводить оптическую ось приемного устройства в заданную точку участка дороги.

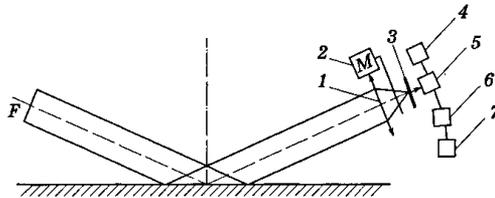


Рисунок 3.8 – Блок-схема для измерения индикатрис рассеивания светового потока:

1- собирающая линза; 2- механический модулятор; 3- диафрагма; 4- высоковольтный стабилизатор выпрямителя для питания фотоумножителя; 5- фотоприемник; 6- микровольтметр; 7- регистрирующее устройство

Работает установка следующим образом. Отраженный дорожным покрытием в определенном направлении световой поток собирается в фокусе объектива и моделируется модулятором М. Модулированный световой поток с частотой 1 кГц подается на входное окно фотоприемника, в котором преобразовывается в электрический сигнал. Этот сигнал подается на узкополосный измерительный усилитель, настроенный на частоту модулятора, и записывается регистрирующим устройством. Осциллограф служит для визуального контроля сигналов с фотоприемника и микровольтметра.

Приборы установки питаются от двух аккумуляторов общим напряжением 24 В через преобразователь, который преобразует напряжение 24 В постоянного тока в 220 В переменного тока.

Измерение индикатрисы рассеивания светового потока дорожным покрытием осуществляется следующим образом (рис. 3.9). В темное время суток автомобиль с включенными фарами устанавливают так, чтобы оптическая ось фар пересекалась с дорожным покрытием в исследуемом участке. Правильность установки автомобиля контролируется по освещенности, создаваемой его фарами в исследуемом участке, которая может быть измерена люксметром. Затем на исследуемый участок устанавливают координатно-поворотное устройство с приемником, с помощью которого измеряют в условных единицах силу света, отраженного от покрытия. Измерения проводятся под углом $0 \div 180^0$ через $5 \div 10^0$ перпендикулярной полотну дороги плоскости, проходящей по оси движения транспорта.

По полученным данным строят индикатрисы рассеивания света и

оценивают светотехнические характеристики исследуемого участка, измеряя площади индикатрисы и (рис. 3.10), характеризующие величину светового потока, отраженного назад, к источнику света (S_H), и вперед, в зеркальную зону (S_B).

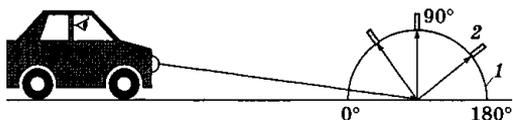


Рисунок 3.9 – Схема измерения индикатрисы рассеивания:
1- координатно-поворотное устройство; 2- приемник

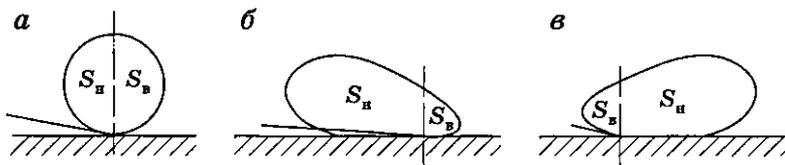


Рисунок 3.10 – Индикатрисы рассеивания светового потока:
а- диффузное отражение; б- световозвращающее отражение; в- зеркальное отражение

Для участков дорог, ориентированных с востока на запад, покрытие должно иметь характер отражения светового потока, близкий к диффузному, форма индикатрисы - напоминать форму круга (рис. 3.10, а), такое покрытие не будет иметь бликов на поверхности даже в наиболее неблагоприятный момент, когда солнце находится низко над горизонтом, а автомобиль движется ему навстречу.

На дорогах с большой интенсивностью движения в темное время суток покрытие должно иметь световозвращающий характер, т.е. большая часть светового потока должна отражаться в сторону источника света (рис. 3.10, б).

После определения и рассчитывают коэффициент световозвращения покрытия (K_C) и коэффициент зеркальности (K_3):

$$K_C = \frac{S_H}{S_H + S_B},$$

$$K_3 = \frac{S_B}{S_H + S_B}.$$

Участки дорожного покрытия с зеркальным характером отражения световых лучей (рис. 3.10, в) неблагоприятны с точки зрения светотехнических характеристик. На таких участках необходимо устройство специальной шероховатости, которая будет перераспределять отраженный световой поток назад, к источнику света.

По результатам измерений строят индикатрисы рассеивания для различных типов дорожных покрытий и делают вывод о благоприятности

данных типов покрытий с точки зрения светотехнических характеристик. При необходимости предусматривают мероприятия по их улучшению.

тема №4 ДИАГНОСТИКА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОРОГ

4.1 Технические средства диагностики условий эксплуатации

Кроме определения транспортно-эксплуатационного состояния дорог, важно знание погодно-климатических условий, в которых эксплуатируется дорога. Широкий диапазон температур, осадки, солнечная радиация негативно воздействуют на дорогу, в первую очередь на дорожное покрытие, способствуя его старению и разрушению. Особенно сложным является содержание покрытия зимой.

Для нормального функционирования эксплуатационных служб необходима оперативная информация о состоянии покрытия дорог в зимних условиях. Получение в нужный момент данных о возможности наступления гололеда позволит не допустить возникновения этого крайне опасного явления или уменьшить его последствия. В условиях быстрого развития автомобилизации, высокой интенсивности движения, незначительной протяженности дорог, имеющих разделительную полосу, крайне важна ранняя диагностика неблагоприятных условий работы покрытий. Развитие средств компьютерной техники, телекоммуникации и связи создает в настоящее время все предпосылки для успешного решения этой проблемы. Незаменимым оборудованием в работе дорожных служб становятся системы предупреждения о гололеде, с помощью которых можно повысить общий уровень безопасности движения на дорогах.

В состав системы предупреждения о гололеде входят дорожные измерительные станции (ДИС), центральные и рабочие станции, размещенные в определенных местах на дороге, а также компьютеры со специальным программным обеспечением, принимающие и обрабатывающие информацию, находящиеся, как правило, в диспетчерской службе организации, эксплуатирующей дорогу.

Основным элементом систем предупреждения о гололеде являются ДИС, измеряющие параметры дорожного покрытия и атмосферные условия в определенных точках дороги. Станции предоставляют точные данные о местных атмосферных условиях, что позволяет заранее прогнозировать наступление гололеда. Это дает возможность значительно уменьшить количество применяемых химических противогололедных средств (а значит, снизить стоимость зимнего содержания и экологические потери), а также повысить безопасность дорожного движения.

Система содержит произвольное количество ДИС, их сеть может быть расширена по мере необходимости и при наличии возможности.

Основной задачей дорожной измерительной станции является измерение и регистрация метеорологических параметров, а также параметров поверхности

дороги на участке, характеризующемся локальным микроклиматом, на участках дороги с повышенной опасностью возникновения гололеда, а также передача текущих данных в диспетчерскую службу. Станция должна быть размещена непосредственно у дороги на опасном участке.

Дорожные измерительные станции оснащены электронной измерительной техникой, поскольку только она позволяет осуществлять длительные автоматические измерения, регистрацию, передавать полученные данные на расстояние, а также анализировать и обрабатывать их.

ДИС оборудована набором измерительных датчиков, присоединенных к многофункциональному электронному блоку, назначением которого является измерение данных и регистрация их, автоматическая передача информации на компьютер диспетчерской службы с использованием различных средств связи (телефон, радио или сотовый телефон), а также анализ измеренных данных и прогноз гололеда (рис. 4.1).

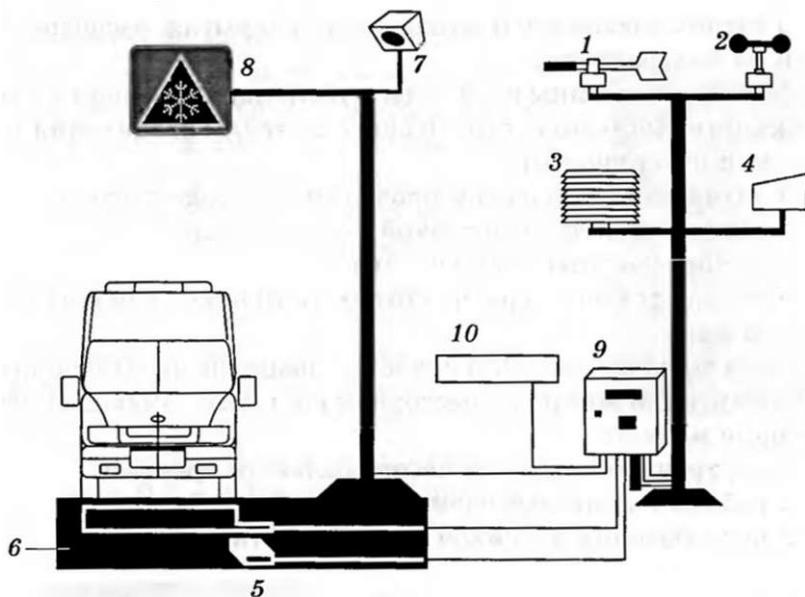


Рисунок 4.1 – Схема оборудования дорожной измерительной станции:

- 1- Датчик направления ветра; 2- датчик скорости ветра; 3- датчик температуры и влажности воздуха; 4- датчик количества осадков; 5- датчик состояния покрытия; 6- индуктивные петли для учета интенсивности движения; 7- видекамера; 8- знак переменной информации; 9- регистратор; 10- модем

Дорожная измерительная станция обычно имеет следующее оборудование:

- электронный регистрирующий блок (регистратор);

- проводную телефонную линию и модем или модем для работы в сотовой сети;
- датчики скорости и направления ветра, размещенные на мачте на высоте около 9 м;
- датчик вида и интенсивности атмосферных осадков, размещенный на высоте около 3 м;
- датчики температуры и влажности воздуха, размещенные на высоте около 3 м;
- датчик фактического состояния погоды (ясно, пасмурно, туман, дымка);
- датчик влажности и засоленности покрытия, расположенный на поверхности;
- датчик толщины слоя воды и наличия льда/снега на поверхности (на основе оптического метода определения состояния поверхности);
- датчик электрической проводимости поверхности;
- датчик электрохимической поляризации;
- датчик частоты «черного льда»;
- датчик температуры на поверхности покрытия и на глубине 5 см.

Регистратор (рис. 9.2) является специализированной программируемой микропроцессорной системой, имеющей следующие модули:

- внутренней памяти и часов реального времени;
- работы с пользователем;
- подключения датчиков различных типов.

Регистратор подключается к сети 220 В и внутреннему аккумулятору 12 В. Потребляемая мощность 8 Вт. Система может работать до 30 ч без подачи энергии извне (потребление энергии зависит от количества подключенных датчиков). Регистратор способен поддерживать работу часов реального времени и длительное время хранить данные во внутренней памяти. При отсутствии подачи электроэнергии отсчет времени и хранение запрограммированных параметров работы регистратора продолжают в течение 30 сут. В момент подачи электроэнергии регистратор самостоятельно возобновляет процесс регистрации. Регистрация данных может выполняться с различной периодичностью, задаваемой программно, - от 2 до 60 мин.

Датчик скорости ветра. Измерение скорости ветра выполняется непрерывно. Получение данных осуществляется каждые 10 с. Из массива средних 10-секундных данных вычисляется средняя скорость ветра за период измерений, а также определяется максимальная его скорость.

Активным элементом датчика скорости ветра является ротор с чашами. Импульсы преобразуются в электрический сигнал с помощью оптоэлектронного датчика. Диапазон измерений - $0,4 \div 50$ м/с. Точность измерений - 0,2 м/с. Напряжение питания - $6,4 \div 7,2$ В, ток питания - 1,2 мА. Масса датчика - 500 г.

Датчик направления ветра. Измерение направления ветра выполняется каждые 10 с. Активный элемент датчика направления ветра - алюминиевый

элерон. Диапазон измерений - $0 \div 360^{\circ}$. Точность регистрации данных - 1° . Напряжение питания - 12 В, ток питания - $15 \div 45$ мА. Масса датчика - 600 г.

Датчики температуры воздуха и покрытия основаны на использовании специального платинового резистора. Диапазон измерений $-50 \div +75^{\circ}\text{C}$. Точность измерений - $0,1^{\circ}\text{C}$. Ток питания - 1,0 мА. Масса - 50 г. Размеры (длина/диаметр) - $60/10$ мм.

Датчик влажности. Измерения влажности производятся ежеминутно и продолжаются около 15 с. Измерение выполняется два раза подряд. В случае схожести данных вычисляется среднее значение. При значительном расхождении данных выполняется третье измерение и за измеренную влажность принимается среднее значение из двух близких показаний. Активным элементом датчика является пучок струн из гигроскопичного материала, длиной 12,5 см. Диапазон измерений - $10 \div 100\%$. Точность измерений - 2% при влажности $0 \div 90\%$ и температуре 20°C и 3% при влажности $90 \div 100\%$. Масса датчика - 350 г. Температура, при которой работает датчик, - $50 \div +50^{\circ}\text{C}$.

Для повышения точности работы и устранения влияния на результаты измерений солнечной радиации датчики влажности и температуры воздуха помещают в специальный противорадиационный контейнер. Некоторые датчики могут быть конструктивно объединены в один модуль. Примером такого объединения является *датчик состояния дороги*, который устанавливается непосредственно в дорожное покрытие. Для обеспечения наиболее объективных измерений рекомендуется размещать по одному датчику на наиболее скоростной полосе и самой низкоскоростной.

Датчик позволяет измерять шесть параметров:

- толщину слоя воды и наличие льда/снега на поверхности (на основе оптического метода определения состояния поверхности);
- электрическую проводимость поверхности;
- электрохимическую поляризацию;
- частоту «черного льда»;
- температуру поверхности;
- температуру покрытия на глубине не менее 5 см.

Датчик производит оптические измерения состояния дорожного покрытия. Этот метод позволяет определить толщину слоя воды и наличие льда/снега на поверхности.

Проводимость и электрохимическая поляризация являются важными характеристиками водного раствора, присутствующего на поверхности, на основе которых определяется количество антиобледенителей.

Используя температурные данные и данные о состоянии покрытия, можно определить температуру замерзания и риск обледенения.

Наличие на поверхности непроводящего монокристаллического льда («черного льда») устанавливается на основе измерения емкости поверхности дороги, зависящей от диэлектрической проницаемости вещества, датчиком

обнаружения «черного льда», который измеряет емкость поверхности дороги (соответствующую частоту «черного льда»).

Возможное наличие непроводящего льда на поверхности дороги устанавливается на основе определения диэлектрических свойств вещества, находящегося на поверхности сенсора, и измерений оптических свойств дорожного покрытия.

Датчики осадков. Осадки могут регистрироваться датчиками различных типов. Наиболее простым является импульсный датчик (лоток), активным элементом которого служит опрокидывающийся лоток. Специального обслуживания не требует. Производится в версии необогреваемой и тогда работает только при положительных температурах и в версии обогреваемой. Диапазон измерений - 0÷6 мм/мин. Точность измерений – 0,1 мм.

Более совершенным является оптический датчик, регистрирующий вид осадков и их интенсивность. В некоторых моделях датчик осадков совмещен с *датчиком определения метеорологической видимости.*

Центральная станция представляет собой персональный компьютер, оборудованный модемом и принтером, а также специальное программное обеспечение.

Основной задачей компьютера, входящего в состав ДИС, является организация процесса сбора данных от сети дорожных метеостанций и передача данных потребителям в необходимом объеме. Центральная система выполняет функции центра коммутации сообщений, обеспечивая своевременную доставку потребителям всей необходимой метеорологической информации.

Программное обеспечение включает, как правило, две основные программы. Первая программа предназначена для чтения и просмотра данных. В распоряжении оператора - данные за несколько последних часов (от 4 до 24), на основе которых формируется краткосрочный прогноз (от 2 до 4 ч). При работе программы в автоматическом режиме в случае опасности возникновения гололеда программа подает звуковые сигналы оператору.

Вторая программа предназначена для считывания данных за большой промежуток времени, представления их в виде графиков и отчетов для дальнейшего анализа. Наиболее распространенная сфера применения программы - контроль правильности использования противогололедных материалов, а также обоснование такого применения в случае претензий к службам эксплуатации.

Основной задачей рабочей станции является обеспечение руководящего состава дорожного эксплуатационного управления (ДЭУ) необходимой для производственной деятельности метеорологической информацией. Прогностическая информация поступает от центральной диспетчерской. Рабочая станция устанавливается в помещении ДЭУ.

В настоящее время признанным мировым лидером в производстве оборудования ДИС является фирма Vaisala Oj (Финляндия). Из других крупных производителей следует отметить Böschung Mecatronic (Швейцария), SCAN-MATIC (Норвегия).

Дорожная станция в автоматическом режиме осуществляет измерения всех параметров (влажность воздуха, температура воздуха и покрытия, скорость и направление ветра, состояние и влажность покрытия, состояние осадков, температура точки росы, температура замерзания). Результаты измерений фиксируются в электронном блоке с заданной частотой. Электронный блок оборудован часами реального времени и памятью, позволяющей обеспечить сохранение данных за 10 недель.

При работе с системой оператор запускает программное обеспечение центральной станции и имеет возможность просмотреть данные с любой из дорожных станций за последние 24 ч. Оператор на основе полученных данных анализирует ситуацию на дороге и в случае опасности возникновения гололеда принимает решение о действиях по предупреждению гололеда.

Одной из возможностей дорожной измерительной станции является совместная работа со знаком переменной информации. Знак информирует водителей о температуре покрытия и воздуха. В случае опасности возникновения гололеда появляется рисунок знака «Прочие опасности».

Независимо от своих основных задач, система может успешно использоваться также и летом, передавая информацию о температуре асфальта и воздуха. Это имеет значение для регулирования потока тяжеловесных транспортных средств, движение которых при слишком высоких температурах покрытия способствует ускоренному разрушению дорожной одежды.

Еще одной возможностью является подключение к станции камер наблюдения. Это позволяет оператору станции получить цветное или черно-белое изображение отрезка дороги и визуально оценить состояние покрытия и загрузку дороги движением. Частота передачи изображения устанавливается произвольно и может составлять от 10 с до неопределенного времени, т.е. считывания изображения по команде оператора. Некоторые модификации камер оборудуются поворотным устройством, управляемым программно. Это позволяет получать изображение сразу двух направлений дороги. Видеоизображение принимается программным обеспечением рабочей станции или специализированными программами.

4.2 Выбор мест расположения дорожных измерительных станций

Для того чтобы прогнозные данные, получаемые от ДИС, были максимально объективными, необходимо тщательно выбирать места расположения станций. При выборе их возможны два основных подхода: составление термокарты и расположение станций на основе учета данных микроклимата.

Термическую карту дороги следует составлять на стадии разработки проекта. Ее составление основано на том факте, что дорога имеет постоянные термические характеристики, т.е. теплые и холодные отрезки. Расположение участков со временем не меняется и зависит от наличия застройки, растительности и некоторых других факторов. Изменение погоды также не

меняет термических характеристик, а может воздействовать только на экстремальные значения. Таким образом, при изменении погоды различные участки покрытия изменяют свою температуру по-разному даже при одинаковой конструкции дорожной одежды. В связи с этим наиболее целесообразно размещать станции на наиболее холодных участках покрытия.

Термическая карта составляется при помощи специальной аппаратуры, основным элементом которой является размещенный на движущемся автомобиле термометр, работающий в инфракрасном диапазоне. Измерения выполняются точно, например каждые 10 м. Для проведения измерений существуют специальные методики и программное обеспечение. *Микроклимат местности* учитывается в том случае, когда нет возможности составить термокарту, но имеются метеорологические данные об особенностях изменения микроклимата в отдельных районах прохождения дороги. Станции располагают в наиболее холодных местах.

В том случае, если места расположения станций определены без составления термической карты, ее все равно необходимо составить позднее, так как термические характеристики дороги, как правило, являются параметром программного обеспечения систем предупреждения о гололеде.

ВОПРОСЫ ВЫНЕСЕННЫЕ НА КОНТРОЛЬ

1. Какие дефекты асфальтобетонных покрытий вы знаете? Дайте краткую характеристику.
2. Какие дефекты цементобетонных покрытий вы знаете? Дайте краткую характеристику.
3. Какие дефекты гидротехнических сооружений вы знаете? Дайте краткую характеристику.
4. Какие дефекты земляного полотна вы знаете? Дайте краткую характеристику.
5. Как оценивается дефектность покрытий при диагностике автомобильных дорог?
6. Как определяется интенсивность движения транспортных средств?
7. Как определяется состав движения в транспортном потоке?
8. Какие уровни удобства движения по дороге вы знаете?
9. Какие методы определения параметров транспортного потока вы знаете? Дайте краткую характеристику
10. Как определяют светотехнические характеристики дорожных знаков?
11. Какое оборудование используется для измерения светотехнических характеристик дорожных знаков?
12. Какое оборудование используется для измерения светотехнических характеристик дорожной разметки?
13. Какое оборудование используется для измерения светотехнических характеристик дорожного покрытия?
14. Какими техническими средствами диагностируются условия эксплуатации автомобильных дорог?
15. Как происходит выбор расположения дорожных измерительных станций?