

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

А.М. Морковкина

РЕКОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2014

УДК 625.7/8(075)

ББК 39.311я73

М79

Рецензенты: заведующий кафедрой «Геотехника и дорожное строительство», доктор технических наук, профессор В.С. Глухов (ПГУАС);
первый заместитель генерального директора ОАО «Автодорпроект» Н.Н. Веселов

Морковкина А.М.

М79 Реконструкция автомобильных дорог: учеб. пособие /
А.М. Морковкина. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 168 с.

Представлены современные данные, раскрывающие понятие реконструкции автомобильных дорог в России и других странах с учетом классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования и искусственных сооружений на них.

Приведен обзор различных методов оценки состояния автомобильных дорог и мероприятий по реконструкции, технологические решения по выполнению земляных работ, реконструкции дорожных одежд всех типов для различных категорий дорог. Показаны особенности технологий по регенерации дорожных одежд и покрытий. Особое внимание уделено перспективным машинным технологиям холодного расайклинга, определению толщины усиления дорожных одежд, применению современных материалов для их усиления. Представлены мероприятия по укреплению грунтов различными вяжущими, обоснованию выбора технологии и механизации производства работ в рыночных условиях.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Геотехника и дорожное строительство» в соответствии с программой дисциплины «Реконструкция автомобильных дорог» и предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2014

© Морковкина А.М., 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Автомобильные дороги общего пользования являются составной частью транспортной системы страны и представляют собой комплекс сооружений, предназначенных для обеспечения круглогодичного, непрерывного, комфортного, удобного и безопасного движения автомобилей с расчетной нагрузкой и установленными скоростями.

Автомобильные дороги должны быть обустроены объектами сервиса и оборудованы средствами технического регулирования и обеспечения безопасности движения согласно требованиям действующих стандартов, нормам и правилам, а также положениям настоящего документа.

Для обеспечения необходимого транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог организуется дорожная служба. Виды и состав работ, выполняемых дорожной службой, определены действующими «Техническими спецификациями на виды работ при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений на них».

В процессе эксплуатации автомобильные дороги и дорожные сооружения подвергаются многолетнему и многократному воздействию движущихся автомобилей и природно-климатических факторов.

Под совместным действием нагрузок и климата в автомобильной дороге и дорожных сооружениях накапливаются усталостные и остаточные деформации, появляются разрушения. Этому способствует постепенный рост интенсивности движения, и особенно увеличение осевых нагрузок автомобилей и доли тяжелых автомобилей в составе транспортного потока.

Дорожно-эксплуатационная служба выполняет большой объем работ по содержанию и ремонту дороги, но за многие годы эксплуатации объемы остаточных деформаций в дорожных конструкциях могут нарастать, и дорога устаревает физически.

Кроме того, за долгий срок службы происходит постепенная смена автомобилей с существенным изменением их динамических свойств, изменяются взгляды водителей и пассажиров на комфортность движения, что приводит к повышению требований к геометрическим параметрам и транспортно-эксплуатационным характеристикам дорог, а также к их обустройству, т.е. дороги устаревают морально.

Несоответствие между требованиями к дороге и ее фактическим состоянием постепенно нарастает, особенно в условиях значительного ограничения средств, выделяемых на содержание и ремонт дорог. В результате этого не выполняются многие необходимые виды ремонтных работ, накапливается недоремонт, прежде всего, покрытий и дорожных одежд.

Все это вместе взятое приводит к тому, что наступает момент, когда обычные мероприятия по содержанию и ремонту дороги, выполняемые дорожно-эксплуатационными организациями, уже не обеспечивают выполнение возросших требований к транспортно-эксплуатационным показателям дороги по поддержанию высокой скорости и безопасности движения.

Возникает необходимость значительного улучшения геометрических параметров дороги, прочностных и других характеристик дорожной одежды, искусственных сооружений, инженерного оборудования и обустройства, т.е. перестройки дороги или ее реконструкции.

Необходимость реконструкции дороги обосновывают результатами экономических изысканий для расчета перспективной интенсивности движения, наблюдениями за интенсивностью и скоростями движения, данными учета количества дорожно-транспортных происшествий. Разработка проектов реконструкции должна быть направлена на увеличение пропускной способности дороги, повышения скоростей движения автомобилей и обеспечение безопасности движения. Обычно дороги, нуждающиеся в реконструкции, бывают, неоднородны по транспортно-эксплуатационным показателям – наряду с участками, удовлетворительно справляющимися с пропуском движения, на них имеются места значительного снижения скоростей автомобилей, повышенной аварийности и возникновения заторов. Поэтому в проектах реконструкции дороги предусматривают:

- улучшение плана и продольного профиля – спрямление извилистых участков, увеличение радиусов кривых, устройство виражей, уширения и переходных кривых, смягчение крутых продольных уклонов, обеспечение видимости, постройку дополнительных полос проезжей части для движения на подъем грузовых автомобилей и автомобильных поездов;

- устройство пересечений в разных уровнях с железными и автомобильными дорогами или улучшение конструкции пересечений в одном уровне путем постройки направляющих островков;

- строительство обходов населенных пунктов;

- уширение земляного полотна и проезжей части;

- усиление дорожной одежды и совершенствование типов покрытий, устройство краевых полос;
- перестройку земляного полотна для повышения его устойчивости, особенно в местах, подверженных пучинообразованию, на болотах, оползневых участках и т. д.;
- перестройку искусственных сооружений в соответствии с новыми габаритами и нагрузками;
- строительство линейных зданий, станций обслуживания, пунктов технической помощи, бензозаправочных станций, гостиниц, столовых, площадок отдыха, а также установку указательных и других дорожных знаков;
- декоративное, снегозащитное и архитектурное оформление дороги.

Реконструкция дороги требует комплексного улучшения всех ее элементов. Неправильно сводить ее, как иногда делают, к постройке усовершенствованных покрытий на заниженном земляном полотне, построенном на неудовлетворительной трассе с недостаточной видимостью, кривыми малых радиусов и т. д. Это приводит к резкому увеличению числа дорожно-транспортных происшествий, при незначительном возрастании средних технических скоростей. В то же время неправильно требовать при реконструкции дорог перестройки всех элементов в соответствии с требованиями современных технических условий на дороги той же категории, что и реконструируемая дорога. Перестраивать нужно только те участки дороги, которые являются причиной повышенной аварийности или резко снижают транспортные качества дороги. Разработка качественного и экономичного проекта реконструкции дороги требует внимательного и вдумчивого изучения условий движения по существующей дороге и анализа причин, вызывающих дорожно-транспортные происшествия. Намеченные улучшения трассы в плане, поперечном и продольном профилях, а также мероприятия по реконструкции дорожных сооружений должны быть обоснованы технико-экономическими расчетами, сопоставляющими строительные затраты с выигрышем от улучшения условий движения и снижения количества дорожно-транспортных происшествий.

В начале 90-х годов с распадом народнохозяйственных связей нарушилась координация и соотношение между пропускной способностью отдельных видов транспорта и развитием производительных сил в Российской Федерации. Это привело к возникновению многочисленных проблемных точек и «узких» мест в опорной транспортной сети: мостовые переходы через крупные естественные преграды (реки и горные массивы), водные пути и судоходные гидротехнические сооружения, подъездная инфраструктура к морским торговым портам и узловым

аэропортам. Автомобильные и железнодорожные подъездные пути к крупнейшим морским портам – Новороссийск, Санкт-Петербург, Махачкала не обеспечивают резко возросший поток грузов, 8 из 10 узловых аэропортов не имеют пассажирского железнодорожного сообщения, включая главные международные «ворота страны» – аэропорт Шереметьево; транспортные технологии не отвечают современным требованиям эффективного функционирования транспорта в условиях рынка, препятствуют удовлетворению растущего спроса на качественные транспортные услуги, снижению себестоимости перевозок, оптимальному использованию существующей транспортной инфраструктуры. Доля транспортных затрат в себестоимости отечественной продукции составляет 15-20 процентов против 7-8 процентов в странах с развитой рыночной экономикой; уровень доступности и качество транспортных услуг не отвечают потребностям населения страны. Общественный пассажирский транспорт в городах и в пригородных зонах не в состоянии обеспечить спрос на качественные пассажирские перевозки. Значительная часть сельских населенных пунктов страны не обеспечена связью по дорогам с твердым покрытием с опорной транспортной сетью. Наблюдается существенное отставание темпов развития дорожной сети от темпов автомобилизации общества. Сегодня около трети протяженности федеральных автомобильных дорог работают в режиме перегрузки, особенно на подходах к крупным городам. Слаборазвитая дорожная сеть стала оказывать негативное влияние на экономику страны, сдерживая мобильность населения и развитие целого ряда богатых природными ресурсами регионов. Это влечет за собой снижение уровня безопасности транспортного процесса, рост транспортных издержек и может стать причиной возникновения дефицита провозных и пропускных возможностей в отдельных элементах транспортной системы. Положение отечественных перевозчиков на мировом рынке транспортных услуг не отвечает их реальным возможностям. В совокупной стоимости услуг на российском рынке международных автомобильных перевозок доля российских перевозчиков составляет только 39 процентов. Одной из причин является устаревший подвижной состав, не отвечающий современным требованиям по экологии, топливопотреблению и другим показателям. Показатели безопасности транспортного процесса, в первую очередь дорожного движения, не соответствуют мировому уровню. В дорожно-транспортных происшествиях ежегодно погибают более 36 тысяч человек и получают ранения более 200 тыс. человек. Из-за загрязнения окружающей среды выбросами транспорта в городах России ежегодно преждевременно умирает не менее 21 тыс. человек. Общий ущерб от таких негативных последст-

вий транспортной деятельности, как аварийность, загрязнение окружающей среды, потери экономики и общества от перегрузки транспортных коммуникаций, ежегодно составляет не менее 7-8 процентов валового внутреннего продукта (далее – ВВП). Проблема в целом и ее отдельные аспекты создают угрозу ограничения экономического роста и реализации социальных программ развития страны. В настоящее время проблема реконструкции автомобильных дорог становится все более и более актуальной. Поэтому в учебных планах подготовки инженеров по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы» введена дисциплина «Реконструкция автомобильных дорог». Настоящее учебное пособие обобщает и систематизирует отечественный и зарубежный опыт применительно к учебной программе дисциплины «Реконструкция автомобильных дорог».

РАЗДЕЛ I

1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА РЕКОНСТРУИРУЕМОЙ ДОРОГЕ

В отличие от определения расчетной интенсивности движения на вновь строящихся дорогах, которое ведут методом оценки возможных грузовых и пассажирских потоков между населенными пунктами, промышленными и сельскохозяйственными предприятиями, расположенными в зоне, обслуживаемой новой дорогой, расчеты перспективной интенсивности для реконструируемых дорог основываются преимущественно на экстраполяции данных учета движения по существующей дороге. Для этого на сети дорог органы дорожной службы систематически проводят учет количества автомобилей, проходящих через контрольные пункты. В последнее время для этой цели широко используют автоматизированные счетчики.

Наблюдения за ряд лет дают возможность установить тенденции увеличения интенсивности движения. Перспективную интенсивность движения определяют методом экстраполирования, добавляя к найденной интенсивности грузопотоки от намеченных или строящихся в зоне дороги предприятий. Особенностью этого метода является прогнозирование на сроки, соизмеримые с наличием исходных данных, и поэтому его точность во многом зависит от правильности принятой гипотезы о закономерностях дальнейшего изменения движения.

Наибольшее распространение находят следующие предположения:

1. Рост интенсивности движения автомобилей по линейной зависимости, обычно наблюдающийся на дорогах магистрального типа при достаточно густой сети дорог с усовершенствованными покрытиями, а также на дорогах сельскохозяйственных районов, где объем продукции систематически возрастает в связи с проводимыми мероприятиями по интенсификации сельскохозяйственного производства, составит:

$$N_t = N_0(1+bt), \quad (1)$$

где N_t – интенсивность движения в расчетный год, авт./сут; N_0 – то же, в исходный год; $b = (1 + P/100)$ – коэффициент ежегодного прироста интенсивности при абсолютной величине прироста p процентов; t – время прогнозирования, годы.

2. Возрастающие темпы интенсивности движения, связанные с быстрым хозяйственным освоением обслуживаемой дорогами территории, опережающим темпы дорожного строительства:

$$N_t = N_0(1 + P/100)^{t-1}. \quad (2)$$

3. Резкое первоначальное возрастание интенсивности движения с последующим очень медленным приростом или даже спадом, характерным для дорог, ведущих к крупным строительным объектам, где интенсивность движения вначале создается грузами, поступающими на строительство. В подобных случаях закономерности нарастания интенсивности могут быть выражены логистической кривой

$$N_t = N_0 B e^{kt} / (B - N_0) + N_0 e^{kt}, \quad (3)$$

где B – экспонента кривой, характеризующая верхний предел возможной интенсивности движения, определяемый объемами и темпами строительства; $k = Bm / (B - N_0)$; m – параметр кривой, равный p при $t=0$.

Любой характер изменения интенсивности может быть выражен уравнением полиномов вида $N_t = N_0 + at + bt^2 + ct^3 + \dots + mt^n$, в котором необходимое число членов ряда зависит от вида кривой зависимости и наличия данных учета движения. Результаты экстраполяции тем более надежны, чем меньший период времени они охватывают. Их желательно сопоставлять с материалами её технико-экономических изысканий, вводя поправочные коэффициенты на основе роста интенсивности движения на введенных в последние годы в эксплуатацию дорогах.

Расчеты перспективной интенсивности для реконструируемых дорог основываются преимущественно на данных учета движения по существующей дороге. Для этого на сети дорог органы дорожной службы систематически проводят учет количества автомобилей, проходящих через контрольные пункты. Наиболее совершенны для этой цели автоматические счетчики, непрерывно регистрирующие проезжающие автомобили. Там, где их еще нет, движение учитывают путем наблюдений в течение 15–24 дней в году, выбирая их так, чтобы охватить все дни недели, месяцы и часы суток.

2. ОСОБЕННОСТИ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ

Проект реконструкции дорог, как и проект нового строительства, выполняют в две стадии (проект и рабочая документация) или в одну, разрабатывая сразу рабочий проект. Для составления проекта проводят подробные изыскания, в процессе которых устанавливают, какие мероприятия и работы необходимо выполнять, чтобы реконструированная

дорога отвечала изменившимся условиям движения. При этом исходят из перспективной интенсивности движения на срок не менее 10 лет. В состав изыскательской партии дополнительно включают инженера по обследованию искусственных сооружений и гражданских зданий. При интенсивном автомобильном движении по дороге число рабочих в партии увеличивают, а нормы выработки снижают в 1,25–1,65 раза.

При разработке проектов реконструкции дорог особо важную роль играют изучение опыта эксплуатации существующей дороги, анализ имеющейся по ней технической документации и данных о дорожно-транспортных происшествиях. Эти материалы могут быть получены в управлениях дорог, дорожно-эксплуатационных участках, областных и районных дорожных организациях и в органах Государственной автомобильной инспекции.

До начала полевых работ необходимо составить предварительное представление об участках, требующих перестройки. Следует стремиться в максимальной степени использовать существующую дорогу. Однако если элементы дороги резко не соответствуют требованиям движения, земляное полотно построено в низких отметках, а дорожная одежда имеет малую прочность и сильно изношена, то должен быть рассмотрен и вариант постройки дороги по новому направлению. В этом случае существующую дорогу используют в период строительства для подвоза материалов, а впоследствии она обслуживает местное движение или должна быть разобрана, а ею занимаемая полоса рекультивирована.

Полевые работы на изысканиях дорог, подлежащих реконструкции, выполняют по тем же правилам, что и на изысканиях новых дорог. Поскольку их выполняют без перерыва движения, должно уделяться особое внимание соблюдению требований техники безопасности. На участках, где существующая дорога не может быть приведена в соответствие с требованиями движения или устойчивости земляного полотна, изыскивают новые варианты трассы. Окончательное решение принимают после их сравнения.

Перед началом работ начальник партии совместно с геологом и представителем дорожно-эксплуатационных органов осматривают трассу. При геодезических съемках линии вешат по намеченной оси, причем на дорогах с твердым покрытием вешки ставят в специальные башмаки-подставки, чтобы не пробивать в дорожной одежде лунок. На длинных прямых участках можно вешать по обочине параллельно намеченной оси. Вершины углов поворота находят как центры пересечений провешенных осей двух прямых смежных участков дороги. После

установления углов поворота измеряют биссектрису и тангенсы существующей кривой.

Даже при наличии подробных проектных данных на существующую дорогу при изысканиях радиусы кривых должны быть проверены расчетом с использованием таблиц для разбивки кривых по измеренным углу поворота и элементам кривой. Если радиус существующей кривой мал, то назначают больший, разбивают новую кривую и указывают ее начало, середину и конец.

Длину трассы измеряют по оси. Все пикетажные знаки выносят на правую сторону земляного полотна по ходу километража старой дороги. На сторожках, помимо пикета и плюса, указывают расстояние до оси дороги. В пикетажном журнале приводят подробные данные о земляном полотне, дорожной одежде и искусственных сооружениях.

При обследовании земляного полотна выявляют снегозаносимые и заниженные участки, находящиеся в неблагоприятных гидрогеологических условиях. Данные обследования проезжей части и промеров толщины дорожной одежды фиксируют в специальном журнале. Нивелировку ведут двумя нивелирами, определяя отметки всех пикетов и переломов продольного профиля, канав, проезжей части мостов, верха и лотка труб, уровней воды, живых сечений под мостом и вне его. В населенных пунктах определяют отметки колодцев подземных сооружений, водоприемных решеток, отметки трамвайных рельсов и пр.

Поперечные профили земляного полотна снимают на всю ширину полосы отвода во всех характерных местах продольного профиля, но не реже чем на каждом пикете, а также во всех местах, где изменяется конструкция земляного полотна – на кривых с виражами, в местах расположения труб, фильтрующих насыпей, подпорных стенок и других сооружений. В горной местности и на крутых косогорах поперечники снимают на каждом пикете и плюсе трассы. Поперечные профили земляного полотна вычерчивают в масштабе 1:100, а проезжей части – в масштабах: горизонтальном 1:100 и вертикальном 1 : 20.

Обследование состояния дорожной одежды заключается в ее осмотре и устройстве лунок для определения толщины конструктивных слоев. Лунки высверливают буровой установкой, смонтированной на автомобиле. При осмотре покрытия отмечают степень его ровности, виды деформаций и трещины. Количество поперечников, на которых измеряют толщину одежды, зависит от ее состояния. При удовлетворительном и хорошем состоянии одежды промеры делают в трех-пяти местах на каждом километре, при плохом – чаще. При ширине проезжей части до 6 м на каждом поперечнике делают три лунки, а при большей ширине – пять лунок диаметром 0,15–0,20 м. Крайние лунки

закладывают на расстоянии 0,5–1,0 м от кромки покрытия. Лунки заглубляют на 5–10 см глубже песчаного основания.

В журнале промеров одежды записывают толщину отдельных слоев и всей дорожной одежды, породу каменных или гравийных материалов, состояние и степень загрязненности конструктивных слоев, и род грунта в основании. Толщину одежды измеряют по кернам, а если они рассыпаются – промерником с точностью до 1 см. Прочность дорожных одежд должна оцениваться путем измерения их прогибов под расчетным автомобилем.

При обследовании водоотвода снимают поперечники канав, резервов, водоотводных и нагорных канав. Их нивелируют, изучают условия протекания воды, выявляя места размывов и застоев. Составляют схематические чертежи всех существующих сооружений (перепадов, лотков, быстротоков, поглощающих колодцев, испарительных бассейнов) и устанавливают их техническое состояние. Одновременно собирают данные, необходимые для поверочного гидравлического расчета водоотводных сооружений, особенно тех, которые по сведениям службы эксплуатации не вполне удовлетворительно справляются с пропуском воды.

При осмотре искусственных сооружений и линейных зданий устанавливают их техническое состояние, составляют чертежи и фиксируют необходимые работы по реконструкции.

На участках трассы, пересекающих болота, выполняют буровзрывные и зондировочные работы, чтобы собрать материалы, необходимые для расчетов дальнейшей осадки и оценки устойчивости сдвига насыпи по наклонному дну болота.

В результате подробных технических изысканий, помимо всех материалов, требуемых при изысканиях новых дорог, должны быть составлены:

- ведомость существующих искусственных сооружений, их эскизы;
- ведомость объемов работ, связанных с ремонтом и реконструкцией этих сооружений;
- ведомость и графики промеров толщины дорожной одежды;
- ведомость существующих знаков и обстановки дороги;
- ведомость и график расположения существующих линейных зданий.

Состав проекта на реконструкцию дорог отличается от проектов новых дорог дополнительными разделами, обосновывающими необходимость реконструкции автомобильной дороги, и технико-экономическими расчетами эффективности перестройки отдельных участков.

3. ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ НА РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ДОРОГАХ

Обеспечение безопасности движения и высоких транспортных качеств, автомобильных дорог является первоочередной обязанностью всех дорожных организаций как проектных, так и эксплуатационных.

Проектные решения реконструируемых дорог и планируемые текущие мероприятия по ремонту и содержанию дорог и повышению безопасности движения эффективны только в тех случаях, когда они базируются на анализе закономерностей движения транспортных потоков и одиночных автомобилей, на результатах исследований причин аварийности и ухудшения условий работы водителей.

Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог определяются скоростью и себестоимостью перевозок, безопасностью и удобством проезда по дороге, ее пропускной способностью. Они не могут быть выражены обобщенным показателем. Поэтому при оценке участка дороги необходимо выяснить среднюю скорость движения по дороге и на отдельных участках; степень опасности дорожно-транспортных происшествий (ДТП); удобство дороги для водителей и пассажиров; пропускную способность дороги. Эти же показатели следует использовать при оценке вариантов проектных решений и мероприятий, направленных на повышение транспортно-эксплуатационных качеств дороги. В процессе проведения изысканий на дорогах, подлежащих реконструкции, большую помощь в выявлении опасных и не удобных для движения мест могут оказать наблюдения за скоростями движения по дороге. Графики скоростей движения по дорогам строят по материалам измерений скоростей автомобилей, используя для этого радиолокационные приборы, основанные на эффекте Доплера, или непосредственно измеряя продолжительность проезда автомобилями отдельных участков.

Количество участков для измерений должно быть достаточным для получения точного представления об изменениях скорости. Скорости необходимо измерять в конце прямых участков перед въездом на кривые и в середине кривых перед началом подъемов и в верхних их частях, где устанавливается равновесная скорость.

В каждом пункте наблюдений должны быть измерены скорости 50–70 наиболее распространенных автомобилей. Материалы измерений обрабатывают методами математической статистики, определяя скорость, соответствующую 85 %-й обеспеченности.

На основании графика скоростей движения должны быть построены графики пропускной способности дороги и коэффициентов ава-

рийности, а также график коэффициентов безопасности. Их анализ дает возможность выявить участки дороги, нуждающиеся в их реконструкции, и наметить способы их перестройки. Следует отметить, что участки, не удовлетворительные по одному показателю, обычно не удовлетворительны и по другим показателям.

Анализ графика дает возможность выявить причины уменьшения скоростей и наметить необходимые мероприятия по их устранению. Необходимые изменения элементов плана и продольного профиля дороги могут быть определены из условия, чтобы сглаженная эпюра скорости соответствовала значениям коэффициента безопасности более 0,8, а в очень сложных условиях – 0,6.

При разработке проектов реконструкции дорог иногда существенно улучшают один элемент дороги без учета его влияния на условия движения на смежных участках. В результате на дороге возникают новые очаги аварийности. Типичным примером являются случаи резкого возрастания количества происшествий на дорогах при укладке усовершенствованных покрытий с уширением проезжей части без исправления плана и продольного профиля. В связи с наличием кривой малого радиуса коэффициент безопасности участка дороги определяется по формуле (4):

$$K_1 = v_{кр} / v_{ВХ}. \quad (4)$$

Поэтому для обеспечения безопасности движения необходимо обязательно соответственно увеличить радиус кривой, чтобы коэффициент безопасности имел допустимое значение.

График скоростей движения позволяет:

– обоснованно наметить места установки ограждений, определив их тип в соответствии со степенью опасности возникновения происшествий, а также места установки предупредительных знаков;

– в местах, где особенно проявляется различие в динамических качествах автомобилей, что характеризуется большим наклоном кривой накопления скоростей, запроектировать мероприятия по разделению транспортного потока на группы, следующие с разными скоростями по разным полосам движения (дополнительные полосы для тихоходных автомобилей на подъемах, переходно-скоростные полосы у пересечений в разных уровнях).

4. РАСЧЕТ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ОДИНОЧНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Для оценки соответствия размеров отдельных элементов дороги и их сочетаний требованиям безопасности и удобства движения на основе расчетов на ЭВМ или по вспомогательным таблицам строят эпюру изменения скорости одиночного автомобиля в зависимости от параметров продольного профиля и плана без учета ограничений, предусматриваемых Правилами дорожного движения и устанавливаемыми знаками.

При расчете скорости движения одиночного автомобиля за расчетный автомобиль принимают: легковой ГАЗ-24, грузовой ЗИЛ-130. На промышленных дорогах выбор расчетного автомобиля должен быть обоснован анализом состава движения или парка применяемых автомобилей.

Расчет скорости движения одиночного автомобиля выполняют на основе его динамических характеристик с учетом следующих рекомендаций:

а) использование передач учитывают в соответствии с данными, приведенными в табл. 1;

б) степень открытия дроссельной заслонки в зависимости от характеристик подъема дороги и двигателя автомобиля. Определяют по формуле (5):

$$p = \frac{1,57 + 68,5 \cdot 10^{-5} L}{N_{\text{уд}} 0,376} + (0,8 + 4,5 \cdot 10^{-3} L)i - 0,05Li^2, \quad (5)$$

где i – продольный уклон, тысячные; L – длина участка подъема, м; $N_{\text{уд}}$ – удельная мощность двигателя автомобиля, кВт/т.

в) скорость движения на спусках рассчитывают по динамической характеристике с учетом движения автомобиля с работающим двигателем и развивающим тяговое усилие. Предельно допустимая скорость на спуске принимается из условия управляемости автомобиля на данном типе дорожного покрытия:

на асфальто- и цементобетонном покрытии 90 км/ч;

на щебеночном покрытии, обработанном битумом, 70 км/ч, не обработанном битумом, 60 км/ч;

г) влияние элементов плана дороги на скорость движения одиночного автомобиля учитывают путем умножения рассчитанной скорости на коэффициент τ_3 , приведенный в табл. 3, 4;

д) эпюры скоростей по каждому участку дороги строят для обоих направлений движения.

Таблица 1

Расчетный автомобиль	Передача	Предельная скорость, км/ч	
		минимальная	максимальная
Легковой (ГАЗ-24)	I	–	41,0
	II	13,0	63,0
	III	20,0	98,0
	IV	28,0	142,0
Грузовой (ЗИЛ-130)	I	7,0	22,0
	II	12,0	38,0
	III	18,5	60,0
	IV	28,0	90,0

Таблица 2

Продольный уклон, ‰	Степень открытия дроссельной заслонки, ‰	Передача, используемая грузовыми автомобилями
0–40	50–60	V, IV
40–70	80–85	III, II
70	100	I

Таблица 3

Учитываемый фактор	Коэффициент τ_3
1	2
Дорожные условия в конце спуска (уклон более 30 ‰):	
последующий подъем	1,2
кривая в плане $R = 1000$ м	0,8
малый мост	0,85
большой (средний) мост	0,7
Дорожные условия перед подъемом (уклон не более 30 ‰):	
горизонтальный участок	1,1
спуск	1,2
малый мост	0,9
сужение проезжей части на 2 м	0,8
Участки с ограниченной видимостью, м:	
в плане 600–700	1,0
300–400	0,95
200–250	0,9
100–150	0,8
менее 100	0,75
в профиле	
более 150	1,0
100	0,95
50	0,75
менее 50	0,6

Окончание табл. 3

1	2
Кривые в плане радиусом, м:	
более 600	1,0
400	0,92
200	0,8
100	0,75
50	0,7
менее 50	0,6
Малые и средние мосты (длина до 100 м) с шириной проезжей части: менее ширины проезжей части дороги на 1 м	0,5
равной ширине проезжей части дороги	0,7
больше ширины проезжей части дороги на 1 м	0,85
то же, на 2 м	1,0
Большие мосты (длина более 100 м)	0,7
Пересечение в одном уровне:	
простые	0,75
канализированные	0,9
Ширина обочины, м:	
3,75 и более	1,0
2,5	0,9
1,5	0,85
1,0	0,75
0,0	0,60
Препятствия на обочине при расстоянии от кромки проезжей части, м:	
0,0	0,7
0,5	0,8
1,5	0,9
2,0 и более	1,0
Населенные пункты при расстоянии до застройки:	
15–20 м	0,9
6–10 м	0,8
5 м (имеются тротуары)	0,7
5 м (тротуары отсутствуют)	0,6

Таблица 4

Тип разметки	Коэффициент τ_3 при ширине проезжей части, м				
	6	7	7,5	9	10,5
Без разметки	0,70	0,90	1,0	1,05	1,10
Краевая	0,64	0,87	0,98	1,08	1,15
Осевая прерывистая	0,68	0,89	1,00	1,05	1,10
То же, в сочетании с краевой	0,55	0,74	0,92	1,08	1,15
Сплошная разделительная линия	0,59	0,75	0,78	1,04	1,10

П р и м е ч а н и е . Значение τ_3 дано для горизонтальных участков и подъемов с уклоном менее 20 %.

Для более детальной оценки скоростей в свободных условиях движения на отдельных элементах и участках дорог можно пользоваться следующими формулами:

на больших мостах при габаритах от 6 до 13 м и длиной от 100 до 300 м:

$$v_{85\%} = 14,5 \Gamma - 0,111 L - 0,462 \Gamma^2 + 0,000033 L^2 + 0,00714 \Gamma - 24,23; \quad (6)$$

$$v_{50\%} = 12,8 \Gamma - 0,92 L + 0,00714 L - 0,408 \Gamma^2 - 21,83, \quad (7)$$

где $v_{85\%}$ – скорость движения легкового автомобиля (типа ГАЗ-24) 85 %-й обеспеченности, км/ч; $v_{50\%}$ – средняя скорость движения легкового автомобиля, км/ч; Γ – габарит моста, м; L – длина моста, м.

На автодорогах с двумя полосами движения с продольными уклонами, совмещенными с кривыми в плане:

$$v_o = 29,0 + 3,85 B - 0,53 i \pm 0,0096 R + 10,8 n_{л} - 10,3 n_{авт}, \quad (8)$$

где v_o – средняя скорость автомобилей в свободных условиях, км/ч; R – радиус кривой в плане, м; i – продольный уклон, ‰; B – ширина проезжей части, м; $n_{л}$ – количество легковых автомобилей в составе транспортного потока, доли единицы (при $n_{л} = 1$ формула дает значение скорости движения легкового автомобиля); $n_{авт}$ – количество автопоездов в составе транспортного потока, доли единицы.

5. ОЦЕНКА СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Средняя скорость смешанного потока автомобилей для сухого покрытия в летнее время года при коэффициенте загрузки от 0,1 до 0,85 с учетом влияния дорожных условий и интенсивности движения на двухголосных дорогах составит:

$$v_n = v_o \theta - \alpha K_{\alpha} N, \quad (9)$$

где v_o – средняя скорость свободного движения легковых автомобилей при малом значении коэффициента загрузки на прямолинейном горизонтальном участке с шириной проезжей части 7,5 м, краевыми полосами и укрепленными обочинами шириной 3,5 м (принимается равной 90 км/ч); θ – итоговый коэффициент, учитывающий влияние геометрических элементов дороги, состава потока и средств организации движения на скорость свободного движения. Он является произведением отдельных коэффициентов:

$$\theta = \tau_1 \tau_2 \tau_3, \quad (10)$$

где τ_1 – коэффициент, учитывающий влияние продольного уклона:

Уклон, ‰	0	20	30	40	50	60	70	80
τ_1	1,0	0,92	0,84	0,76	0,68	0,56	0,45	0,34

τ_2 – коэффициент, учитывающий влияние состава потока:

Количество легковых автомобилей в потоке, %	100	70	50	40	20	10	0
τ_2	1,0	0,9	0,8	0,78	0,75	0,67	0,62

τ_3 – коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий и средств организации движения, принимается по табл. 3 и 4; α – коэффициент, зависящий от состава движения:

Количество легковых автомобилей в составе движения, %	0	10	20	40	50	70	100
α	0,020	0,018	0,016	0,013	0,012	0,010	0,07

K_α – поправочный коэффициент, учитывающий влияние разметки проезжей части на скорости при высоких интенсивностях движения (табл. 5), кривых в плане (табл. 6), характеристик продольных уклонов (табл. 7); N – интенсивность движения, авт/ч.

Здесь и далее значения интенсивности движения даны в физических единицах транспортных средств, за исключением особо указанных случаев.

Т а б л и ц а 5

Тип разметки	Коэффициент K_α	Тип разметки	Коэффициент K_α
Без разметки	1	То же в сочетании с	0,70
Краевая	0,82	краевой	
Осевая прерывистая	0,76	Сплошная разделительная линия	0,62

Т а б л и ц а 6

Радиус кривой в плане, м	Коэффициент K_α	Радиус кривой в плане, м	Коэффициент K_α
Менее 150	1,92	400	1,10
200	1,15	500	1,02
300	1,11	Более 600	1,00

Т а б л и ц а 7

Длина подъема, м	Коэффициент K_α при уклонах, ‰			
	30	40	50	60
Менее 200	1,10	1,15	1,21	1,30
350	1,11	1,20	1,25	1,32
500	1,19	1,25	1,30	1,36
Более 800	1,22	1,32	1,38	1,45

Для оценки вариантов трассы дороги, схем организации движения и транспортных потерь определяют среднегодовую скорость движения. По рассчитанным средним скоростям движения потока автомобилей строят эпюры скорости для обоих направлений движения.

6. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ДОРОГЕ

Повышенным количеством дорожно-транспортных происшествий и высокой вероятностью появления заторов чаще всего характеризуются участки, в случае если:

а) резко уменьшается скорость движения, преимущественно в связи с недостаточной видимостью и устойчивостью движения. При высокой интенсивности и большой скорости движения возможны наезды на впередиидущие транспортные средства и съезды с дороги. Такие участки, как правило, имеют пониженную пропускную способность;

б) какой-либо элемент дороги не соответствует скоростям движения, обеспечиваемым другими элементами (скользкое покрытие на кривой большого радиуса, узкий мост на длинном прямом горизонтальном участке, кривая малого радиуса в конце затяжного спуска, сужение дороги, скользкие обочины и т.д.). В таких местах чаще всего происходит опрокидывание транспортных средств или их съезд с дороги;

в) из-за погодных условий создается несоответствие между скоростями движения на этих участках и на остальной дороге (заниженное земляное полотно там, где часты туманы, гололед; участки дороги, про-

ходящие по северным склонам гор и холмов или около промышленных предприятий, и т.д.);

г) возможны скорости, которые могут превысить безопасные пределы (длинные затяжные спуски на прямых, одиночные кривые малого радиуса на дороге, про трассированной кривыми больших радиусов);

д) у водителя исчезает ориентировка в дальнейшем направлении дороги или возникает неправильное представление о нем (поворот в плане непосредственно за выпуклой кривой, неожиданный поворот в сторону с примыканием второстепенной дороги по прямому направлению);

е) имеются слияния или перекрещивания транспортных потоков на пересечениях дорог, съездах, примыканиях, переходно-скоростных полосах;

ж) участки проходят через малые населенные пункты или расположенные против пунктов обслуживания, автобусных остановок, площадок отдыха и т.д., имеется возможность неожиданного появления пешеходов и транспортных средств со стороны придорожной полосы;

з) однообразный придорожный ландшафт, план и профиль способствуют потере водителем контроля над скоростью движения или вызывают быстрое утомление и сонливость (длинные прямые участки в степи).

Мероприятия по обеспечению безопасности движения, как правило, улучшают условия движения, снижают задержки и повышают среднюю скорость потока автомобилей.

7. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АВАРИЙНОСТИ

Для получения сопоставимых данных при анализе дорожных условий пользуются системой показателей – коэффициентами относительной аварийности или коэффициентами происшествий.

Для длинных и однородных по геометрическим элементам участков коэффициент происшествий, измеряемый количеством ДТП на 1 миллион автомобиле-километров (ДТП/1 млн авт-км) составит:

$$И = 10^6 z / 365LN, \quad (11)$$

где z – количество происшествий в год; N – среднегодовая суточная интенсивность движения в обоих направлениях, принимаемая по данным учета движения, авт/сут; L – длина участка дороги, км.

Для коротких участков, резко отличающихся от смежных (мосты, перекрестки), коэффициент происшествий измеряют количеством ДТП на 1 миллион автомобилей (ДТП/1 млн авт.):

$$И = 10^6 z / 365N. \quad (12)$$

Коэффициенты, определяемые по этим формулам, могут быть использованы для первичной обработки статистических данных об аварийности отдельных участков. При анализе относительной опасности движения для получения надежной оценки необходимо располагать данными по аварийности не менее чем за 3–5 лет.

Для оценки относительной опасности движения по дорогам следует применять методы коэффициентов безопасности, конфликтных ситуаций, основанные на анализе графика изменения скоростей движения по дороге, и метод коэффициентов аварийности, основанный на анализе данных статистики ДТП.

8. МЕТОД КОЭФФИЦИЕНТОВ БЕЗОПАСНОСТИ

Коэффициентами безопасности называют отношение максимальной скорости движения на участке автодороги к максимальной скорости въезда автомобилей на этот участок (начальная скорость движения).

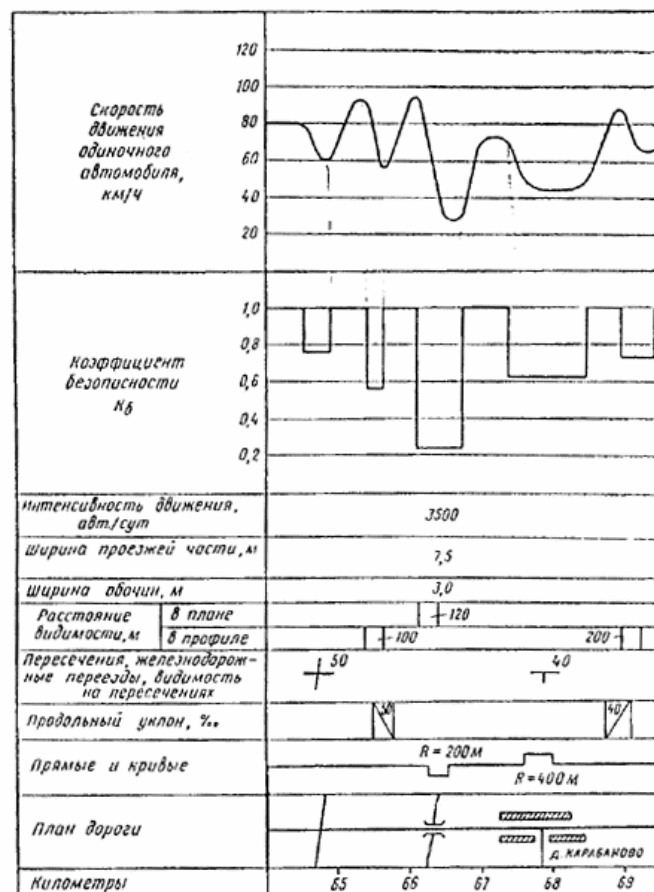


Рис.1.1 Линейный график скоростей движения одиночных автомобилей и график коэффициентов безопасности

Для определения коэффициентов безопасности при построении теоретического графика скоростей движения по дороге в обычную методику расчета скоростей вносят изменения, направленные на учет опасных ситуаций:

а) для реконструируемых дорог не принимают во внимание общие ограничения скорости движения Правилами дорожного движения и местные ограничения скорости (в населенных пунктах, на переездах железных дорог, на пересечениях с другими дорогами, на кривых малых радиусов, в зонах действия дорожных знаков и др.);

б) в случае резкого различия условий движения по дороге в разных направлениях (например, на затяжных подъемах горных дорог) график коэффициентов безопасности можно строить только для того направления, в котором может быть развита наибольшая скорость',

в) не учитывают участки постепенного снижения скорости, необходимые для безопасного въезда на кривые малых радиусов, на пересечениях, узкие мосты, т. е. берут соотношение скорости, обеспечиваемой данным участком, и максимально возможной скорости в конце предшествующего участка.

Для построения графика коэффициентов безопасности (рис. 1) в конце каждого участка определяют максимальную скорость, которую можно развить без учета условий движения на последующих участках.

Участки по опасности для движения оценивают исходя из значений коэффициента безопасности. В проектах новых дорог недопустимы участки с коэффициентами безопасности, меньшими 0,8. В проектах реконструкции и капитального ремонта коэффициенты безопасности принимаются по табл. 8. Начальные скорости и ускорения определяют наблюдениями или с помощью ходовых лабораторий.

Т а б л и ц а 8

Степень опасности участка дороги	Коэффициент безопасности при отрицательных ускорениях, м/с ²	
	0,5–1,5	1,5–2,5
Начальная скорость движения 60–80 км/ч		
Неопасный	Более 0,6	Более 0,65
Опасный	0,45–0,6	0,5–0,65
Очень опасный	Менее 0,45	Менее 0,5
Начальная скорость движения 85–100 км/ч		
Неопасный	Более 0,7	Более 0,75
Опасный	0,55–0,7	0,6–0,75
Очень опасный	Менее 0,55	Менее 0,6
Начальная скорость движения 105–120 км/ч		
Неопасный	Более 0,8	Более 0,85
Опасный	0,65–0,8	0,7–0,85
Очень опасный	Менее 0,65	Менее 0,7

Метод коэффициентов безопасности учитывает движения одиночного автомобиля, что характерно для условий движения на дорогах с малой интенсивностью или часов спада движения на более загруженных дорогах. Это не препятствует его использованию для дорог всех типов, поскольку при высокой интенсивности движения обгоны практически исключаются, а расчет на одиночный автомобиль направлен в сторону запаса безопасности.

9. МЕТОД КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ

Метод конфликтных ситуаций используется при разработке проектов реконструкции сложных участков дорог. Под конфликтной понимается дорожно-транспортная ситуация, возникающая между участниками дорожного движения или движущимся автомобилем и обстановкой дороги, при которой возникает опасность дорожно-транспортного происшествия, если в действиях участников движения не произойдет изменения и они будут продолжать движение. Для использования метода конфликтных ситуаций необходимы данные о режимах движения, получаемые при помощи автомобилей-лабораторий.

Показателем наличия конфликтной ситуации является изменение скорости или траектории движения автомобиля. Степень опасности этой ситуации характеризуется отрицательными продольными и поперечными ускорениями, возникающими при маневрах автомобилей.

Конфликтные ситуации по степени опасности делятся на три типа: легкие, средние, критические (табл. 9).

Т а б л и ц а 9

Критерии конфликтных ситуаций	Начальная скорость движения, км/ч	Отрицательные продольные и поперечные ускорения, м/с ² , для конфликтной ситуации		
		легкой K_1	средней K_2	критической K_3
Отрицательные продольные ускорения	Более 100	0,5–0,9	0,9–1,9	1,9
	100–80	0,5–1,9	1,9–2,6	2,6
	80–60	0,5–2,3	2,3–3,2	3,2
Поперечные ускорения	Менее 60	0,5–2,9	2,9–3,7	3,7
	Более 100	0–0,3	0,3–0,7	0,7
	100–60	0,4–0,6	0,6–1,1	1,1
	Менее 60	0,8–1,2	1,2–1,5	1,5

Число конфликтных ситуаций каждого типа определяется при реконструкции дорог методом наблюдений, а при новом строительстве методами математического моделирования. Количество конфликтных ситуаций, приведенных к критической K' :

$$K' = 0,44 K_1 + 0,83 K_2 + K_3. \quad (13)$$

Коэффициент относительной аварийности

$$И = 0,1 + 0,001 K, \quad (14)$$

где K – количество конфликтных ситуаций на 1 млн авт-км;

$$K = K10^6/(NL), \quad (15)$$

N – интенсивность движения, авт/ч; L – длина участка дороги, км.

Участки по опасности движения оценивают исходя из следующих значений числа конфликтных ситуаций.

Число конфликтных ситуаций на 1 млн авт-км	Менее 210	210–310	310–460	Более 460
Характеристика участка	Неопасный	Мало опасный	Опасный	Очень опасный

В проектах новых дорог не допустимы участки с количеством конфликтных ситуаций более 210. При разработке проектов реконструкции и капитального ремонта следует проектировать участки с числом конфликтных ситуаций более 310.

10. МЕТОД КОЭФФИЦИЕНТОВ АВАРИЙНОСТИ

Коэффициент аварийности представляет собой произведение частных коэффициентов, график учитывающих влияние отдельных элементов плана и профиля,

$$K_{п.п} = \prod_{i=1}^{20} K_i, \quad (16)$$

где K_i – отношение количества ДТП на участке дорог с различными элементами плана и профиля к количеству ДТП на эталонном горизонтальном прямом участке дороги с проезжей частью шириной 7,5 м, шероховатым покрытием и укрепленными обочинами шириной 3,5 м.

Дорожные организации, осуществляя учет и анализ ДТП, могут устанавливать дополнительные коэффициенты, учитывающие местные условия, например частоту расположения кривых, наличие вблизи дороги аллейных насаждений, ирригационных каналов, не огражденных крутых склонов и т.д.

Приведенные ниже значения частных коэффициентов аварийности основаны на анализе статистики ДТП и применимы для дорог в равнинной и холмистой местностях.

Интенсивность движения, тыс. авт./сут	3	5	7	9	11	13	15	20
K_1 (двухполосные дороги)	0,75	1,0	1,30	1,70	1,80	1,5	1,0	0,6
K_1 (трехполосные дороги)	0,65	0,75	0,9	0,96	1,25	1,5	1,3	1,0
K_1 (трехполосные дороги) ²	0,94	1,18	1,28	1,37	1,51	1,63	1,45	1,25

Интенсивность движения, тыс. авт./сут	10	15	18	20	25	28	30
K_1 (четыре полосы движения и более)	1,0	1,1	1,3	1,7	2,2	2,8	3,4
Ширина проезжей части, м	6	7	7,5	9	10,5	14-15 ³	14 ⁴
K_2 при укрепленных обочинах	1,35	1,05	1,00	0,8	0,7	0,6	0,5
K_2 при неукрепленных обочинах	2,5	1,75	1,5	1,0	0,9	0,8	0,7

Ширина обочин, м	0,5	1,5	2,0	3,0	4,0
K_3 (двухполосные дороги)	2,2	1,4	1,2	1,0	0,8
K_3 (трехполосные дороги)	1,37	0,73	0,65	0,49	0,35

¹ При разметке проезжей части на три полосы движения.

² При разметке осевой полосы

³ Без разделительной полосы.

⁴ С разделительной полосой.

Продольный уклон, ‰	20	30	50	70	80
K_4	1,0	1,25	2,5	2,8	3,0

Радиус кривых в плане, м	100	150	200–300	400–600	1000–2000	> 2000
K_5	5,4	4,0	2,25	1,6	1,25	1,0

Видимость, м	50	100	150	200	250	350	400	500
K_6 в плане	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45	1,2	1,0
K_6 в профиле	5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	2,0	1,4	1,0

Ширина проезжей части мостов по отношению к проезжей части дороги	Меньше на 1 м	Равна	Шире на 1 м	Шире на 2 м	Равна ширине земляного полотна
K_7	6,0	3,0	2,0	1,5	1,0

Длина прямых участков, км	3,0	5	10	15	20
K_8	1,0	1,1	1,4	1,6	1,9

Тип пересечения	В разных уровнях	Кольцевые пересечения	В одном уровне при интенсивности движения на пересекаемой дороге, % от суммарной на двух дорогах:		
			1,0	10-20	≥ 20
K_9	0,35	0,70	1,5	3,0	4,0

Пересечение в одном уровне. Интенсивность движения по основной дороге, авт./сут	1600-3500	3500-5000	5000-7000	и более
K_{10}	2,0	3,0	4,0	

Видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дороги, м	60	60-40	40-30	30-20	20
K_{11}	1,0	1,1	1,65	2,5	5,0

Число основных полос на проезжей части для прямых направлений движения	2	3 без разметки	3 с разметкой	4 без разделительной полосы	4 с разделительной полосой
K_{12}	1,0	1,5	0,9	0,8	0,65

Расстояние проезжей части от застройки, м, и ее характеристика	50 ¹⁾	50-20 ²⁾	50-20 ³⁾	20-10 ³⁾	10 ⁴⁾	10 ⁵⁾
$K_{13}^{6)}$	1,0	1,25	2,5	5,0	7,5	10,0

Длина населенного пункта, км	0,5	1	2	3	5	6
K_{14}	1	1,2	1,7	2,2	2,7	3,0

- 1) населенный пункт с одной стороны дороги;
- 2) то же, имеются тротуары или пешеходные дорожки;
- 3) населенный пункт с двух сторон дороги, имеются тротуары и полосы местного движения;
- 4) для местного движения полосы отсутствуют, имеются тротуары;
- 5) полосы для местного движения и тротуары отсутствуют.
- 6) цели при характеристиках застройки, указанных в сносках 3, 4 и 5, населенный пункт находится с одной стороны дороги, значения K_{13} берутся вдвое меньшими.

Длина участков на подходах к населенным пунктам, м	0-100	100-200	200-400
K_{15}	2,5	1,9	1,5

Характеристика покрытий	Скользкое, покрытое грязью	Скользкое	Чистое, сухое	Шероховатое старое	Шероховатое новое
-------------------------	----------------------------	-----------	---------------	--------------------	-------------------

Коэффициент сцепления при скорости 60 км/ч	0,2-0,3	0,4	0,6	0,7	0,75
K_{16}	2,5	2,0	1,3	1,0	0,75

Ширина разделительной полосы, м	1	2	3	5	10	15
K_{17}	2,5	2,0	1,5	1	0,5	0,4

Расстояние от кромки проезжей части до обрыва глубиной более 5 м*, м	0,5	1,0	1,5	2	3	5
K_{18} без ограждений	4,3	3,7	3,2	2,75	2,0	1,0
K_{18} с ограждениями	2,2	2,0	1,85	1,75	1,4	1,0

* При глубине оврага 5 м и менее коэффициент K_{18} принимают равным 1,0.

При построении графиков коэффициентов аварийности вручную значения частных коэффициентов аварийности для разных участков не интерполируют, а принимают ближайшее из приведенных.

При разработке программ для расчетов на ЭВМ можно пользоваться зависимостями частных коэффициентов аварийности от определяющих их факторов.

Для автомобильных дорог в горной местности значения частных коэффициентов аварийности K_1 , K_5 , K_6 , K_{10} следует принимать такими:

Интенсивность движения, авт./сут	0,5	1	2	3	5	7	9	10
K_1	0,1	0,3	0,6	0,75	1,0	1,4	1,8	1,9

Радиус кривых в плане, м	20 и менее	40	50	100	150
K_5	2,7	2,2	2,0	1,3	1,0

Видимость, м	30 и менее	50	100	150
K_6	2,0	1,5	1,2	1,0

Пересечения в одном уровне, интенсивность движения по основной дороге, авт./сут	20 и менее	200-1000	1000-3000	3000-7000	7000
K_{10}	1,0	1,5	2,0	3,0	4,5

Для дорог и горной местности вводятся дополнительные частные коэффициенты аварийности K_{19} и K_{20} , характеризующие особенности движения по горным дорогам:

Расстояние между кромками проезжей части и боковым препятствием, м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
K_{19}	2,0	1,75	1,4	1,2	1,0

Извилистость (количество кривых в плане на 1 км дороги)	Нет	1	2-3	4	5	6	7-8	9-10
K_{20} для радиусов кривых 20–80 м	0,5	2,5	2,0	3,0	3,5	3	2,0	1,0
K_{20} для радиусов кривых более 80 м	0,5	1,0	1,2	2,0	3,5	4,4	–	–

При определении коэффициента, учитывающего влияние радиуса кривых в плане, необходимо вводить поправку на наличие виражей. Оценивая безопасность движения, следует исходить из значений эквивалентных радиусов кривых, допускающих проезд с той же скоростью, что и рассматриваемые кривые, но имеющих уклон виража, равный уклону проезжей части на прямых участках. Значение эквивалентного радиуса:

$$R_{\text{экв}} = \frac{\varphi_{\text{кр}} \pm i_{\text{кр}}}{\varphi_{\text{пр}} + i_{\text{пр}}} R_{\text{кр}}, \quad (17)$$

где R – радиус, м; φ – коэффициент поперечной силы, при расчетах на устойчивость принимаемый равным коэффициенту поперечного сцепления; i – поперечный уклон в десятичных дробях. Индекс «кр» относится к рассматриваемой кривой, а индекс «пр» – к характеристике проезжей части на прилегающем участке.

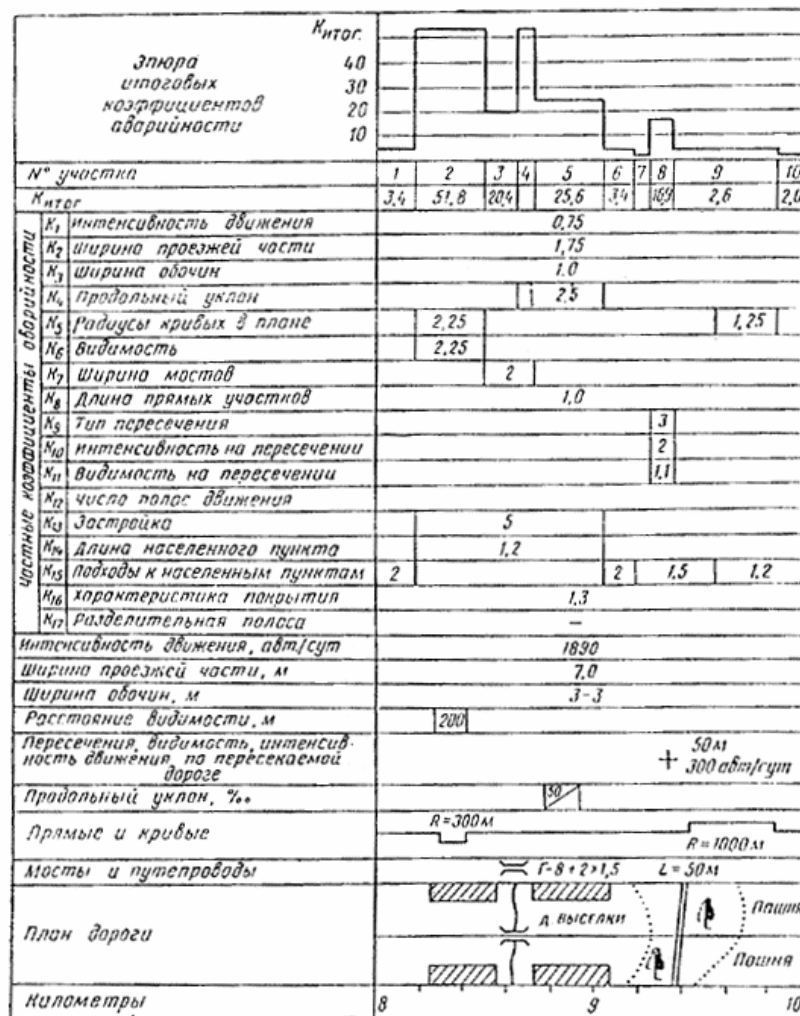


График коэффициентов аварийности

Итоговые коэффициенты аварийности устанавливаются на основе анализа плана и профиля или линейного графика исследуемого участка дороги путем перемножения частных коэффициентов, учитывающих элементы дороги и зоны их влияния (табл. 10).

Т а б л и ц а 1 0

Элементы дороги	Зона влияния
Подъемы и спуски	100 м за вершиной подъема, 150 м после подошвы спуска
Пересечения в одном уровне	В каждую сторону по 50 м
Кривые в плане с обеспеченной видимостью при $R > 400$ м	То же 50 м
Кривые в плане с необеспеченной видимостью при $R < 400$ м	« 100 м
Мосты и путепроводы	« 75 м
Участки в местах влияния боковых препятствий и с глубокими обрывами у дороги	« 50 м
Участки подходов к тоннелям	« 150 м

11. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ДОРОГИ

Определение пропускной способности необходимо для выявления участков возможных заторов, оценки экономичности и удобства движения и выбора методов и средств по улучшению условий движения.

Пропускная способность не остается постоянной по длине дороги в течение года. Максимальные ее значения наблюдаются при благоприятных условиях движения потока легковых автомобилей, минимальные – на сложных участках дорог с несовершенными параметрами плана и профиля при разнотипном составе потока движения – большом количестве тяжелых грузовых автомобилей, автопоездов, автобусов пригородных сообщений, а также при сложных погодных условиях (гололед, снегопад, туман и т. п.).

Различные дороги имеют следующую максимальную пропускную способность (легковых авт/ч):

Двухполосные дороги	2000 в оба направления
Трехполосные дороги	4000 в оба направления
Автомобильные магистрали с 4 полосами движения	2000 по одной полосе
То же, с 6 полосами	2200 по одной полосе
То же, с 8 полосами	2300 по одной полосе

Пропускную способность дороги с учетом влияния различных дорожных условий оценивают введением в расчет коэффициентов снижения ее максимального значения.

Пропускная способность дорог может быть повышена путем:

а) перестройки неудачных сочетаний элементов плана и продольного профиля, не вызывающих резкого изменения скоростей;

б) устранения при реконструкции дорог минимальных значений технических параметров плана и профиля, проложением дорог вне населенных пунктов на достаточном от них удалении для исключения влияния пешеходного движения,

в) уширения проезжей части для разделения потока автомобилей по составу (дополнительные полосы на подъемах, пересечениях, полосы для местного движения, для автобусов) и обеспечения оптимальной загрузки, при которой движение происходит с достаточно высокими скоростями;

г) устройства пересечений с другими дорогами (автомобильными и железными), отвечающих требованиям пропуска интенсивных потоков автомобилей (канализированные пересечения, транспортные развязки в разных уровнях);

д) повышения сцепных качеств и ровности покрытия;

е) обустройства дороги автобусными остановками, подъездами к АЗС, мотелям, площадкам отдыха, освещением, связью и другими элементами инженерного оборудования, обеспечивающими эффективное использование ширины проезжей части и придорожных сооружений без помех для основного движения.

РАЗДЕЛ II

1. ПРИНЦИПЫ НАЗНАЧЕНИЯ РАБОТ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

1.1. Реконструкция автомобильных дорог и ее разновидности

К основным транспортно-эксплуатационным показателям автомобильной дороги относятся обеспеченная скорость, пропускная способность, уровень загрузки ее движением, непрерывность, комфортность и безопасность движения, способность пропускать автомобили и автопоезда с осевой нагрузкой и грузоподъемностью (или общей массой), соответствующими категориями дороги.

Основными параметрами и характеристиками, определяющими транспортно-эксплуатационные показатели дороги, являются:

геометрические параметры, к которым относятся ширина проезжей части и краевых укрепленных полос, общая и укрепленная ширина обочин, продольные уклоны, радиусы кривых в плане и профиле, уклоны виражей и расстояние видимости;

- прочность и состояние дорожной одежды проезжей части и обочин;
- ровность и сцепление покрытий проезжей части и обочин;
- состояние земляного полотна;
- состояние и работоспособность водоотвода;
- габариты, грузоподъемность и состояние мостов, путепроводов и других искусственных сооружений;
- состояние элементов инженерного оборудования и обустройства дороги.

Разработка проектов реконструкции должна быть направлена на увеличение пропускной способности дороги, повышение скорости движения автомобилей и обеспечение безопасности движения.

В переводе с латинского языка слово «реконструкция» означает коренное переустройство, перестройку по новым принципам, восстановление чего-либо по сохранившимся данным и описаниям.

Однозначного определения термина «реконструкция автомобильных дорог» нет, и этим термином обозначают широкий перечень мероприятий и работ, связанных с улучшением и совершенствованием дорог. В то же время имеются и более детальные классификации мероприятий и работ по совершенствованию автомобильных дорог. Разделяют их на несколько видов:

- капитальный ремонт – выборочный ремонт отдельных участков покрытия, восстановление поперечного профиля проезжей части и земляного полотна, улучшение системы водоотвода с восстановлением прочности и условий проезда по искусственным сооружениям. Стоимость работ может изменяться от 3000 долл. за километр для дорог с низшими типами дорожных одежд до более 20000 долл. за километр для дорог с капитальными и облегченными типами дорожных одежд, в зависимости от их типа и состояния;

- реконструкция – работы, обычно проводимые на дорогах, находящихся в плохом состоянии, и заключающиеся в обновлении дорожной одежды с использованием существующего земляного полотна без изменения трассы, но с восстановлением искусственных сооружений;

- восстановление – большие работы, сочетающие элементы капитального ремонта и реконструкции;

- усиление – утолщение дорожной одежды, включающее укладку нового слоя покрытия, которое может сочетаться с термопрофилированием существующего асфальтобетонного покрытия;

- перестройка дорог в целях повышения скорости и безопасности движения и увеличения пропускной способности. Работы предусматривают уширение дороги, улучшение ее проложения на местности с увеличением радиусов кривых или снижением продольных уклонов, сопровождающимися постройкой новых участков дорожной одежды. Стоимость работ может колебаться в широких пределах в зависимости от местных условий и намеченных изменений трассы и дорожной конструкции.

Реконструкция автомобильных дорог – это комплекс работ, связанных с повышением технических параметров эксплуатируемых дорог и дорожных сооружений (в том числе изменение их геометрических параметров и грузоподъемности), благодаря которым увеличивается пропускная способность и повышается безопасность движения.

Реконструкция, как правило, обеспечивает возможность перевода дороги в более высокую техническую категорию, но не приводит к увеличению протяженности дороги. Следовательно, к реконструкции может быть отнесен и комплекс мероприятий по существенному повышению технических параметров и характеристик дорог, обеспечивающих увеличение скорости, пропускной способности, безопасности движения или допустимых осевых нагрузок автомобилей, без перевода в более высокую категорию. В этой связи представляется целесообразным внести уточнения в классификацию дорожных работ, чтобы избежать путаницы в терминологии.

Ремонт автомобильных дорог – это комплекс работ по восстановлению слоя износа дорожного покрытия, улучшению его ровности и повышению сцепных качеств, усилению дорожной одежды и земляного полотна, восстановлению изношенных конструкций и деталей дорожных сооружений или их замене на более прочные и экономичные, а также работ по организации и безопасности движения, в результате которых восстанавливаются транспортно-эксплуатационные характеристики ремонтируемых дорог и дорожных сооружений и обеспечиваются требуемые условия движения.

В этой формулировке необходимо обратить внимание на два обстоятельства: первое, при ремонте восстанавливаются только переменные параметры и характеристики дороги без изменения постоянных параметров и характеристик (ширина проезжей части и земляного полотна, радиусы кривых в плане и профиле, продольные уклоны и т.д.); второе, – задача ремонта состоит в восстановлении транспортно-эксплуатационных характеристик ремонтируемой дороги (ровность, прочность, сцепные качества и т.д.), но не транспортно-эксплуатационных показателей (обеспеченной скорости, пропускной способности и т.д.). Повышение транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги производится на этапе реконструкции. В отличие от действующих ранее классификаций дорожных работ, в которых значительная часть мероприятий по повышению транспортно-эксплуатационных показателей дорог входила в состав работ по капитальному ремонту без перевода дороги в более высокую категорию, в том числе уширение проезжей части, спрямление трассы и смягчение продольного уклона отдельных участков и т.д.

В сложившихся условиях целесообразно выделить частичную и полную реконструкции дороги.

Частичная реконструкция – это совершенствование и повышение параметров и технических характеристик дороги, с целью улучшения ее транспортно-эксплуатационных показателей в пределах установленных норм для дороги данной категории без увеличения ширины земляного полотна на основном протяжении.

Частичная реконструкция применяется в случаях, когда:

- интенсивность движения равна или несущественно выше расчетной для дороги данной категории, но на отдельных участках обеспеченные автомобильной дорогой скорость, безопасность или допустимая осевая нагрузка не отвечают возросшим требованиям;
- отсутствуют финансовые возможности для коренного переустройства дороги или экономически нецелесообразно осуществлять полную реконструкцию.

Полная реконструкция – это коренное переустройство дороги с переводом ее в более высокую категорию с целью приведения дороги в полное соответствие с требованиями сложившегося и перспективного движения автомобилей.

Полная реконструкция автомобильной дороги с расширением земляного полотна или с устройством дополнительного земляного полотна применяется в тех случаях, когда интенсивность движения на существующей дороге увеличилась в 1,5 и более раза по сравнению с расчетной для данной категории и ожидается ее дальнейшее увеличение.

Таким образом, реконструкция – это частичное или полное переустройство дороги для повышения ее транспортно-эксплуатационных показателей. Реконструкция дорог, как правило, не дает прироста протяженности дороги. Наоборот, протяженность ее обычно несколько сокращается. Однако технический уровень дороги, ее инженерное оборудование и транспортно-эксплуатационное состояние при реконструкции значительно улучшаются, а вместе с ними повышаются все транспортно-эксплуатационные показатели.

Реконструкция автомобильной дороги – комплекс работ, при выполнении которых осуществляется изменение параметров автомобильной дороги, ее участков, ведущее к изменению класса и (или) категории автомобильной дороги либо влекущее за собой изменение границы полосы отвода автомобильной дороги.

Капитальный ремонт автомобильной дороги – комплекс работ по замене и (или) восстановлению конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений и (или) их частей, выполнение которых осуществляется в пределах установленных допустимых значений и технических характеристик класса и категории автомобильной дороги и при выполнении которых затрагиваются конструктивные и иные характеристики надежности и безопасности автомобильной дороги и не изменяются границы полосы отвода автомобильной дороги.

Ремонт автомобильной дороги – комплекс работ по восстановлению транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильной дороги, при выполнении которых не затрагиваются конструктивные и иные характеристики надежности и безопасности автомобильной дороги.

Содержание автомобильной дороги – комплекс работ по поддержанию надлежащего технического состояния автомобильной дороги, оценке ее технического состояния, а также по организации и обеспечению безопасности дорожного движения.

В соответствии с Классификацией работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования и

искусственных сооружений на них при **капитальном** ремонте проводятся следующие работы:

1) по земляному полотну и системе водоотвода:

а) устранение деформаций и повреждений элементов земляного полотна (в том числе на пересечениях и примыканиях, площадках для остановки, стоянках транспортных средств, площадках для отдыха, разворотных площадках, тротуарах, пешеходных и велосипедных дорожках, переездах, съездах, подъездных дорогах к объектам дорожно-ремонтной службы, историческим и достопримечательным объектам, паромным переправам и другим объектам);

б) замена изношенных звеньев прикромочных и телескопических лотков, дренажей, водоотводных канав, быстROTOКОВ, водобойных колодцев, перепадов, элементов подводящих и отводящих русел у водопропускных труб, элементов ливневой канализации и других изношенных элементов системы водоотвода (в том числе на пересечениях и примыканиях, площадках для остановки, стоянках транспортных средств, площадках для отдыха, разворотных площадках, тротуарах, пешеходных и велосипедных дорожках, отдельных переездах, съездах, подъездных дорогах к объектам дорожно-ремонтной службы, историческим и достопримечательным местам, паромным переправам и другим объектам);

2) по дорожным одеждам:

а) ликвидация колея глубиной более 45 мм с заменой верхних слоев дорожной одежды методами фрезерования или регенерации на ширину полос наката или на всю ширину покрытия с укладкой одного или нескольких слоев асфальтобетона;

б) восстановление дорожных одежд в местах исправления земляного полотна и водоотвода (в том числе на пересечениях и примыканиях, площадках для остановки, стоянках автомобилей, площадках для отдыха, разворотных площадках, тротуарах, пешеходных и велосипедных дорожках, отдельных переездах, съездах, подъездных дорогах к объектам дорожно-ремонтной службы, историческим и достопримечательным объектам, паромным переправам);

в) перемещение отдельных участков мостовых с полной заменой песчаного основания;

3) по искусственным и защитным дорожным сооружениям:

а) замена балок (более 25 %) в пролетных строениях (абзац в редакции, введенной в действие с 5 октября 2008 года приказом Минтранса России от 6 августа 2008 года N 122, – см. предыдущую редакцию);

б) замена плит проезжей части на сталежелезобетонных (стальных) пролетных строениях;

в) восстановление подпорных стен, противолавинных галерей, навесов, устройство укрепительных и регуляционных сооружений, сооружений для защиты от наледей, оползней и др.;

г) восстановление берегозащитных и противоэрозионных сооружений;

д) восстановление тоннелей, включая замену части (до 50 %) обделки;

е) замена части пролетных строений на новые;

ж) замена звеньев и оголовков водопропускных труб;

з) замена опор при сохранении существующей продольной схемы моста;

и) замена ограждений, перил и тротуаров;

4) по элементам обустройства автомобильных дорог:

а) замена знаков, сигнальных столбиков, барьерных ограждений и шумозащитных сооружений;

б) замена средств организации и регулирования дорожного движения на пересечениях автомобильных дорог с автомобильными дорогами и железными дорогами;

в) нанесение и удаление временной разметки на период капитального ремонта;

г) нанесение постоянной разметки после капитального ремонта;

д) замена элементов пунктов весового и габаритного контроля транспортных средств;

5) прочие работы по капитальному ремонту:

а) изыскание и освоение резервов грунта и месторождений каменных материалов в объемах, необходимых для производства работ на участках капитального ремонта автомобильных дорог и искусственных сооружений, устройство и ликвидация временных объездов и искусственных сооружений на участках капитального ремонта;

б) восстановление очистных сооружений, рекультивация временной полосы отвода, рекультивация земельных участков, ранее занятых под карьерами, резервами, объездными дорогами, неиспользуемыми участками автомобильных дорог, дорожными сооружениями, производственными объектами и др.;

в) проведение инженерных изысканий, специальных обследований и разработка проектной документации на капитальный ремонт, экспертиза проектной документации;

г) обследование и испытание искусственных сооружений после капитального ремонта с составлением технического паспорта, диагности-

ка автомобильных дорог и искусственных сооружений после проведения капитального ремонта;

д) строительный контроль, авторский, технический надзор и научное сопровождение.

К комплексу работ **капитального** ремонта по доведению параметров ремонтируемых участков автомобильной дороги до значений, соответствующих ее фактической технической категории, без изменения границ полосы отвода относятся следующие работы:

1) по земляному полотну и водоотводу:

а) доведение геометрических параметров земляного полотна до норм, соответствующих его категории;

б) поднятие земляного полотна на подтопляемых и снегозаносимых участках, переустройство пучинистых, оползневых и обвальных участков автомобильной дороги;

в) переустройство дефектных элементов земляного полотна и системы водоотвода (в том числе на пересечениях и примыканиях, площадках для остановки, стоянках транспортных средств, площадках для отдыха, разворотных площадках, тротуарах, пешеходных и велосипедных дорожках, отдельных переездах, съездах, подъездных дорогах к объектам дорожно-ремонтной службы, историческим и достопримечательным местам, паромным переправам);

г) устройство земляного полотна и системы водоотвода на площадках для остановки, стоянках автомобилей, площадках для отдыха, разворотных площадках, тротуарах, пешеходных и велосипедных дорожках, отдельных переездах, съездах, подъездных дорогах к объектам дорожно-ремонтной службы, историческим и достопримечательным местам, паромным переправам;

д) повышение прочности земляного полотна с использованием различных материалов;

е) уменьшение крутизны откосов насыпей, выемок и другие работы, обеспечивающие устойчивость земляного полотна;

ж) раскрытие снегонезаносимых выемок, устройство аккумуляционных полок, срезка откосов выемок для обеспечения видимости на кривых в плане и для размещения сбрасываемого снега;

з) переустройство прикромочных и телескопических лотков, дренажей, осушительных канав, быстроток, водобойных колодцев, ливневой канализации;

и) устройство недостающих элементов системы водоотвода (в том числе новых дренажей, прикромочных и телескопических лотков, водоотводных канав, быстроток, водобойных колодцев, перепадов, ливневой канализации и других элементов);

2) по дорожным одеждам:

а) усиление дорожной одежды при несоответствии ее прочности транспортным нагрузкам с исправлением продольных и поперечных неровностей, укладкой выравнивающих и дополнительных слоев основания и покрытия (в том числе с армирующими, трещенопрерывающими и другими материалами), устройство более совершенных типов покрытий с использованием существующих дорожных одежд в качестве основания; перекрытие изношенных цементобетонных покрытий слоями из цементобетона или асфальтобетона;

б) замена дорожной одежды на новую, более прочную и долговечную;

в) уширение дорожной одежды до норм, соответствующих категории ремонтируемого участка автомобильной дороги;

г) укрепление обочин;

д) устройство недостающих бордюров и укрепительных полос по краям усовершенствованных покрытий;

е) укладка основания и покрытия с использованием материалов старого покрытия;

ж) переустройство дорожной одежды на участках образования колеи глубиной более 45 мм с удалением одного или нескольких нестабильных слоев основания;

3) по искусственным и защитным дорожным сооружениям:

а) замена элементов мостового полотна с усилением плит и заменой продольных и поперечных швов омоноличивания сталежелезобетонных пролетных строений;

б) удлинение, замена водопропускных труб;

в) восстановление несущей способности балок пролетных строений и опор с доведением грузоподъемности сооружения до нормативных значений;

г) уширение тротуаров на искусственных сооружениях;

д) уширение пролетных строений без увеличения числа полос движения за счет увеличения ширины полос безопасности (путем добавления крайних балок пролетных строений не более двух с каждой стороны либо за счет тротуаров путем увеличения консолей плиты крайних балок) с доведением их габаритов и грузоподъемности до норм, установленных для данной категории автомобильной дороги;

е) устройство дополнительных вентиляционных штолен и шахт для тоннелей, устройство эвакуационных галерей, а также вентиляции, освещения, систем пожаротушения и связи;

ж) усиление пролетных строений и опор;

з) замена, обустройство недостающими ограждениями безопасности, требующие изменения конструктивных узлов балок пролетных строений;

и) устройство и переустройство берегозащитных и противоэрозионных сооружений;

к) устройство грунтовых банкетов и берм для защиты откосов от размывов;

л) устройство противокаменпадных сеток;

4) по элементам обустройства автомобильных дорог:

а) устройство недостающих переходно-скоростных полос и разделительных островков на съездах и въездах, пересечениях и примыканиях, на автобусных остановках; устройство недостающих аварийных улавливающих съездов (карманов) на затяжных спусках с оборудованием знаками и ограждениями;

б) обустройство ремонтируемых участков автомобильных дорог недостающими дорожными знаками, сигнальными столбиками, ограждениями и электроосвещением;

в) устройство недостающих остановочных и посадочных площадок и автопавильонов на автобусных остановках, туалетов, площадок для остановки или стоянки автомобилей с обустройством для отдыха участников движения, смотровыми ямами или эстакадами, с оборудованием знаками и ограждениями;

г) устройство (монтаж) недостающих средств организации и регулирования дорожного движения, в том числе светофорных объектов, на пересечениях автомобильных дорог с автомобильными и железными дорогами, а также в местах пешеходных переходов в одном уровне.

д) устройство недостающих виражей на опасных для дорожного движения кривых в плане без дополнительного землеотвода;

е) архитектурно-художественное оформление элементов обустройства и благоустройства участков, автомобильных дорог, развязок, площадок отдыха, автобусных остановок, смотровых площадок и других объектов;

ж) устройство пунктов весового и габаритного контроля транспортных средств;

5) прочие работы:

а) восстановление баз противогололедных материалов и подъездов к ним, бурение, оборудование и обустройство недостающих скважин для добычи природных рассолов;

б) перенос и переустройство инженерных коммуникаций (линий электропередач, связи, трубопроводов и др.);

в) устройство временных площадок для складирования материалов и рекультивация земель, нарушенных при проведении ремонтных работ;

г) устройство и ликвидация временных объездов и искусственных сооружений на ремонтируемых участках автомобильных дорог;

д) устройство постоянных снегозащитных сооружений;

е) устройство недостающих пешеходных и велосипедных дорожек без дополнительного землеотвода.

При ремонте автомобильных дорог проводятся следующие работы:

1) по земляному полотну и системе водоотвода:

а) ремонт размытых и разрушенных участков автомобильных дорог, в том числе вследствие пучинообразования и оползневых явлений;

б) восстановление дренажных, защитных и укрепительных устройств, отдельных звеньев прикромочных и телескопических лотков, быстроток и водобойных колодцев, перепадов, подводящих и отводящих русел у мостов и труб, ливневой канализации;

в) укрепление обочин;

2) по дорожным одеждам:

а) восстановление дорожных одежд в местах ремонта земляного полотна;

б) устройство защитных слоев и слоев износа путем укладки выравнивающего (или фрезерования) и одного дополнительного слоя с обеспечением требуемой ровности и сцепных свойств или устройства поверхностной обработки;

в) восстановление изношенных покрытий, в том числе методами, обеспечивающими повторное использование материала старого покрытия; использование армирующих и трещинопрерывающих материалов при восстановлении изношенных покрытий;

г) ликвидация колеи глубиной до 45 мм и других неровностей методами поверхностного фрезерования, укладки нового слоя покрытия или поверхностной обработки;

д) ремонт бордюров по краям усовершенствованных покрытий, восстановление покрытий на укрепительных полосах и обочинах;

е) замена, подъем и выравнивание плит цементобетонных покрытий, нарезка продольных или поперечных бороздок на цементобетонных покрытиях;

ж) перемещение отдельных участков мостовых с частичной заменой песчаного основания;

з) восстановление профиля щебеночных, гравийных и грунтовых улучшенных дорог с добавлением щебеночных или гравийных материалов в количестве до 500 м³ на один километр дороги;

и) нанесение временной разметки на период ремонта, удаление временной разметки и нанесение постоянной разметки после завершения ремонта;

3) по искусственным и защитным дорожным сооружениям:

а) замена на новые отдельных балок пролетных строений (до 25 %), ремонт оставшихся балок, ремонт плит и других элементов пролетных строений;

б) замена отдельных элементов опор;

в) замена отдельных звеньев и оголовков водопропускных труб, исправление изоляции и стыков водопропускных труб с удалением и восстановлением земляного полотна и дорожной одежды над трубами;

г) устройство козырьков вдоль пролетов и сливов с горизонтальных поверхностей опор и пролетных строений;

д) устройство карнизов с фасадов пролетных строений;

е) замена, установка недостающих переходных плит, открылков и шкафных стенок устоев;

ж) устройство и ликвидация временных объездов и искусственных сооружений при ликвидации аварийных и чрезвычайных ситуаций;

з) замена швов омоноличивания балок пролетных строений; восстановление защитного слоя железобетонных конструкций, заделка трещин и другие работы по устранению повреждений;

и) установка лестничных сходов и устройство смотровых ходов;

к) замена деформационных швов;

л) частичная замена (до 25 %) обделки тоннеля, восстановление гидроизоляции; восстановление системы вентиляции, освещения, штолен и скважин для освещения тоннелей и защиты от грунтовых вод; ремонт порталов, восстановление дорожной одежды с восстановлением (заменой) водоотводных лотков и др.;

м) восстановление конусов насыпей регуляционных сооружений, замена укрепления откосов, устройство, замена и восстановление лестничных сходов;

н) восстановление берегозащитных и противозэрозийных сооружений;

о) замена системы водоотвода на мостовом сооружении и в узлах сопряжения с насыпью; восстановление сооружений химической и других видов очистки сточных вод;

п) замена ограждений, перил и тротуаров;

р) восстановление несущей способности тротуаров, перил и ограждений с восстановлением гидроизоляции и системы водоотвода;

с) абзац исключен с 5 октября 2008 года приказом Минтранса России от 6 августа 2008 года N 122 – см. предыдущую редакцию;

т) восстановление пешеходных переходов в разных уровнях;

у) замена или ремонт смотровых приспособлений;

ф) полная замена окраски с удалением продуктов коррозии, зачисткой металла пролетных строений и нанесением грунтовок;

х) замена одежды мостового полотна одновременно с заменой деформационных швов, замена покрытия ездового полотна, замена покрытия тротуаров;

ц) восстановление подпорных стен, противолавинных галерей, навесов, берегозащитных и противоэрозионных сооружений, восстановление укрепительных и регулиционных сооружений, сооружений для защиты от наледей, оползней и др.;

ч) восстановление постоянных снегозащитных и шумозащитных сооружений;

ш) восстановление лесных насаждений, живых изгородей;

щ) восстановление связей пролетных строений;

4) по элементам обустройства автомобильных дорог:

а) восстановление дорожных информационных систем и комплексов, знаков и табло индивидуального проектирования, элементов и систем диспетчерского и автоматизированного управления дорожным движением; автономных и дистанционно управляемых знаков и табло со сменной информацией, светофорных объектов;

б) восстановление существующих переходно-скоростных полос, останочных, посадочных площадок и автопавильонов на автобусных остановках, туалетов, площадок для остановки и стоянки автомобилей;

в) восстановление пешеходных переходов и ремонт тротуаров, пешеходных и велосипедных дорожек;

г) восстановление электроосвещения;

д) восстановление дорожной линейной телеграфной или радиосвязи и других средств технологической и сигнально-вызывной связи; восстановление кабельной сети, технических комплексов управления;

е) восстановление элементов пунктов весового и габаритного контроля транспортных средств;

5) прочие работы по ремонту;

а) рекультивация земель, нарушенных при проведении ремонтных работ;

б) устройство и ликвидация временных объездов и искусственных сооружений ремонтируемых участков, автомобильных дорог;

в) предпроектное обследование и испытание мостовых сооружений, обследование и испытание мостовых сооружений после их ремонта с составлением технического паспорта; проведение диагностики после ремонта автомобильных дорог;

г) разработка проектной документации;

д) строительный контроль, авторский и технический надзор;

е) экспертиза проектной документации.

1.2. Оценка состояния дороги и назначение мероприятий по реконструкции дорог

Степень повышения основных показателей дороги зависит от комплекса реконструктивных мероприятий, предусмотренных проектом реконструкции. Набор этих мероприятий определяется на основании диагностики и оценки фактического технического состояния дороги с учетом прогноза изменения этого состояния при ожидаемой интенсивности и составе движения.

Диагностика – это обследование, сбор и анализ информации о геометрических и технических параметрах и характеристиках, физических свойствах дорог и дорожных сооружений и условиях их работы.

По материалам диагностики осуществляется оценка состояния дороги и дорожных сооружений.

Оценка транспортно-эксплуатационного состояния – это определение степени соответствия фактического состояния дороги и дорожные сооружения предъявленным требованиям.

Задача оценки состоит в сравнении фактических данных о состоянии дороги по установленному перечню параметров, характеристик и показателей с нормативными требованиями, определении расхождений между ними, оценке степени этих расхождений, выявлении и оценке причины возникновения дефектов и расхождений.

В зависимости от степени несоответствия фактического состояния дороги и дорожных сооружений предъявленным требованиям по каждому участку, элементу, параметру и характеристике дороги назначают мероприятия по повышению технического уровня и эксплуатационного состояния дороги, которые могут быть выполнены в рамках ремонта или реконструкции дорог.

Существует несколько методов оценки состояния дорог, которые применяют в настоящее время.

К ним относятся: метод сравнения технических параметров и характеристик, метод сравнения и по техническим параметрам, и по транспортно-эксплуатационным показателям, метод сравнения потребительских свойств.

Суть оценки состояния по техническим параметрам и физическим характеристикам состоит в сопоставлении фактических значений этих параметров и характеристик с требуемыми нормативными или проектными данными.

Если отклонения фактических значений от нормативных или требуемых больше допустимых пределов, назначают ремонтные или реконструктивные мероприятия.

Преимущество этого метода состоит в простоте оценки состояния и назначения ремонтных работ или мероприятий по реконструкции.

Однако этот метод имеет ряд недостатков. Один из них состоит в очень большом числе оцениваемых параметров и характеристик дороги, которые в различных методиках колеблются от 10–15 до 40 и более, причем их оценки могут иметь различные количественные или качественные значения на каждом участке

В этих условиях сделать однозначный вывод об общей оценке состояния дороги, о сравнении общего состояния двух участков дорог или двух различных дорог, следовательно, выбрать объективно обоснованную стратегию по ремонту или реконструкции дорог весьма трудно. Появляется широкое поле для выбора решений в виде различных наборов приоритетных работ, назначаемых экспертно по одному, двум или нескольким показателям независимо от других.

Другой более важный недостаток состоит в том, что методы оценки состояния дорог по степени соответствия их технических параметров и физических характеристик нормативным требованиям в прямом виде не оценивают транспортно-эксплуатационные показатели дорог, т.е. их потребительские свойства. Они оцениваются только косвенно, предположительно.

Комбинированные методы оценки транспортно-эксплуатационного состояния дорог включают в себя оценку дороги по основным транспортно-эксплуатационным показателям и техническим параметрам и характеристикам. Они позволяют оценивать состояние дороги не просто как инженерного сооружения, а как инженерного-транспортного сооружения, предназначенного для обеспечения удобного и безопасного движения автомобилей с высокими скоростями и установленными нагрузками

В этих методах нашли распространение термин «транспортно-эксплуатационное состояние дороги» (ТЭС АД) – комплекс параметров и характеристик технического уровня, эксплуатационного состояния и инженерного оборудования и обустройства, а также термин «транспортно-эксплуатационные показатели дороги» (ТЭП АД), которые непосредственно зависят от транспортно-эксплуатационного состоя-

ния дороги и характеризуют дорогу именно как транспортное сооружение.

К транспортно-эксплуатационным показателям дороги (ТЭП АД) относятся обеспеченная дорогой непрерывность, скорость, удобство и безопасность движения, пропускная способность и уровень загрузки, допустимые габариты, осевая нагрузка и общая масса автомобилей, экологические, эстетические и другие показатели.

Методика оценки достаточно проста: определяют в абсолютной или относительной форме фактические значения транспортно-эксплуатационных показателей и технических характеристик, сравнивают их с нормативными требованиями по каждому параметру и характеристике, получают оценку (рассогласование), с учетом которой назначают мероприятия по ремонту или реконструкции.

Комбинированная система показателей оценки состояния дорог включает в себя следующие показатели:

- скорость движения, оценивается по коэффициенту обеспеченности расчетной скорости в осенне-весенние, переходные периоды года;
- пропускную способность дороги и уровень загрузки дороги движением;
- безопасность движения. Оценивают по трем показателям: коэффициенту происшествий, коэффициенту аварийности и коэффициенту безопасности;
- соответствие фактических геометрических параметров нормативным для данной категории дороги. Оценивают прямым сравнением;
- прочность дорожной одежды. Оценивают коэффициентом прочности;
- ровность покрытия. Оценивается коэффициентом ровности;
- шероховатость и сцепных качеств покрытия. Оценивается показателем скользкости и коэффициентом сцепления по ширине покрытия.

Это основные показатели. Кроме того, по техническим параметрам и физическим характеристикам оценивают состояние обочин, откосов, системы водоотвода. Состояние мостов оценивается в основном определением их грузоподъемности.

Преимущество этого метода состоит в том, что дорога одновременно оценивается по техническим параметрам и характеристикам и по транспортно-эксплуатационным показателям, т.е. по потребительским свойствам.

Главный недостаток этого метода состоит в том, что каждый показатель, параметр и характеристика оценивается отдельно и имеет свои нормативные требования. В результате по итогам оценки на каждом

участке дороги получается от 20 до 80 числовых данных в абсолютной или относительной форме, показывающих совпадения или отклонения от нормативных требований, что существенно затрудняет анализ и формирование вывода о степени соответствия дороги нормативным требованиям, а также назначение и выбор наиболее важных мероприятий по ремонту или реконструкции дороги.

Чтобы упростить решение задачи планирования этих работ применяются различные способы определения весовых коэффициентов, коэффициентов важности, приоритетности, разделения работ на главные и второстепенные. В большинстве случаев это делается экспертным путем, т.е. волевым порядком, что может привести к ошибочным решениям при распределении весьма ограниченных средств на ремонт и реконструкцию автомобильных дорог.

Методика комплексной оценки качества и состояния дорог по их потребительским свойствам. Основана на том, что в рыночных условиях конечной задачей функционирования дорог является обеспечение их высоких потребительских свойств, через которое дорожная отрасль вносит свой вклад в технико-экономические показатели работы автомобильного транспорта, в социальное и экономическое развитие регионов.

Потребительские свойства дорог – совокупность транспортно-эксплуатационных показателей дороги, непосредственно влияющих на эффективность работы автомобильного транспорта и отражающих интересы пользователей дорог.

К потребительским свойствам дорог относятся обеспечиваемые их техническим уровнем и эксплуатационным состоянием скорость, непрерывность, безопасность и удобство движения автомобилей, пропускная способность и уровень загрузки дороги движением, допустимая осевая нагрузка, общая масса и габариты автомобилей, разрешенные для движения, экологическая безопасность.

За интегральный показатель, наиболее полно отражающий основные транспортно-эксплуатационные показатели, принята обеспеченная дорогой скорость движения автомобилей. За дополнительные показатели приняты показатель допустимой грузоподъемности и осевой нагрузки автомобиля и показатели инженерного оборудования и обустройства дороги.

Обобщенная комплексная оценка качества и состояния дороги определяется по формуле

$$П = КП \cdot K_{об}, \quad (18)$$

где КП – комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния дороги; $K_{об}$ – показатель инженерного оборудования и обустройства.

Главное преимущество этого метода состоит в том, что оценка степени соответствия любого параметра и характеристики дороги предъявленным требованиям производится по тому, как количественно данный параметр влияет на обеспеченные дорогой потребительские свойства: скорость, безопасность движения и другие.

Таким образом, на каждом характерном участке оцениваются все параметры и характеристики с учетом их отдельного и совместного влияния на указанные транспортно-эксплуатационные показатели. В результате на каждом участке выявляются конкретные параметры и характеристики дороги и их сочетания, приводящие к снижению потребительских свойств дороги, что дает возможность ранжировать их по степени этого влияния.

Зная степень влияния различных параметров, характеристик и их сочетаний на потребительские свойства, легко назначить конкретные мероприятия по их повышению до любого заданного уровня требований к потребительским свойствам на каждом участке дороги.

Следует иметь в виду, что любой комплекс мероприятий и работ, назначенный по результатам диагностики и оценки состояния дороги, носит предварительный, предпроектный характер и служит основой для принятия решения о ремонте или реконструкции дороги и о выборе стратегии выполнения этих работ.

Окончательные технические решения по конкретным мероприятиям разрабатываются в техническом проекте на реконструкцию дороги, составленном после дополнительных проектно-исследовательских работ с использованием данных диагностики и оценки состояния дороги.

2. ПЕРЕСТРОЙКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ

Реконструкция автомобильной дороги – перевод дороги в более высокую категорию – вызывает ее перестройку. При этих работах наиболее целесообразно сохранить старую дорогу для местного движения, а новую дорогу строить по новому направлению или рядом со старой. Но во многих случаях стремятся совместить новую дорогу со старой. Эти мероприятия обосновываются необходимостью хотя бы частичного использования земляного полотна и дорожной одежды старой дороги. При этом движение переводят на объездные дороги или пропускают по старой со значительным снижением скорости и неудобствами для проезжающих.

Перестройка старой дороги при реконструкции может вызвать следующие варианты. На отдельных участках дорога может проходить по

новому направлению и не затрагивать старую дорогу. В этом случае возведение земляного полотна не вызывает осложнений и его выполняют по общим правилам.

Возможно полное или частичное совпадение новой трассы с осью старой дороги. В этом случае могут быть варианты, когда новая трасса проходит выше оси старой дороги; реже она проходит ниже ее. В зависимости от величины этого возвышения работы могут потребовать только утолщения старой дорожной одежды или использования ее как основания для новой. При значительном повышении необходимо поднятие уровня земляного полотна с проведением необходимых земляных работ.

В большинстве случаев при реконструкции необходимо уширение земляного полотна, так как с повышением категории ширина земляного полотна увеличивается. В зависимости от величины этого уширения назначают способы работ и машины. На участках, на которых намечено увеличение радиусов закруглений, уширение может быть различным на протяжении этих участков. В ряде случаев при реконструкции дороги учитывают замеченные недостатки при ее эксплуатации – наличие участков, подвергающихся воздействиям пучин, оползней, грунтовых вод и др. Это вызывает в свою очередь изменение земляного полотна, работы по удалению пучинистых грунтов, строительству дренажей и других специальных устройств.

Работы по перестройке земляного полотна при реконструкции дороги могут быть очень разнообразными. Они должны быть предусмотрены в проекте реконструкции и по этому проекту выполнены.

Одной из важных особенностей организации работ при реконструкции автодороги является необходимость обеспечения бесперебойного пропуска транспортных средств через участки, где идут работы. Обычно его осуществляют путем устройства временных объездов по грунтовым дорогам, при интенсивном движении и неблагоприятных условиях устраивают твердые покрытия на объездах, что усложняет и удорожает строительство. Поэтому при реконструкции сокращают фронт работ, ведут строительные работы поочередно на каждой половине дороги, планируют так производство работ, чтобы пропуск транспортных средств по объездам приходился на сухое время года. Для бесперебойного и безопасного проезда предусматривают службу технической помощи, специальную сигнализацию, дорожные знаки и ограждения.

Уширение земляного полотна – наиболее часто встречающийся вид работ при реконструкции дороги. Это уширение составляет от 2 до 7 м. На автодорогах I категории приходится для второй проезжей части строить новое земляное полотно. Чаше дороги I категории строят по

новым направлениям, не совмещая их со старой дорогой. При реконструкции дорог, построенных по ранее действовавшим нормам, предусматривавшим меньшую ширину проезжей части и обочин, размеры уширения земляного полотна могут быть разнообразными – от 1 до 10 м. Проведение уширения возможно с двух сторон старого земляного полотна при совпадении новой трассы с осью старой дороги (рис. 2). При назначении такого уширения следует учитывать способ производства работ и особенности землеройных машин. В целях наибольшего сохранения земляного полотна, если оно из доброкачественных грунтов и нет необходимости в их замене, – это послойная присыпка уширяемой части с применением бульдозеров, автогрейдеров и катков. Машины работают на рабочей полосе шириной не менее 2,0–2,5 м. При необходимости подвозки грунта по уширяемой полосе ширина ее должна быть не менее 2,5–3,0 м. При высоких насыпях уплотнение производят катками не ближе чем на 0,5 м от края по условиям техники безопасности, в связи с чем ширина уширения в зависимости от типа катка и автомобилей-самосвалов, подвозящих грунт, должна быть не менее 8 м. Уширение на меньшую величину не может быть выполнено качественно с применением машин, серийно выпускаемых промышленностью. При узких полосах грунт придется подвозить по верху старого земляного полотна и сыпать вниз на уширяемую полосу.

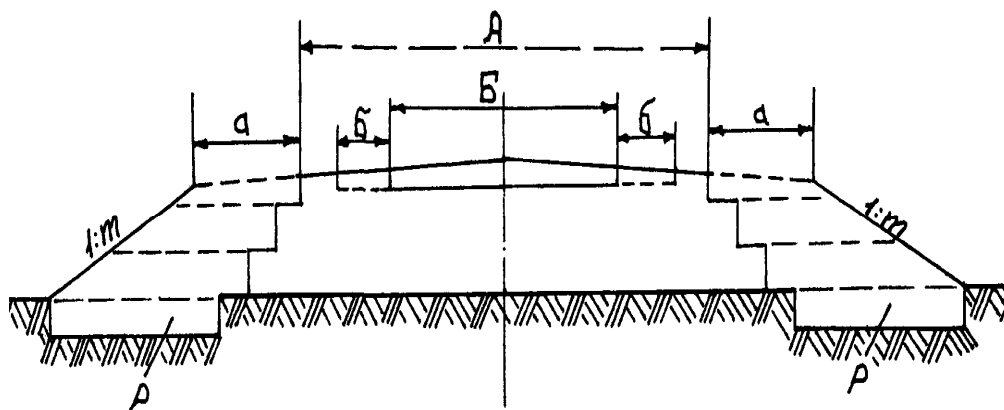


Рис. 2. Симметричное уширение дорожного полотна с обеих сторон:
 А – ширина старого дорожного полотна; а – его уширение;
 Б – старая проезжая часть; б – ее уширение; Р – растительный слой

Недостатком такого способа является трудность разравнивания и невозможность уплотнения грунта. В этом случае дорожная одежда (если уширяемая ее часть попадает на уширенное земляное полотно), особенно капитального типа, может быть устроена только спустя продолжительное время, за которое произойдет естественное уплотнение грунта. Этот период времени измеряется годами и в ряде случаев может оказать решающее значение при выборе варианта.

Для узких полос уширения необходимы специальные машины, что удорожает и усложняет производство работ. Поэтому при необходимости уширения с каждой стороны менее чем на 2,0-2,5 м предпочтительно проведение уширения с одной стороны (рис. 3).

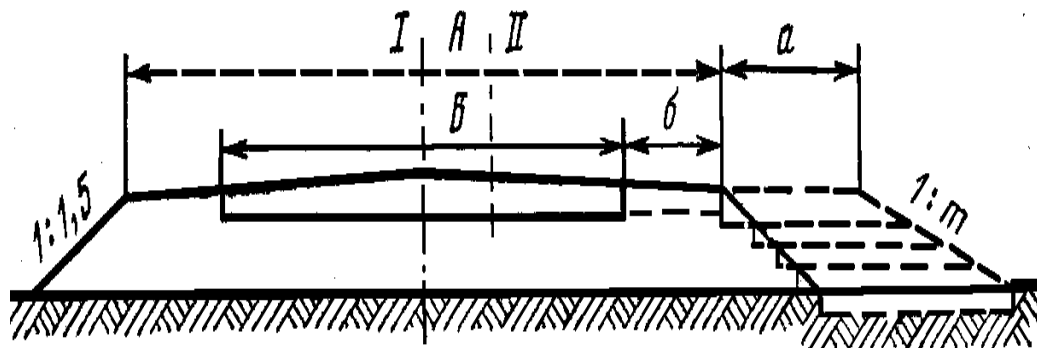


Рис. 3. Одностороннее уширение дорожного полотна:
 А – ширина старого дорожного полотна; а – его уширение;
 Б – старая проезжая часть; б – ее уширение

Однако в этом случае возникает необходимость переноса оси дороги на новое место и соответственно одностороннее уширение дорожной одежды. При этом желательно, чтобы уширяемая часть новой дорожной одежды была расположена в пределах старого земляного полотна с устоявшимися и уплотнившимися за время эксплуатации дороги грунтами. При небольшом уширении земляного полотна (двустороннем и одностороннем), когда новая дорожная одежда не будет расположена над уширяемыми частями насыпи, может быть допустима отсыпка грунта без устройства уступов и хорошего уплотнения. После его естественной осадки и уплотнения легко можно досыпать грунт до проектных отметок и уплотнить обычным способом, применяя серийные машины. На высоких насыпях с крутыми откосами в целях повышения безопасности работ полосу уширения желательно иметь не менее 3–4 м.

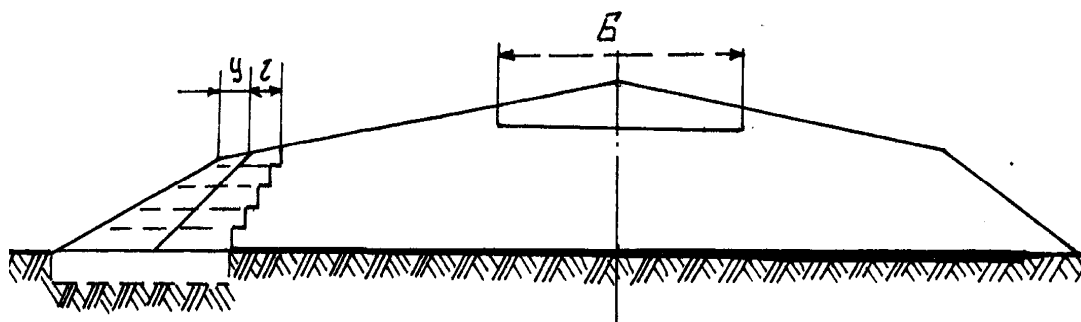


Рис. 4. Одностороннее уширение дорожного полотна с захватом части старого:
 у – проводимое уширение из-за требований механизации работ;
 l – требуемое уширение

Могут встретиться случаи необходимости уширения меньше чем на 1,5–2 м. При этом уширяемую часть увеличивают до 2–3 м, хотя бы и с превышением ширины земляного полотна против нормы, или отказываются от уширения на незначительную величину – 0,5–1 м. Для проведения такого уширения необходимо снять укрепление старого земляного полотна и срезать его для образования из старого и нового грунтов уширяемой полосы шириной 2,5–3 м для возможности прохода грузовых автомобилей и землеройных машин (рис. 4). Возникает также необходимость в уширении земляного полотна в выемках и на косогорах. В этих случаях с учетом глубины выемки и объема работ целесообразно проводить уширение с одной стороны (рис. 5).

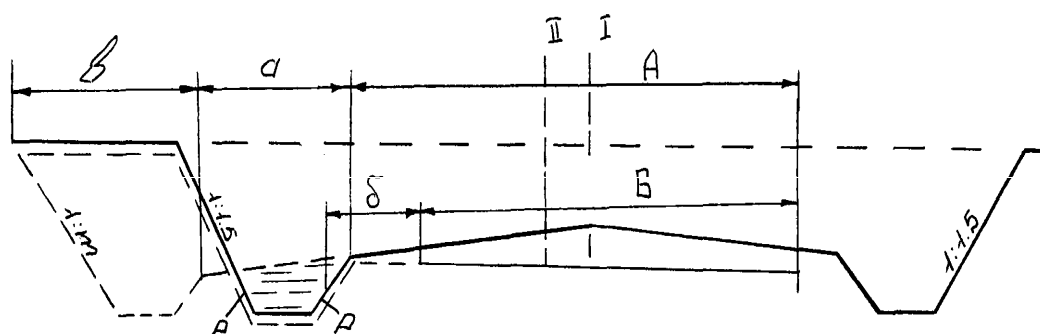


Рис. 5. Одностороннее уширение выемки:
В – уширение выемки, для этого предварительно снимают растительный грунт с откосов

При глубоких выемках растительный грунт снимают экскаватором-драглайном и откладывают в сторону выемки. При неглубоких выемках растительный грунт снимают автогрейдерами или экскаватором с обратной лопатой. После снятия растительного слоя, срезая грунт с откоса, тщательно засыпают и уплотняют грунт в боковой канаве. После такой подготовки выемки начинают разработку уширяемой полосы постепенно с ее начала. Часть грунта откладывают для уширения дорожного полотна, остальной грунт грузят экскаваторами в автомобили – самосвалы, которые отвезут его в места уширения насыпей. Уширяемое земляное полотно должно быть тщательно уплотнено. При устройстве дорожной одежды в тот же год следует уширяемую часть дорожной одежды обязательно располагать на старой части земляного полотна.

Все возможные варианты уширения земляного полотна должны быть рассмотрены при проектировании с учетом различных способов производства работ, в проекте принимают наиболее целесообразный вариант.

Для сопряжения старой насыпи с новой присыпаемой и достижения надежного омоноличивания их сопрягают уступами в виде ступеней. Размеры ступеней по высоте назначают равными толщине слоев

присыпаемой насыпи. Последние назначают в зависимости от вида грунта и уплотняющих машин. Земляные работы ведут по общим правилам производства работ, принятым при новом строительстве. Сначала снимают укрепление откосов и удаляют в сторону. Если укреплением являлся растительный грунт, его срезают автогрейдерами и передвигают в сторону бульдозерами. На высоких насыпях, не доступных для работы автогрейдеров, растительный грунт срезают экскаваторами-драглайнами или с обратной лопатой и грузят в автомобили для отвозки в места возможного их применения или отваливают в сторону для повторного использования на откосах новой насыпи. Растительный грунт также срезают автогрейдерами или бульдозерами с полосы уширения с одновременным устройством примыкания к старой насыпи. Очищенную полосу будущего подстилающего грунта до уплотняют катками. Затем доставляют автомобилями-самосвалами грунт из карьера, разравнивают его автогрейдером и уплотняют катками. По уплотненному первому слою укладывают также второй, предварительно срезав уступ на откосе старой насыпи. Работы ведут поточным способом с последовательным проходом всех машин по сменной захватке. Целесообразно размер захватки назначать по длине равным возможной длине выполняемого участка одного слоя. Для большей устойчивости присыпанных частей насыпи предварительно разрыхляют поверхность откоса старой насыпи экскаватором-драглайном с ковшем с зубьями, а затем после отсыпки грунта уплотняют поверхность откоса и верхнюю часть. Для уплотнения грунта на откосе можно использовать тот же драглайн, оборудованный вместо ковша прицепным катком допустимой для экскаватора массы. Верхнюю часть можно уплотнять трамбующей плитой или площадочным вибратором.

Так же, как и при постройке новой автомобильной дороги, во время производства земляных работ необходимо обеспечивать отвод воды. Это условие выполняют также с соблюдением общих правил (предварительное устройство канав, разработка грунта, начиная с наиболее низких участков местности, а отсыпка – с наиболее возвышенных). При сохранении движения по дороге и двухстороннем уширении сначала полностью уширяют земляное полотно на одной стороне, только потом приступают к уширению на другой. Это целесообразно для большей концентрации работ и не вызывает излишних помех для движения, производя сужение обочин с двух сторон проезжей части. При наличии достаточного парка машин работы можно выполнять последовательно идущими звеньями, работающими на различных слоях с одной или с двух сторон уширяемой насыпи. Нежелательно, чтобы работа этих звеньев происходила одновременно в одном, поперечном профиле,

осложняя этим движение транспорта на дороге. Необходимо обеспечить перевод движения на другие дороги или объезды. Для обеспечения удобного движения автотранспорта объезды должны иметь твердую одежду, обеспечивающую круглогодичное движение (если это необходимо) со скоростью не менее 30 км/ч. Ввиду значительного удорожания работ при проектировании необходимо предусматривать сохранение старой дороги для движения, а новую прокладывать вблизи по улучшенной трассе. При невозможности этого организация работ должна быть такова, чтобы обеспечивать по дороге бесперебойное движение со скоростью не менее 30 км/ч.

В ряде случаев при реконструкции автодороги в целях улучшения и смягчения продольного профиля меняют расположение трассы в высотном положении. При желании улучшить водно-тепловой режим земляного полотна верхнюю часть необходимо отсыпать из доброкачественного грунта, а также изменять продольный профиль путем повышения земляного полотна. По способам работ следует рассматривать три варианта. При первом, когда старая дорожная одежда не представляет ценности, на нее сразу отсыпают земляное полотно. В этом случае старая дорожная одежда может играть роль водо- и паронепроницаемого слоя и улучшить водно-тепловой режим нового отсыпаемого земляного полотна и дорожной одежды. При втором варианте стремятся использовать материал старой дорожной одежды. Поэтому предварительно до отсыпки земляного полотна производят разломку старой одежды, полученные материалы погрузчиками или экскаваторами грузят в автомобили-самосвалы и вывозят для строительства основания новой одежды на участках, где земляное полотно уже отсыпано.

После вывозки материала поверхность оставшегося земляного полотна выравнивают автогрейдерами. По окончании подготовительных работ земляные работы выполняют по общим правилам: послойной отсыпкой с разравниванием и уплотнением.

Однако повышение земляного полотна в редких случаях может ограничиться такими работами. Это возможно только тогда, когда старое земляное полотно имеет достаточную ширину. В большинстве случаев необходимо предварительно провести уширение земляного полотна с учетом, чтобы при выдерживании требуемой крутизны откосов и необходимой ширины дорожного полотна расстояние между бровками в готовом виде соответствовало бы современным нормам (рис. 6). Таким образом, предварительно осуществляют одно- или двухстороннее уширение земляного полотна. При этой работе упрощается решение, так как при отсутствии дорожной одежды ось ее может быть назначена в любом месте нового земляного полотна.

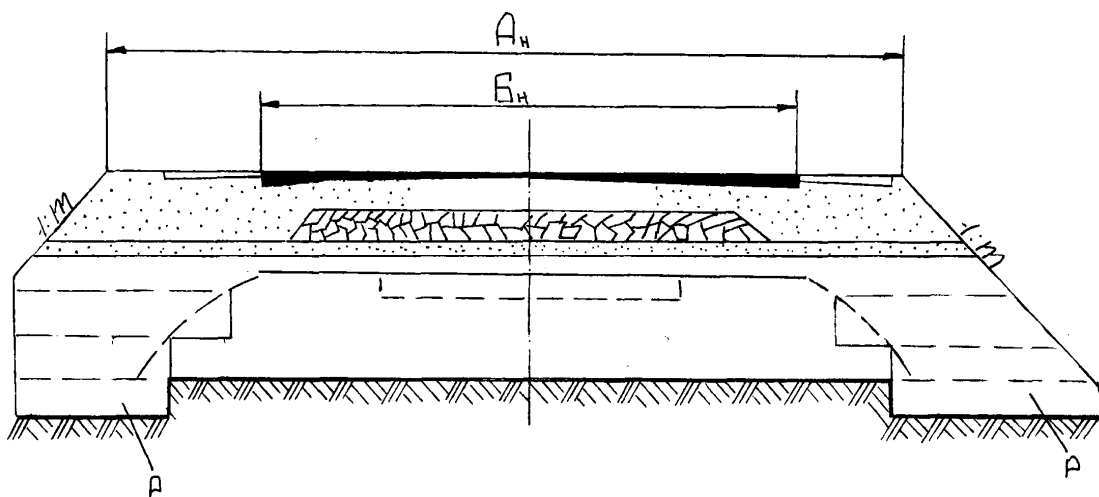


Рис. 6. Повышение земляного полотна:
 A_n – ширина нового дорожного полотна;
 B_n – ширина новой проезжей части; P – растительный грунт

Досыпать и уширять насыпи следует теми же грунтами, из которых была сооружена старая насыпь. При повышении отметок в выемке работы облегчаются тем, что в большинстве случаев выемку можно расширять односторонне. После снятия растительного слоя на участке будущей присыпки засыпают боковую канаву и производят уширение насыпи, как было указано ранее. После проведения уширения отсыпают грунт на всю ширину будущего дорожного полотна.

2.1. Подготовительные работы

Подготовительные работы должны быть выполнены до начала реконструкции дороги. В состав основных подготовительных работ входят: создание геодезической разбивочной основы; перенос и переустройство воздушных и кабельных линий электропередачи, линий связи, различных трубопроводов, коллекторов и других коммуникаций, расчистка дорожной полосы и территорий, отведенных под карьеры и резервы, подготовка и усиление местных дорог, на которые планируется перевести движение с реконструируемой дороги, или строительство объездных дорог, а также строительство временных дорог к грунтовым карьерам и карьерам песчаных, гравийных и каменных материалов.

В состав дополнительных работ и мероприятий входят: снятие существующих знаков, ограждений, направляющих столбиков, столбов и мачт для осветительных фонарей; разборка и удаление павильонов на автобусных остановках; разборка укреплений откосов, водоотводных лотков и канав; разработка схем движения транспорта на участке реконструкции дороги и т.д.

Геодезической разбивочной основой на местности служат знаки, закрепляющие в плане вдоль дороги вершины углов поворотов и главные точки кривых, а также точки на прямых участках не реже чем через 1 км, и реперы вдоль дороги не реже чем через 2 км. Основные знаки и реперы должны иметь надежную конструкцию в виде столбов или свай, установленных за границами полосы отвода в соответствии со специальными требованиями.

Перед выполнением земляных работ производится детализация геодезической разбивочной основы. При этом делают разбивку всех пикетов и плюсовых точек с выносом их за полосу отвода; устанавливают дополнительные реперы у насыпей высотой свыше 3 м за пределами подошвы, у выемок глубиной более 3 м за бровками откосов, у реконструируемых искусственных сооружений устанавливают промежуточные реперы на пересеченной местности; разбивают круговые и переходные кривые с выноской и закреплением промежуточных точек. Детальную разбивку можно выполнять не одновременно на всей протяженности реконструируемой дороги, а по мере продвижения фронта работ с заданием, учитывающим скорость потока.

На участках, где предусмотрено уширение земляного полотна, смягчение продольного уклона, замена пучинистого грунта на непучинистый, снимают существующие дорожные знаки, направляющие столбики, ограждения, мачты освещения, павильоны на автобусных остановках и все другое инженерное оборудование и обустройство, которое может помешать производству работ по возведению земляного полотна и дорожной одежды.

Разборке подлежат также укрепления откосов насыпей и выемок, водоотводных лотков и канав.

На участках двустороннего уширения все работы выполняют с обеих сторон дороги, а на участках одностороннего уширения – с одной стороны.

Виды и состав средств механизации, применяемых для снятия инженерного оборудования и обустройства, а также укрепления откосов зависят от их видов, материалов и объемов работ.

Большие трудности при реконструкции дороги возникают с переносом и переустройством воздушных, наземных и подземных коммуникаций. Как правило, за время от строительства до реконструкции дороги она обрастает различными видами коммуникаций, имеющих, а чаще не имеющих отношения к самой дороге. Это линии технологической и общей связи, проводной и кабельной, линии электропередач в виде воздушных линий или кабелей высокого напряжения, наземных и подземных трубопроводов, коллекторов и других коммуникаций. Чаще

все эти коммуникации расположены в полосе отвода дороги или на определенном расстоянии от нее и могут быть повреждены в процессе производства работ по реконструкции дороги. Нередки случаи, когда кабели линий связи и электроснабжения осветительных систем уложены непосредственно в тело земляного полотна. Поэтому необходимо уделять особое внимание работам по переносу и переустройству инженерных коммуникаций, обозначению мест их расположения около дороги.

Работы по переносу и переустройству коммуникаций должны производиться по специальным проектам специализированными организациями по отдельному графику, согласованному с подрядной организацией, осуществляющей основные работы по реконструкции дороги.

В случае когда возведение земляного полотна опережает устройство пересекающих дорогу подземных коммуникаций, необходимо на основании согласований с заинтересованными организациями предусматривать предварительную укладку кожухов или других устройств для последующей прокладки коммуникаций без нарушения целостности земляного полотна.

До начала земляных работ расчищают дорожную полосу и площади, отведенные для карьеров, резервов, зданий и сооружений, от леса, кустарника, пней, порубочных остатков, крупных камней, строительного мусора и т.д.

Расчистку дорожной полосы осуществляют по отдельным участкам в порядке очередности выполнения земляных работ теми же методами и средствами, что при строительстве новых дорог. Боковые кювет-резервы, из которых возводилась насыпь, особенно во II дорожно-климатической зоне, как правило, зарастают болотной растительностью и влаголюбивым кустарником. Работы по расчистке дорожной полосы производят кусторезом или бульдозером в летнее время и в начале сухой осени, поскольку весной в резервах и водоотводных канавах имеется поверхностная вода.

После расчистки дорожной полосы на всей площади, где предусмотрены земляные работы, снимают плодородный слой почвы, на глубину, определенную проектом, и укладывают его в отвалы для последующего использования при восстановлении (рекультивация) нарушенных и малопродуктивных сельскохозяйственных земель, а также при благоустройстве площадок. Однако при реконструкции дорог необходимо обращать особое внимание на качество и состав плодородного слоя, снимаемого с поверхности дорожной полосы, непосредственно примыкающей к существующей дороге.

Установлено, что при высокой интенсивности движения в полосе шириной до 30–50 м от бровки земляного полотна, может происходить загрязнение почвы выше допустимых пределов транспортными выбросами, которые содержат свинец, цинк, медь, нитраты, а также хлориды. В этом случае загрязненную почву складировать отдельно и затем используют в нижних слоях при засыпке оврагов, благоустройстве площадок и т.д.

В первую очередь это относится к грунту, который снимают с откосов насыпей и выемок, а также с откосов, дна боковых канав и резервов.

Снятие плодородного грунта выполняют автогрейдерами и бульдозерами. На участках высоких насыпей и глубоких выемок эти работы производят скребком или ковшом экскаватора-драглайна или экскаватора с телескопической стрелой.

Особое место в подготовительных работах занимают мероприятия по организации движения автомобилей при реконструкции дороги, которое существенно возрастает из-за движения построечного транспорта. Организация движения транспортного потока решается с учетом интенсивности движения, видов работ по реконструкции дороги, протяженности реконструируемых участков, наличия рядом других дорог, рельефа местности и других местных условий.

Лучшим для безопасного производства работ является вариант переноса движения с реконструируемого участка дороги на другие дороги, проходящие параллельно участку реконструкции. Во многих случаях для снятия движения с реконструируемого участка дороги на время производства работ строят специальные объезды (рис. 7). Тип и капитальность дорожных одежд на объездных дорогах должны соответствовать интенсивности переведенного на них автомобильного движения с учетом намечаемого срока действия объездной дороги.

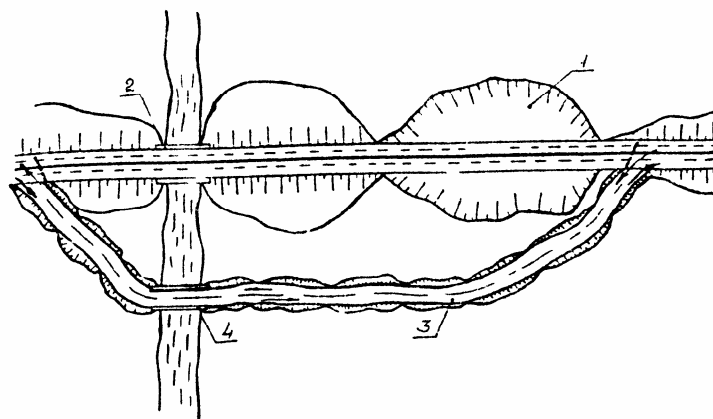


Рис. 7. Схема объезда участка реконструкции дороги:
1 – реконструируемая выемка; 2 – насыпь; 3 – объездная дорога;
4 – временный низководный мост

Распространенным является вариант закрытия одной половины проезжей части с пропуском движения по другой половине. Для этого устраивают дорожную одежду на всю ширину обочины и организуют дополнительную полосу движения.

Во всех случаях необходима разработка специальных схем организации движения расстановки знаков, ограждения и освещения участков производства работ в соответствии с требованиями действующих правил [3, 5].

2.2. Способы уширения насыпей и выемок

При реконструкции автомобильных дорог на многих участках устраивают новое земляное полотно, процесс возведения которого ничем не отличается от строительства дороги и в данном пособии не рассматривается. Такие работы выполняют на участках спрямления трассы, значительного увеличения радиусов кривых в плане, на участках обходов населенных пунктов, обходов оползней, осыпей и т.д.

Гораздо чаще в процессе реконструкции выполняют работы по уширению земляного полотна для строительства дополнительных полос проезжей части, переходно-скоростных полос, площадок для стоянки автомобилей или просто для доведения ширины земляного полотна до норм категории, установленной для данной дороги.

Опыт показывает, что добиться устойчивой многолетней совместной работы старого и нового (уширенного) земляного полотна очень трудно. Во многих случаях наблюдаются деформации нового земляного полотна в местах соединения со старым. Поэтому везде, где это возможно, следует избегать уширения земляного полотна.

При реконструкции автомобильных дорог обычно стремятся полностью использовать «здоровое» земляное полотно. Под «здоровым» земполотном понимают отсутствие в нем висячих горизонтов воды (верховодка) вследствие неблагоприятного взаиморасположения фильтрующих и малопроницаемых грунтов, склонных к морозному пучению.

Уширение земляного полотна может быть односторонним или двухсторонним (рис. 8)

Двухстороннее, или симметричное, уширение – это уширение, при котором ось существующей дороги остается без изменения и совмещается с осью уширенной дороги. При этом уширение происходит путем досылки насыпи или срезки откосов выемки с двух сторон. Такое уширение может быть целесообразным при высоте насыпей и глубине выемок до 2–3 м.

Преимущество этого варианта состоит в том, что дорожная одежда после ее уширения располагается на прочном, хорошо сформировавшемся земляном полотне, что обеспечивает возможность создания прочной и долговечной дорожной одежды.

Недостатки такого варианта уширения состоят в том, что необходимо с двух сторон снимать и устанавливать инженерное оборудование, переносить и переключать воздушные, наземные и подземные коммуникации, удлинять трубы и уширять мосты, переустраивать систему водоотвода и дренажа и т.д. Насыпи высотой до 2 м чаще всех уширяют по двухсторонней схеме.

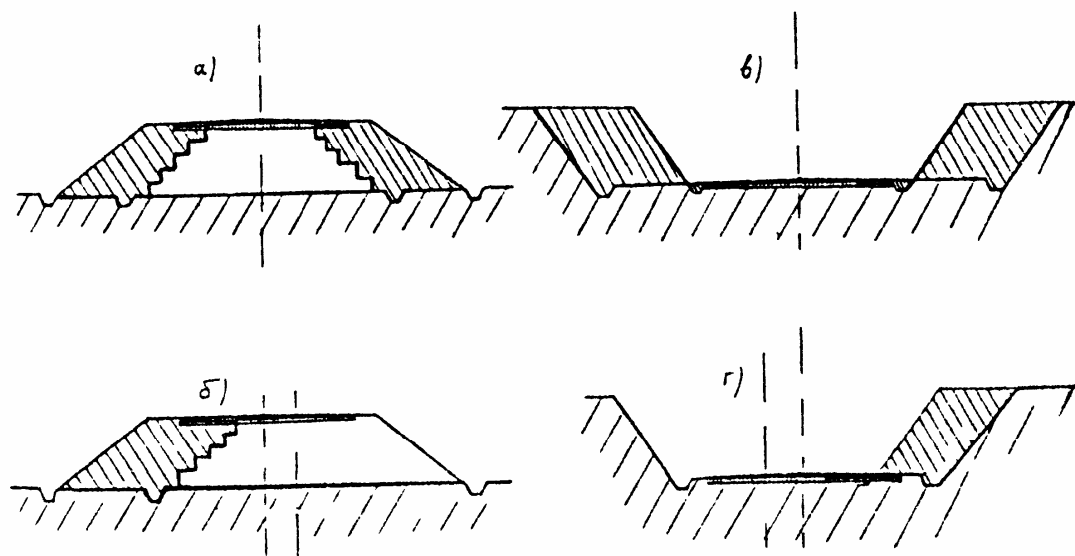


Рис. 8. Схемы уширения земляного полотна:
а, б – двухстороннее и одностороннее в насыпях; в, г – двухстороннее и одностороннее в выемке

Одностороннее или несимметричное – это уширение, при котором ось реконструируемой дороги смещена в сторону от оси старой дороги, а уширение происходит путем досыпки насыпи или срезки откоса выемки с одной стороны.

Преимущество этого варианта состоит в том, что все работы по уширению земляного полотна сосредоточены с одной стороны, благодаря чему создаются лучшие условия для работы дорожных машин и сами работы по возведению земляного полотна могут быть выполнены более качественно. Сокращаются объемы работ по снятию и установке инженерного оборудования, переносу и переустройству коммуникаций, системы водоотвода, дренажа и т.д.

Главный недостаток одностороннего уширения состоит в том, что часть ширины новой дорожной одежды располагается на старом земляном полотне, а часть на свежеложенном грунте, которому трудно

придать такую же степень уплотнения и устойчивость, как у старого земляного полотна.

В результате создается не равнопрочная дорожная конструкция (земляное полотно плюс дорожная одежда) и возникают продольные трещины в дорожной одежде по стыку старого и нового земляного полотна. Опыт реконструкции автомобильных дорог показывает, что даже при устройстве различных прокладок и усилений по зоне стыка полностью избежать образования продольных трещин не удастся.

Кроме того, при одностороннем уширении проезжей части увеличивается потребность в материалах для устройства покрытия из-за необходимости укладки дополнительного слоя покрытия, чтобы переместить ось проезжей части и обеспечить равный поперечный уклон покрытия на обеих полосах движения.

При уширении земляного полотна, чтобы избежать переувлажнения грунта перед началом основных работ, после снятия растительного слоя необходимо обеспечить поверхностный водоотвод на период реконструкции дороги. Для этого производят планировку поверхности и нарезку временных канав автогрейдером с отводом воды в пониженные места.

Существуют определенные различия в технологии работ по уширению насыпей и выемок (рис. 9).

Уширение насыпей высотой до 2 м, как правило, начинается с засыпки боковых канав или кювет-резервов, из которых была возведена насыпь. Засыпка производится послойно местным грунтом с тщательным уплотнением до коэффициента уплотнения $K_u=1$.

В нижней части насыпи при небольшой ширине канав грунт уплотняют вибротрамбующими машинами типа БТМ-1 массой 5 тонн производительностью 50–60 м³/ч с частотой не менее 1200–1500 уд/мин или малогабаритными виброуплотнителями типа ВУ-800 и ВУ-1500 массой 45 и 82 кг, частотой вибрации 100 и 70 Гц, размером плит 450×350 мм и 620×450 мм, глубиной уплотнения 20–25 см и рабочей скоростью 20 м/мин.

Несколько реже используют вибромолот шириной захвата 0,8 м с рабочим органом, навешенным сзади бульдозера типа Д-535. На его отвале монтируют планировочную плиту, предназначенную для разравнивания грунта. При скорости движения уплотняющей машины 380 м/ч слой уплотняемого грунта до коэффициента уплотнения 0,95–1,00 достигает толщины 0,35 м. Увеличение скорости до 450–550 м/ч возможно, если снизить толщину уплотняемого слоя до 0,3 м. Вибромолотом можно уплотнять грунт и в широких траншеях.



Рис.9. Последовательность работ при уширении земляного полотна

После окончания засыпки боковых водоотводных канав и оформления акта на скрытые работы приступают к работам по собственно уширению земляного полотна. Важной задачей при этом является обеспечение надежного сопряжения присыпаемого грунта с грунтом существующего земляного полотна. Для этого при высоте насыпи до 2 м и крутизне косоголов до 1,5 достаточно разрыхлить грунт на откосах рыхлителем на глубину 0,2–0,25 м.

На более высоких насыпях и косоголовах крутизной до 1:3 на откосах бульдозером или автогрейдером нарезают уступы высотой до 0,5 м с уклоном 50%. В насыпях земляного полотна из песчаных грунтов уклон уступов делают к оси дороги, а в глинистых – от оси дороги.

Вначале нарезают нижний уступ, затем вышерасположенный и грунт постепенно перемещают на нижний уступ, распределяя его заданной толщиной слоя, и тщательно равномерно уплотняют.

Уплотнение является одной из важнейших операций при уширении земляного полотна, особенно на уступах. При симметричном уширении насыпей высотой до 2 м с учетом уположения их откосов до 1:3 – 1:4 ширина досыпаемой полки составляет около 3 м, что позволяет разравнивать грунт бульдозером и уплотнять по челночному способу любыми самоходными катками. Толщину уплотняемого слоя принимают из расчета коэффициента уплотнения не менее плотности грунта реконструируемой насыпи, но не ниже $K_y = 1.0$.

При двухстороннем уширении ширина полосы уширения может составлять до 1 м. В этом случае при высоте насыпи более 2 м по технологическим условиям величину уширения приходится увеличивать на 1,0–1,5 м, чтобы обеспечить возможность работы бульдозера, автогрейдера и уплотняющих машин на уступах и присыпаемых слоях. Лишний грунт после отсыпки насыпи срезают и используют либо для уположения откосов, либо перемещают на соседний участок уширения. Это еще один из недостатков двухстороннего уширения.

Исключительно большое влияние на прочность земляного полотна и устойчивость откосов насыпей при уширении имеет выбор грунтов для уширения и их расположение в теле земляного полотна.

Опыт реконструкции дорог позволил выработать ряд требований к земляному полотну в местах уширения, а именно:

- укладывать новые грунты в насыпь слоями, по возможности соблюдая их взаиморасположение и придавая им поперечный уклон в сторону откосов, чтобы предупредить застой воды на поверхности отсыпанных слоев (так называемой верховодки);

- фильтрующие грунты укладывать в верхнюю часть земляного полотна и в откосы, которые больше подвергаются воздействию погодных условий. При укладке фильтрующих грунтов в нижние слои толщину слоя следует принимать не меньше высоты капиллярного поднятия для этих грунтов;

- степень уплотнения отсыпаемых слоев должна быть не меньшей, чем существующего земляного полотна; по степени увлажнения грунт должен относиться к разновидности нормально влажных грунтов (СНиП 2.0502–85, табл. П2.11 и прил. П2.12),

- крутизну откосов принимать согласно требованиям повышения безопасности движения и категориям автомобильной дороги;

- если откосы отсыпают из песков, то их необходимо укреплять одновременно с производством земляных работ, чтобы предупредить размывы;

- не рекомендуется применять крупнообломочные горные породы, алевролиты, глинистые сланцы, мергели, оглоенные подзолистые, а также иловатые почвогрунты.

Соблюдение этих требований необходимо для обеспечения прочности и устойчивости земляного полотна после реконструкции. Особенно важно соблюдать требования по однородности грунтов. При насыпях высотой до 2 м, симметрично уширяемых, могут применяться любые грунты, поскольку крутизна откосов составляет 1:3. При высоте свыше 2 м, а на дорогах I категории – 3 м, пригодны только песчаные грунты. На сухих участках (I тип увлажнения) возможно использование и супесчаных, но не пылеватых грунтов с одновременным укреплением откосов.

Если местность относится ко 2-му и особенно 3-му типу увлажнения, то в нижнюю часть полосы уширения рекомендуется укладывать песчаный грунт с коэффициентом фильтрации 1 м/сут и более и высотой капиллярного поднятия до 35 см. Тогда ограничивается поступление воды в рабочий слой, который может быть отсыпан и из связных грунтов.

На участках с необеспеченным поверхностным стоком, а также над участках 3-го типа увлажнения на полосе уширения нижнюю часть насыпи обязательно нужно отсыпать из грунтов с коэффициентом фильтрации 3 м/сут и более, высотой капиллярного поднятия до 25 см.

Ограничения по погодным условиям: грунт, разрабатываемый в боковом резерве и уплотняемый в насыпи, должен быть в талом состоянии. При выпадении жидких атмосферных осадков в процессе выполнения работ по согласованию с инженером решается вопрос о перерыве в работах.

В связи с большими трудностями отвода земель в настоящее время не удастся устраивать боковые резервы вдоль дорог. В большинстве случаев грунт для уширения берут из грунтовых карьеров, которые могут быть пригодны к применению не во всех споях земляного полотна или требуют специальных мер для предохранения их от увлажнения. Поэтому особенно строго следует выполнять требования к расположению грунтов в слоях насыпи согласно СНиП 2.0502–85. При уширении насыпей из крупнообломочных грунтов необходимо применять заполнитель из глинистых грунтов, причем верхнюю часть толщиной не менее рабочего слоя рекомендуется возводить из обломков крупностью до 250 мм. Большого размера обломки используют для возведения ниж-

ней части насыпей, но их размер не должен превышать $2/3$ толщины уплотняемого слоя. В крупнообломочных грунтах желательно, чтобы содержание глинистого заполнителя составляло около 30 % с влажностью, равной оптимальному значению. При соблюдении этих требований предупреждаются просадки. В крупнообломочных грунтах либо отходах промышленности влажность раздробленной мелкозернистой их части должна соответствовать тугопластичной консистенции (коэффициент консистенции должен составлять около 0,3 %).

Крупнообломочные грунты с пределом прочности на сжатие не менее 0,5 МПа уплотняют в два этапа: на первом этапе применяют кулачковые катки массой свыше 25 т, а на втором – катки вибрационные массой не менее 10–12 т с количеством проходов по одному следу 10–12.

Из-за ограниченной возможности отвода земель под грунтовые карьеры в некоторых случаях для уширения земляного полотна могут быть использованы различные отходы промышленности и, прежде всего, металлургические шлаки и золошлаковые отходы тепловых электростанций. Их применение требует особого внимания к однородности состава, технологии производства работ, уплотнению и контролю качества. Особое внимание необходимо уделять уплотнению грунта в уширяемой части насыпи. Во всех случаях необходимо стремиться к тому, чтобы коэффициент уплотнения был не менее 1,0. Это позволит избежать просадок и снизить вероятность пучинообразования, существенно повысить прочность земляного полотна. Уширение выемок на практике производится значительно реже, чем насыпей, и по несколько иной технологии.

Выемки глубиной до 2 м уширяют, как правило, бульдозером или экскаватором. После снятия растительного слоя так же, как и при уширении насыпи, выполняют работы по засыпке боковых кюветов с послойным уплотнением грунта. Затем разрабатывают откосы выемки на заданную ширину с перемещением грунта в насыпь или в отвал или с погрузкой его в самосвалы и транспортировкой на место отсыпки. После этого бульдозером или планировщиком выполняют планировку откосов, нарезают водоотводные лотки автогрейдером или канавокопательем, а затем при необходимости укрепляют откосы. В мокрых выемках глубже 6 м уширение производят экскаватором с обратной лопатой или экскаватором-драглайном, располагая их у верхней бровки выемки.

В последнее время вместо боковых канав в выемках глубиной свыше 1–2 м рекомендуется устраивать укрепленные лотки треугольного или округлого сечения, предназначенные только для отвода поверхностной воды.

Преимущества лотков по сравнению с глубокими кюветами или водоотводными канавами в выемках заключаются прежде всего в повышении безопасности движения. Менее размываются их откосы. В них практически не застаивается поверхностная вода, и потому они не зарастают болотной растительностью, но зарастают травой и их не нужно укреплять. Их легче прочищать механизированным способом.

Существующее мнение, что глубокие кюветы и водоотводные каналы способствуют осушению земляного полотна, является не вполне обоснованным. При глубоких кюветах, заполненных снегом, скорость оттаивания грунта на обочинах обычно в 5–6 раз меньше, чем под дорожной одеждой. Значит, глубокие кюветы и водоотводные каналы не в состоянии осушить в период оттаивания земляное полотно. В районах же с равнинным характером местности чаще всего глубокие кюветы и водоотводные каналы на десятках километров заполнены водой.

Практика показала, что в канавах, особенно глубоких и тем более заросших влаголюбивым кустарником, круглый год стоит поверхностная вода. Таким образом, вместо пользы глубокие кюветы и водоотводные каналы ухудшают водно-тепловой режим земляного полотна во время его оттаивания.

Перестраивая земляное полотно, особое внимание следует уделять системе водоотвода: восстановлению или устройству новых боковых канав, в том числе и отводящих воду в сторону от полотна, в пониженные места или к водопропускным сооружениям, дренажам для перехвата, сбора, отвода и понижения уровня грунтовых вод, водоотводных лотков и водобойных колодцев и т.д.

2.3. Исправление продольного профиля

Исправление продольного профиля при реконструкции дороги осуществляется путем увеличения высоты насыпей и глубины выемки существующей дороги. Увеличение высоты насыпей производят на снегозаносимых участках с целью поднятия бровки земляного полотна до отметки снегонезаносимой насыпи; на пучинистых участках и участках с высоким уровнем грунтовых или стоячих поверхностных вод до отметки, превышающей капиллярное поднятие воды, и на участках смягчения продольного уклона. Существующие насыпи высотой более 3 м повышают только в исключительных случаях.

Увеличение глубины выемки обычно связано с необходимостью смягчения продольного уклона, увеличения видимости в продольном профиле на вертикальных выпуклых кривых. Иногда увеличение глубины выемки требуется по условиям строительства путепровода над

существующей дорогой, для пропуска другой автомобильной или железной дороги.

При повышении высоты насыпи неизбежно происходит ее уширение по подошве и по всей высоте по сравнению с существующей дорогой за счет изменения заложения откосов (рис. 10). Как правило, у старых дорог заложение откосов насыпей небольшой высоты составляет 1:1 или 1:1,5. В то же время по СНиП 2.05.02–85 крутизну откосов насыпей высотой до 3 м на дорогах I–III категорий следует назначать с учетом обеспечения безопасного съезда транспортных средств в аварийных ситуациях, как правило, не круче 1:4, а для дорог других категорий при высоте откоса насыпи до 2 м – не круче 1:3. Такие откосы достаточно укрепить травосеянием или одерновкой. На ценных землях допускается увеличение крутизны откосов до предельных значений от 1:1 до 1:1,75 в зависимости от типа грунта насыпи с разработкой дополнительных мероприятий по обеспечению безопасности движения и укреплению откосов. Аналогичные решения могут быть приняты и для других условий при технико-экономическом обосновании.

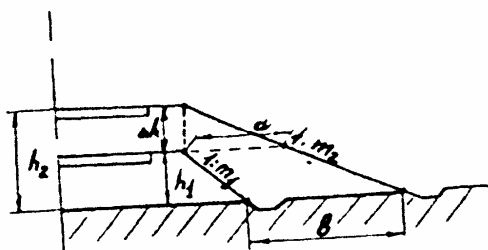


Рис. 10. Схема определения геометрических размеров земляного полотна при увеличении высоты насыпи

Величина уширения на уровне отметки бровки земляного полотна существующей дороги может быть определена по формуле

$$a = m_2 \cdot \Delta h, \text{ м}, \quad (19)$$

где m_2 – заложение откоса насыпи после ее повышения; Δh – увеличение высоты насыпи, м.

Величина уширения по подошве насыпи составлена по формуле

$$b = m_2 \cdot h_2 - m_1 \cdot h_1, \quad (20)$$

где h_1 – высота насыпи до реконструкции, м; h_2 – общая высота насыпи после реконструкции, м; m_1 – заложение откоса насыпи до реконструкции.

Увеличение высоты насыпи может быть без изменения положения дороги и с изменением (смещением) оси дороги в плане.

Выбор порядка и технологии производства работ при повышении высоты насыпей зависит от большого количества факторов: высоты старой насыпи и крутизны ее откосов, величины повышения насыпи и крутизны новых откосов, положения оси дороги до и после повышения насыпи, типа и состояния дорожной одежды, грунтов и системы водоотвода и т.д.

При увеличении высоты насыпи старую дорожную одежду, как правило, разбирают, перерабатывают и обогащают материалом, а затем используют их при строительстве новой дорожной одежды или на других дорожных работах. Однако могут быть и другие варианты использования старой дорожной одежды. При повышении насыпи на 0,25 – 0,30 м, а в некоторых случаях и до 0,5 м старую дорожную одежду используют как основание, на котором устраивают новую дорожную одежду. Окончательное решение принимают после технико-экономического сравнения вариантов, в которых учитывают затраты на снятие старой одежды, переработку и обогащение получаемых материалов, повторную укладку этих материалов в дорожную одежду и сравнивают эти затраты с расходами на строительство новой дорожной одежды.

Аналогичные расчеты производят при значительном увеличении высоты насыпи. Как правило, более экономичным является вариант снятия старой дорожной одежды с дальнейшим использованием этих материалов в дорожных конструкциях. Но в некоторых случаях при разборке гравийных или щебеночных покрытий материалы оказываются настолько измельченными, слабопрочными и загрязненными, что затраты на их переработку и обогащение превышают стоимость строительства новой дорожной одежды. В этом случае дорожную одежду не разбирают, а засыпают грунтом (хоронят в земляном полотне).

При небольшом повышении насыпи (до 40–50 см) работы производят путем отсыпки слоя грунта на обочины после снятия растительного слоя с обочин и верхней части земляного полотна.

Работы выполняют в такой последовательности:

- снятие растительного слоя с обочин и верхней части откосов на высоту 0,5–0,6 м;
- послойная разборка и удаление материалов слоя старой одежды;
- послойная засыпка корыта грунтом и его уплотнение;
- отсыпка песчаного слоя, устройство новой дорожной одежды;
- досыпка обочин и их укрепление.

Если старая одежда остается как основание новой, то поднятие земляного полотна, по существу, сводится к досыпке грунта на обочины и

его уплотнению. При необходимости увеличить высоту насыпи более чем на 0,5 м, работы ведутся снизу вверх от подошвы насыпи так же, как и при уширении земляного полотна. После снятия растительного слоя с откосов насыпи, кюветов и поверхности прилегающей полосы, где будет размещена подошва новой насыпи, засыпают кюветы или боковые канавы с послойным уплотнением грунта. Затем так же, как и при уширении, послойно отсыпают новые откосные части насыпи с рыхлением старого откоса или нарезкой уступов. Если ширина отсыпаемого откоса достаточна для работы бульдозера, автогрейдера и катков, то каждый уступ нарезают шириной 0,3–0,5 м, высотой, равной высоте отсыпаемого слоя (0,25–0,35 м). Отсыпают и уплотняют грунт. Затем нарезают второй снизу уступ и так отсыпают откосную часть до бровки старой насыпи.

Если ширина отсыпаемого откоса меньше 1,5–2,0 м, то может быть принят один из двух вариантов:

а) увеличивают ширину уступа так, чтобы обеспечить возможность работы дорожных машин при послойной отсыпке откосной части земляного полотна;

б) увеличивают ширину вновь отсыпаемых слоев, которые после возведения насыпи срезают, а грунт перемещают на другие участки работы.

Таким образом, отсыпается новая откосная часть насыпи до уровня бровки земляного полотна существующей дороги. Дальнейшее повышение насыпи выполняется по обычной технологии возведения земляного полотна.

Следует отметить, что при увеличении высоты насыпей необходимо соблюдать те же требования к грунтам, их взаиморасположению и степени уплотнения, что и при уширении земляного полотна.

Увеличение глубины существующих выемок производится значительно реже, чем увеличение высоты насыпей, что объясняется более сложными условиями осуществления таких работ.

Дело в том, что изменение проектной линии в выемке влечет за собой изменение проектной линии и на подходах к ней (рис. 11).

При этом можно выделить ряд характерных участков изменения продольного профиля:

- участок увеличения глубины выемки – I;
- участок уменьшения глубины выемки – II;
- участок, где выемка заменяется насыпью – III;
- участок увеличения высоты насыпи на подходе к выемке – IV.

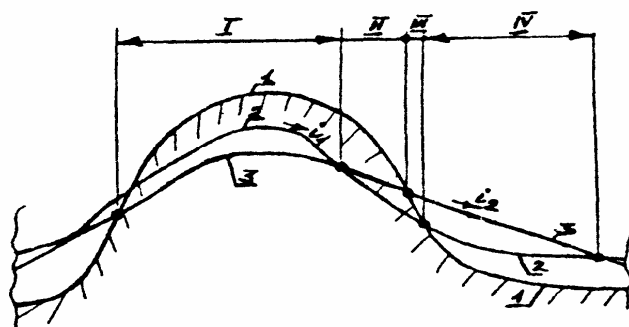


Рис.11. Схема расположения смежных участков изменения глубины выемки и высоты насыпи при смягчении продольного уклона:
 I – участок увеличения глубины выемки; II – участок уменьшения глубины выемки; III – участок, где выемка заменяется насыпью;
 IV – участок увеличения высоты насыпи; 1 – линия поверхности земли;
 2 – положение красной линии до реконструкции;
 3 – то же после реконструкции;
 i_1, i_2 – максимальный продольный уклон до и после реконструкции

В реальных условиях некоторые из названных участков могут отсутствовать, но все равно организация работ по реконструкции выемок остается сложной. При увеличении глубины выемок неизбежны увеличение ее ширины по верху, снятие существующей дорожной одежды, перестройка системы водоотвода и дренажа (рис. 12).

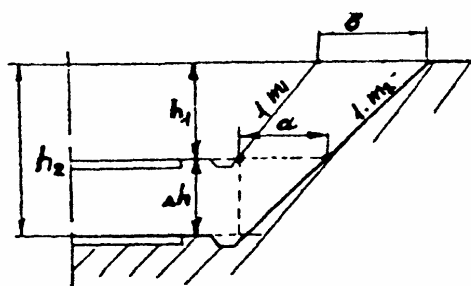


Рис 12. Схема определения геометрических размеров углубляемой выемки

В ряде случаев одновременно с углублением выемки для повышения устойчивости откоса или обеспечения снегонезаносимости увеличивают заложение откосов, т.е. уполаживают их. Увеличение ширины выемки по верху с одной стороны в этом случае составит

$$b = m_2 \cdot h_2 - m_1 \cdot h_1, \quad (21)$$

где m_1 и m_2 – заложение откоса до и после реконструкции; h_1 и h_2 – глубина выемки до и после реконструкции, м.

Если крутизна откоса после реконструкции остается такой же, как и до реконструкции, увеличение ширины выемки по верху с одной стороны составит

$$b = m(h_2 - h_1), \text{ м}, \quad (22)$$

где m – заложение откоса.

Работы по углублению выемок начинаются, как правило, с устройства объезда, снятия растительного слоя с откосов выемки и поверхности земли на полосе уширения. После этого производят уширение выемки до отметки бровки существующей дороги сначала с одной, а затем с другой стороны или с обеих сторон одновременно.

Движение автомобилей в этот период может осуществляться по обеим полосам проезжей части без перерыва.

При величине уширения более 2 м разработку откосов выемки можно выполнять бульдозером с продольным перемещением грунта. При меньшей величине уширения разработку откосов выемки выполняют экскаватором-драглайном или экскаватором с обратной лопатой, который устанавливается на верху откоса и разрабатывает грунт с погрузкой в транспортные средства или в отвал.

Экскаватор может быть использован и для разработки откоса при большой величине уширения и большой глубине выемки. В это случае может быть использован экскаватор с прямой лопатой, который разрабатывает откос ярусами с погрузкой грунта в транспортные средства.

При уширении и углублении больших и глубоких выемок этот метод широко применяется. В частности, таким способом разрабатывались многие выемки при реконструкции Московской кольцевой автомобильной дороги.

После того, как откосы выемки разработаны на глубину до отметки бровки существующей дороги, приступают собственно к углублению выемки до проектной отметки. К этому времени должно быть закрыто движение по основной дороге и перенесено на объезд или организовано движение по одной стороне проезжей части и снята дорожная одежда.

Работы по углублению выполняют скреперами или бульдозерами. Технология работ практически не отличается от производства работ по строительству дорог. Завершающим этапом работ по углублению выемок являются планировка и укрепление откосов, нарезка и укрепление кювета водоотводных канав.

2.4. Перестройка пучинистых участков

Пучинистыми называют деформации дорожных одежд и земляного полотна, проявляющиеся зимой во взбугривании, растрескивании и

потере ровности покрытия, а в период оттаивания в проломах дорожной одежды при проезде автомобилей, вызванных снижением прочности переувлажненных грунтов.

Пучины на дорогах возникают при одновременном сочетании трех факторов:

- наличие пучинистых грунтов;
- интенсивное влагонакопление до относительной влажности более 0,75 от влажности на границе текучести грунта в период морозного влагонакопления;
- медленное и глубокое промерзание грунтов под дорожной одеждой на глубину более 0,5 м.

При отсутствии любого из этих факторов пучины не возникают. Мероприятия, направленные на устранение возможности образования пучин, можно разделить на три группы (рис.13):

- изменение или регулирование пучинистых свойств грунта путем замены пучинистого грунта непучинистым, введения добавок, термообработки или укрепления грунта вяжущими;
- регулирование водного режима земляного полотна путем обеспечения поверхностного водоотвода и исключения увлажнения грунтовыми водами;
- регулирование теплового режима земляного полотна устройством морозозащитных и теплоизолирующих слоев и др.



Рис. 13. Мероприятия по устранению причин пучинообразования, применяемые при реконструкции дорог I

Одной из основных причин возникновения пучин является наличие пучинистых грунтов в теле земляного полотна под дорожной одеждой.

Все грунты по степени пучинистости разделяются на 5 групп:

I – непучинистые грунты, относительное морозное пучение которых меньше или равно 1 % ($K_{пуч} = 1$). К ним относится песок гравелистый крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0.05 мм до 2 %.

II – слабопучинистые, относительное морозное пучение от 1 % до 4 % ($K_{пуч}$ от 1 до 4). К ним относятся песок гравелистый крупный (средней крупности и мелкий с содержанием частиц мельче 0.05 до 15 %, супесь легкая крупная.

III – пучинистый, относительное морозное пучение от 4 до 7 %, ($K_{пуч}$ от 4 до 7). К ним относятся супесь легкая, суглинок (легкий и тяжелый), глины.

IV – сильнопучинистый, относительное морозное пучение от 7 до 10 % ($K_{пуч}$ от 7 до 10). К ним относятся песок и супесь пылеватые, суглинок тяжелый пылеватый.

V – чрезмернопучинистый, относительное морозное пучение более 10 % ($K_{пуч} > 10$). К ним относятся супесь тяжелая пылеватая и суглинок легкий пылеватый.

Для того чтобы избежать образования пучин, рабочий слой земляного полотна в насыпях и выемках на глубине 1,2 м от поверхности цементобетонных и на глубине 1 м от поверхности асфальтобетонных покрытий во II дорожно-климатической зоне и на глубине 1 и 0.8 м соответственно в III дорожно-климатической зоне должен состоять из непучинистых или слабопучинистых грунтов группы I или II (СНиП 2.05.02–85, прил. П2.6 и П2.7).

На тех участках дорог, где эти требования не выдержаны и установлено образование пучин, необходимо принять меры по замене пучинистого грунта непучинистым или по улучшению свойств грунта.

Замену пучинистого грунта земляного полотна в насыпях начинают со снятия растительного слоя с обочин и откосов. Затем разрушают и послойно снимают дорожную одежду и транспортируют материалы в штабеля или на место переработки. После этого разрыхляют верхний слой насыпи рыхлителями на базе бульдозеров или экскаваторов, бульдозерами или скреперами снимают грунт и перемещают его в отвал или погрузчиками грузят в транспортные средства и перемещают к месту укладки автотранспортом.

Дренирующий грунт доставляется самосвалами из карьера и послойно отсыпается с уплотнением до рабочей отметки. При этом со-

блюдаются требования продольного сопряжения перестраиваемого пучинистого участка с неперестраиваемым.

Иногда вместо замены пучинистого грунта применяют различные способы улучшения его свойств. Одним из таких способов является закрепление пучинистого грунта введением цементного или цементноизвесткового раствора. Для этого с поверхности дороги пробуривают сетку скважин на всю глубину рабочего слоя из пучинистого грунта, в которую под давлением закачивают раствор.

Другой основной причиной образования пучин является интенсивное морозное влагонакопление в грунте. Этому может способствовать наличие грунтов с высоким капиллярным поднятием воды, поверхностных или близкорасположенных грунтовых вод, инфильтрация вод через откосы, обочины и покрытие, и особенно морозное влагонакопление в зимний период.

На участках, сложенных лёссовыми, набухающими и просадочными грунтами, где отмечаются пучение или просадки грунтов, необходимо:

- произвести замену пучинистых грунтов непучинистыми или слабопучинистыми на глубину промерзания, характерную для условий ремонтируемого участка;
- создать эффективный отвод поверхностных вод путем укрепления обочин и откосов;
- отремонтировать или изменить конструкции и места расположения водоотводных канав;
- обеспечить эффективное дренирование грунтов насыпей и выемок путем ремонта или устройства вновь дренажа;
- выполнить работы по устройству капилляропрерывающих, водонепроницаемых, теплоизолирующих, защитных и других прослоек, в том числе с использованием рулонных синтетических материалов.

Для устранения влияния этих причин наиболее действенной мерой является соблюдение требований к возвышению поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, верховодий или длительно стоящих поверхностных вод, а также над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком (СНиП 2.05.02–85). Наиболее простым способом устранения причин образования пучин на участках, где указанные требования не соблюдены, является увеличение высоты насыпей до величин, соответствующих этим требованиям.

Для регулирования водного режима земляного полотна применяют устройство глубоких (траншейных) дренажей, которые понижают уровень грунтовых вод или осуществляют их перехват с верховой стороны, устройство дренирующих слоев с дренажами мелкого заложения осуществляется для осушения верхнего слоя земляного полотна; устрой-

ство водонепроницаемых капилляропрерывающих и водоизолирующих прослоек, полностью устраняющих увлажнение верхней части земляного полотна и дорожной одежды.

Траншейный дренаж применяют только в сложных случаях, когда уровень грунтовых вод оказывает существенное влияние на влажность грунта рабочего слоя земляного полотна. Обычно это третий тип местности по условиям увлажнения с расположением уровня грунтовых вод не глубже 1–1,5 м от поверхности на участках невысоких насыпей. Траншейный дренаж может быть подкюветным или прикромочным, односторонним и двусторонним (рис. 14). При устройстве траншейного дренажа часто используют геотекстиль и водонепроницаемый рулонный материал.

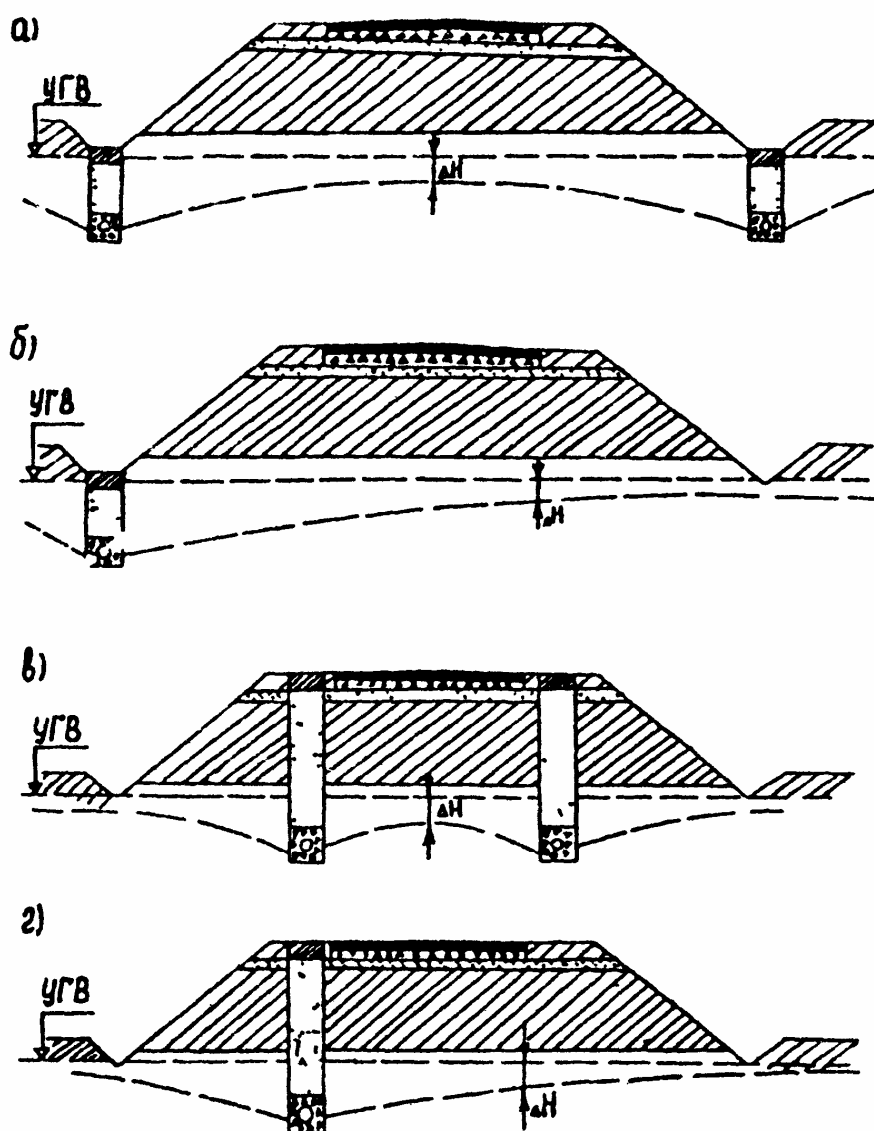


Рис. 14. Конструкции земляного полотна с траншейным дренажом:
 а, б – подкюветные двухсторонний и односторонний дренажи;
 в, г – прикромочные двухсторонний и односторонний дренажи;
 ΔH – величина понижения уровня грунтовых вод

Работы выполняют в таком порядке:

- разработка грунта в траншеях одноковшовым экскаватором с обратной лопатой или экскаватором – драглайн;
- подготовка, раскатка и укладка рулонов синтетического нетканого материала в траншею с креплением скрепками;
- укладка щебеночного или гравийного слоя, трубы дренажной керамической и засыпка щебеночным или гравийным материалами,
- засыпка траншеи грунтом с помощью бульдозера с послойным уплотнением трамбовками.

Гораздо чаще устраивают дренажи мелкого заложения, когда дренажная труба укладывается в ровик вдоль кромки проезжей части для сбора воды из ровика дренирующего слоя и осушения верхней части земляного полотна. Это может быть комбинированный прикромочный дренаж, комбинированный плоскостной дренаж или поперечные дренажи мелкого заложения.

Гидроизоляцию земляного полотна применяют для предотвращения поступления влаги в тело земляного полотна; атмосферных осадков через обочины, не укрепленные или укрепленные водопроницаемым материалом (щебнем необработанным), воды из кюветов при длительном стоянии поверхностных вод, грунтовых вод при промерзании или для прерывания капиллярного поднятия грунтовых вод.

В качестве гидроизолирующих прослоек могут быть применены термопластики (безосновные резинобитумные рулонные материалы), такие как изол, бризол, борулин, гидроизоляционный материал на основе полиизобутилена и др.; пленки (полимерные безосновные рулонные материалы), к ним относятся полиэтиленовая, поливинилхлоридная и полиамидная пленка, а также пленка армадор – 2, основные рулонные материалы, к которым относятся гидроизол, рубероид, стекло-рубероид и др. Возможно применение тканых и нетканых синтетических материалов, обработанных битумом до их полной водонепроницаемости путем создания на поверхности синтетического материала сплошной пленки битума.

Местоположение гидроизолирующей прослойки выбирают в зависимости от источника поступления влаги (рис. 15).

Технология работ по устройству гидроизолирующих прослоек зависит от конструкции дорожной одежды и местоположения гидроизолирующей прослойки. Если в процессе реконструкции гидроизолирующая прослойка укладывается только на ширину обочин, то снимается грунт с обочин до поверхности песчаного слоя, выравнивается и уплотняется песчаный слой, затем отсыпается и уплотняется грунт на присыпной обочине.

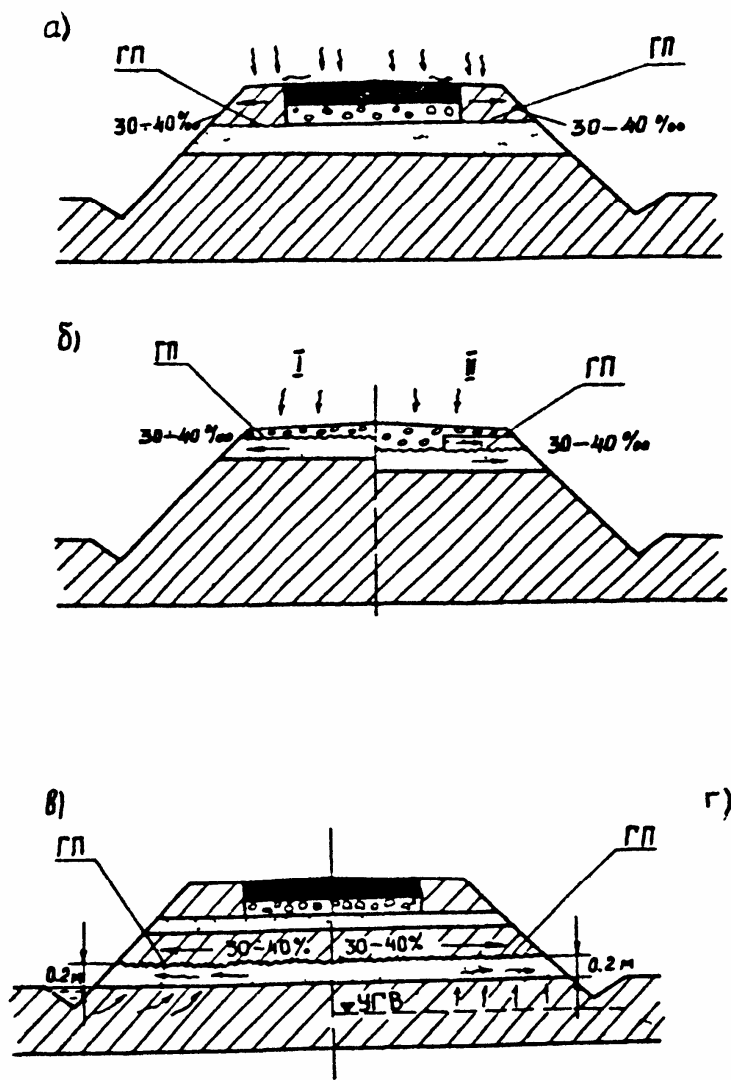


Рис. 15. Конструкции земляного полотна с гидроизолирующими прослойками (ГП):

- а – гидроизоляция обочин; б – гидроизоляция дорог с переходным типом покрытия; I – серповидный профиль; II – полукорытный профиль;
- в – гидроизоляция нижней части насыпи при длительном стоянии поверхностных вод; г – то же при близком уровне грунтовых вод

Гидроизолирующая прослойка может укладываться на поверхность старого разрушенного покрытия. В этом случае предварительно должен быть выполнен ямочный ремонт старого покрытия и при необходимости уложен выравнивающий слой, затем укладываются гидроизолирующая прослойка и слои усиления дорожной одежды.

Регулирование теплового режима земляного полотна осуществляют главным образом путем устройства морозозащитных и теплоизолирующих слоев. Морозозащитные слои – это слои дорожной одежды и верхней части земляного полотна из зернистых материалов, таких как щебень, песчано-гравийные смеси, шлаки, непучинистые грунты I группы, а также грунты, укрепленные вяжущими и гидрофобизированные.

Теплоизолирующие слои – это слои дорожной одежды из материалов с более эффективными теплозащитными свойствами, чем у грунтов и обычных дорожно-строительных материалов.

К таким материалам относятся полимерные материалы (пенопласты) легкие бетоны, в которых содержатся пористые заполнители (керамзит, аглопорит, гранулы полистирола, измельченный пенопласт), металлургические шлаки, золошлаковые смеси, обработанные и не обработанные вяжущим, композиции из местных материалов или грунтов, легких заполнителей и вяжущих, приготовленных способом смешения как в установке, так и на полотне дороги, битумоминеральные смеси обычные или с легкими заполнителями.

Коэффициент теплопроводности таких материалов не должен превышать 0,6 Вт/мК, коэффициент морозного пучения не более 1 %. Кроме того, образцы из этих материалов должны обладать достаточной прочностью.

Теплоизолирующие слои из пенопласта устраивают редко из-за высокой стоимости этого материала. Для предохранения земляного полотна от значительного промерзания устраивают дорожные одежды с теплоизолирующими слоями из утепленных цементом или битумом местных материалов, грунтов или отходов промышленности с добавкой легких заполнителей (рис. 16). В качестве легких заполнителей чаще всего используют шлаки, аглопористовый щебень или песок, керамзит и др.

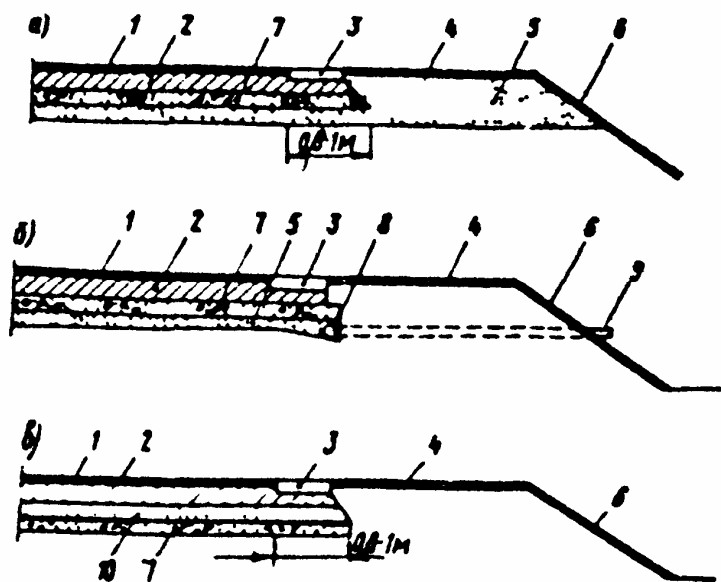


Рис. 16. Конструкция дорожной одежды с теплоизолирующими слоями:
 а – из укрепленных материалов и грунтов с легкими заполнителями;
 б – то же с трубчатыми дренами; в – с морозозащитным слоем из битумоминеральной смеси; 1 – покрытие; 2 – основание; 3 – укрепительная полоса;
 4 – укрепление обочин; 5 – песчаный дренарующий слой; 6 – засеивание трав;
 7 – теплоизолирующий слой; 8 – трубчатая дрена; 9 – выпуск;
 10 – морозозащитный слой

Для предохранения грунта земляного полотна под дорожной одеждой от промерзания со стороны обочин теплоизолирующий слой должен быть шире проезжей части на 0,8–1,0 м с каждой стороны. На концах участка с теплоизолирующим слоем в продольном направлении дороги на протяжении 3–5 м толщину теплоизолирующего слоя постепенно уменьшают, чтобы избежать резкого перехода от одной конструкции к другой и предупредить возможность появления трещин в местах сопряжения.

Технология устройства теплоизолирующих слоев из материалов, укрепленных цементом, или битумоминеральных материалов почти не отличается от технологии устройства слоев дорожной одежды из этих материалов. Отличие состоит в том, что в случае применения в качестве легкого заполнителя керамзита, аглопорита или перлита уплотнение слоев производят только легкими или средними катками.

Откосы насыпей и выемок должны быть укреплены посевом трав с проведением необходимых агротехнических мероприятий по созданию устойчивого дернового покрова. Если на откосах отмечается образование оползней, селевых выносов или обвалов, они должны быть очищены и спланированы с восстановлением дернового покрова. При постоянных деформациях поверхности откосов или их разрушении следует выполнить работы по уменьшению крутизны откосов. При неэффективности этих мероприятий откосы укрепляют сборными элементами, синтетическими материалами, устройством влаго- и теплоизолирующих слоев и другими способами в зависимости от грунтов, местных климатических условий, причин возникающих деформаций на основе положений действующих нормативных документов.

2.5. Перестройка и удлинение водопропускных труб

В процессе реконструкции автомобильной дороги в случае увеличения ширины земляного полотна, а также при повышении насыпи или уположении откосов возникает необходимость увеличения длины водопропускных труб. При этом возможны два варианта:

а) полная перестройка водопропускной трубы, которую производят в тех случаях, когда диагностика и прогнозирование состояния трубы показывают, что существующая труба не сможет нормально работать до следующей реконструкции дороги;

б) удлинение водопропускной трубы без перестройки существующей части. Производят, если состояние существующей трубы позволяет ожидать ее нормального функционирования до новой реконструкции дороги при соответствующем содержании и ремонте. Работы по перестройке или удлинению труб желательно производить в сухое

время года или в зимний период, чтобы предотвратить вредное для производства работ влияние потока воды, протекающего через трубу. Работы должны быть организованы таким образом, чтобы не препятствовать пропуску движения или снизить возможные помехи до минимальной степени.

Для этого целесообразно устройство временного объезда. При невозможности его сооружения (близкорасположенные важные строения или подземные коммуникации, ценные сельскохозяйственные культуры, не подлежащий повреждению лес и т.п.) необходимо организовать работы с одновременным регулированием движения по другой половине дороги. Последний вариант более сложен и менее желателен с позиций производства работ и организации движения, но он достаточно часто встречается при перестройке труб.

Полная перестройка трубы включает в себя следующие основные операции, многие из которых аналогичны новому строительству водопропускной трубы.

При проведении работ по реконструкции организация, проводящая работы, должна принять необходимые меры по обеспечению в таких местах безопасности движения. С этой целью на участке проведения работ до их начала устанавливают временные дорожные знаки, сигналы и светофоры, ограждающие и направляющие устройства, делают временную разметку проезжей части, а в необходимых случаях устраивают объезд ремонтируемого участка. Ограждение места работ производят с помощью ограждающих щитов, штакетных барьеров, стоек, вешек, конусов, шнуров с цветными флажками, сигнальных огней.

Установку технических средств организации движения производят в соответствии со схемами (рис. 17), приведенными в действующих Инструкциях по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ. В том случае, когда условия проведения работ и движения транспортных средств не соответствуют ни одной из типовых схем, имеющих в инструкциях, составляют индивидуальную схему организации движения.

Схемы организации движения и ограждения мест работ независимо от того, являются они типовыми или индивидуальными, а также сроки проведения работ утверждаются руководителем дорожной организации и согласовываются с органами ГАИ.

Затем выполняют удаление (разборку) существующей дорожной одежды в пределах будущего котлована и вывоз материала с применением кирковщиков, бульдозеров, одноковшовых (фронтальных) погрузчиков и автомобилей-самосвалов. Возможно использование материала старой дорожной одежды на объездной дороге. После разборки

дорожной одежды отрывают котлован с целью освобождения старой трубы от грунта до уровня подошвы фундамента (основания) с применением экскаватора с рабочим оборудованием обратной лопаты. Для безопасности и удобства работ при разборке старой и монтаже новой трубы котлован по подошве должен быть шире основания старой трубы с одной стороны на 3 м (для прохождения машин), а с другой стороны на 1 м (для движения рабочих).

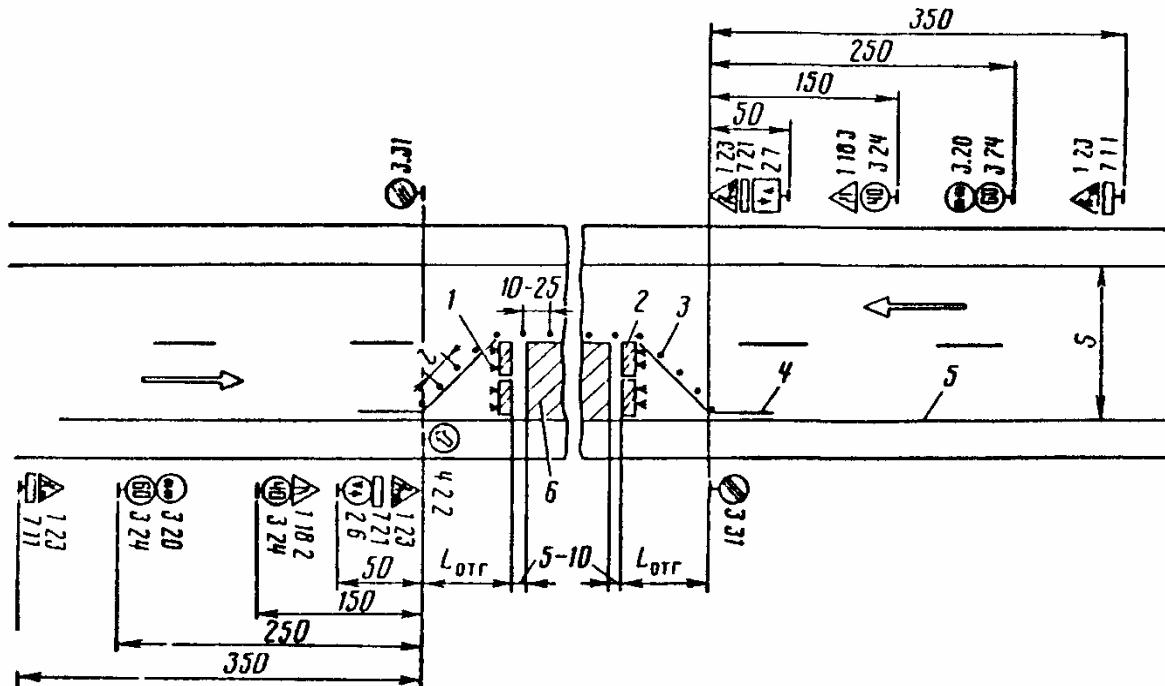


Рис.17. Размещение технических средств организации движения в местах производства дорожных работ:

- 1 – сигнальные фонари или световозвращающие элементы;
- 2 – ограждающие барьеры; 3 – направляющие конусы; 4 – разметка проезжей части; 5 – кромка проезжей части; 6 – зона дорожных работ;
- S – ширина проезжей части; $I_{отг}$ – длина отгона зоны дорожных работ;
- L – расстояние между конусами

Откос котлована должен обеспечивать безопасность работ (обычно не круче 1:1). Если через трубу в процессе ее перестройки возможно прохождение воды, котлован уширяют и в нем устраивают временное обводное русло, ширина и глубина которого должны быть рассчитаны.

При соответствующем технико-экономическом обосновании возможно устройство котлована с креплением откосов, что позволяет увеличивать их крутизну, уменьшая объем земляных работ.

После этого разбирают трубу с применением пневматических или электрических отбойных молотков (соответственно с передвижными компрессорами или электростанциями), автокранов, бульдозеров, автомобилей для транспортировки к месту складирования блоков разо-

бранной трубы. Если лекальные блоки и основание трубы (обычно гравийно-песчаный или щебеночный слой) не имеют недопустимых дефектов, они могут быть сохранены. При наличии разрушений (трещины, значительные обломы) лекальные блоки или часть из них удаляют. Материал основания сдвигают за пределы котлована бульдозером. Возможно использование материала основания для укрепления временного отводного русла.

Затем осуществляют планировку и уплотнение дна котлована (при удалении лекальных блоков и основания) с помощью бульдозера и виброкатков или (рациональнее) виброплит. Уровень поверхности дна должен соответствовать требованиям проекта перестройки трубы. При необходимости при планировке производят досыпку котлована грунтом того же вида, что и местный грунт. Устройство пандуса для въезда автомобилей с уклоном до 100 ‰ показано на (рис. 18).

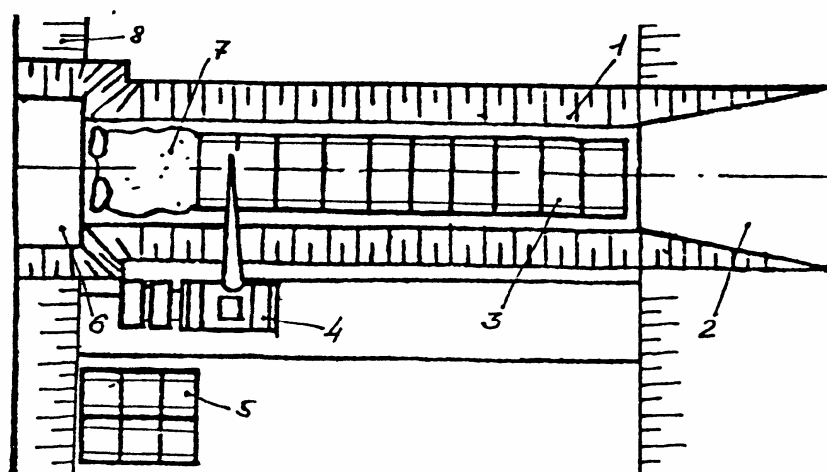


Рис.18. Монтаж лекальных блоков одноочковой водопропускной трубы:
 1 – котлован отрытый в существующем уширенном земляном полотне;
 2 – въезд в котлован в виде пандуса; 3 – уложенные лекальные блоки;
 4 – автомобильный кран; 5 – склад лекальных блоков; 6 – котлован для оголовка; 7 – цементный раствор; 8 – откос насыпи

Пандус сооружают с верховой части трубы. На спланированном и уплотненном дне котлована устраивают основание из песчано-гравийной или щебеночной смеси, если такое основание предусмотрено проектом. Песчано-гравийную или щебеночную смесь вывозят автомобилями-самосвалами, планируют бульдозером (возможно ручную) и уплотняют самоходными или ручными виброкатками. При благоприятных природно-климатических условиях (песчаные грунты, глубина промерзания менее 0,5 м) основание из песчано-гравийной смеси можно не устраивать (это должно быть предусмотрено проектом).

Затем производят распределение цементного раствора, подвозимого автомобилями-самосвалами или изготовляемого на месте, и уста-

новку (монтаж) порталных стенок, блоков, открьлков и лекальных блоков. Цементный раствор обычно распределяют вручную слоем 10–15 см, а порталные стенки, блоки открьлков и лекальные блоки монтируют автокраном или краном на гусеничном ходу. Так как укладываемые на лекальные блоки звенья труб повторяют профиль, по которому уложены лекальные блоки, отметки лекальных блоков должны быть проверены с помощью нивелира. Уровень лекальных блоков регулируют толщиной слоя цементного раствора.

Монтаж звеньев трубы производится с применением автокрана или крана на гусеничном ходу (рис. 19). Затем выполняется омоноличивание швов между блоками порталных стенок и открьлков, заделка и гидроизоляция швов звеньев.

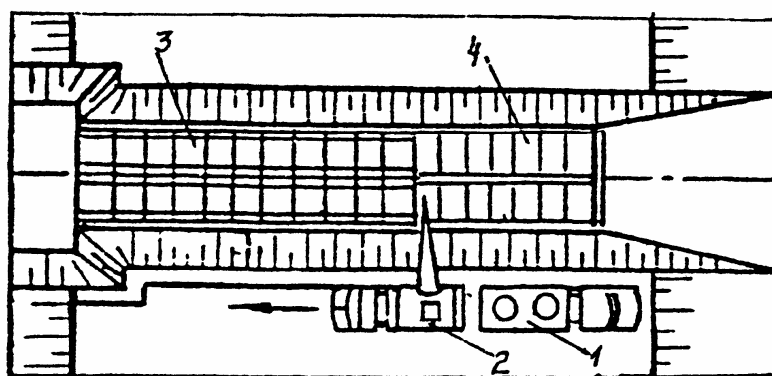


Рис. 19. Монтаж звеньев двухчочковой трубы:
1 – автомобиль с доставленными звеньями трубы; 2 – автомобильный кран;
3 – лекальные блоки; 4 – звенья водопропускной трубы

Швы порталных стенок и открьлков конопатят и заполняют цементным раствором, который уплотняют металлической шуровкой. Гидроизоляция швов звеньев осуществляется двумя слоями битуминизированной ткани и тремя слоями асбестобитумной мастики.

При двух- и трехчочковых трубах пазухи между этими трубами заполняют цементобетонном, доставляемым автомобилями-самосвалами, автобетоносмесителями или изготовляемым на месте (рис.20, а). Цементобетон к пазухам подают в бадьях с помощью автомобильного или гусеничного крана либо более просто через бункер, снабженный металлическим рукавом. Уплотнение цементобетона в пазухах осуществляют различными глубинными вибраторами (вибробулава, виброштык и др.).

Гидроизоляция трубы может осуществляться с устройством оклеичной или обмазочной гидроизоляции. В первом случае трубу покрывают с помощью ручного распределителя битумной мастикой, доставляемой автогудронатором. Затем наклеивают рулонный материал

(обычно рубероид), снова обмазывают битумной мастикой и наклеивают рулонный материал (рис. 20,б). Обмазочную гидроизоляцию устраивают путем обмазки внешней поверхности трубы битумным лаком с последующим нанесением двух слоев битумной мастики.

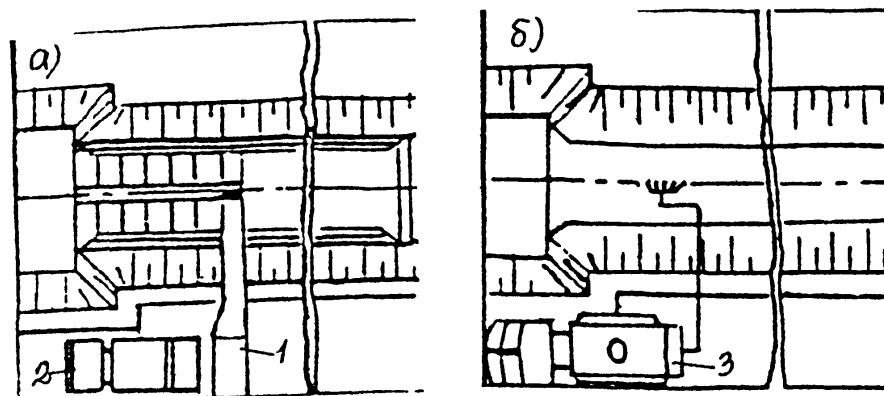


Рис. 20. Заполнение пазух двухочковой трубы цементобетоном (а) и гидроизоляция трубы (б):
 1 – бункер с металлическим рукавом, подающим цементобетонную смесь для заполнения пазух; 2 – автомобиль-самосвал, доставляющий цементобетонную смесь; 3 – автогудронатор с ручным распределителем битума для гидроизоляции

Засыпку котлована с послойным уплотнением производят бульдозером, начиная с боковых пазух, где грунт уплотняют механическими трамбовками. Также уплотняют грунт и над трубой до общей толщины отсыпки 0,5 м в уплотненном состоянии. Толщина каждого уплотняемого слоя в пазухах и над трубой при использовании механических трамбовок должна быть 0,10–0,12 м. Выше толщины 0,5 м до верха котлована уплотнение производят самоходными виброкатками. Толщина уплотняемого слоя при этом 0,15 м. Грунт должен иметь оптимальную влажность. Необходимый коэффициент уплотнения грунта 1,0, что позволяет избежать просадок грунта и дорожной одежды над трубой. Засыпку удлиненной части трубы производят одновременно с уширением земляного полотна.

После этого производят расчистку подводящего и отводящего русел с укреплением бетонной плиткой и укреплением откосов у оголовков, а также строительство водоотбойного колодца, если он предусмотрен проектом реконструкции трубы.

Полная перестройка прямоугольной трубы включает в себя операции, аналогичные рассмотренным ранее, за исключением монтажа лещательных блоков, вместо которых обычно делают монолитный бетонный фундамент.

Большие прямоугольные железобетонные трубы часто бетонируют на месте. При этом на подготовленное основание устанавливают опа-

лубку, монтируют и сваривают арматурный каркас, производят бетонирование с применением крана и бады. Уплотнение производят наружными вибраторами через опалубку, а также при возможности используют глубинные вибраторы.

Удлинение водопропускной трубы для уменьшения объема работ целесообразно производить со стороны выходного оголовка. Поэтому в данном месте предусматривают одностороннее уширение земляного полотна и дорожной одежды. В процессе удлинения трубы выполняют следующие основные операции.

В случае постоянного протекания воды через трубу устраивают с нижней стороны временное отводящее русло с применением экскаватора с обратной лопатой и удаляют укрепление лотка и откосов. Удаление грунта откоса, примыкающего к оголовку, выполняют с применением экскаватора с обратной лопатой или при высокой насыпи (более 3 м) – с помощью экскаватора-драглайна.

Разборка оголовка трубы, включая открьлки и порталную стенку, производится с применением пневматических или электрических отбойных молотков и автомобильного крана или крана на гусеничном ходу, располагающихся обычно на насыпи.

Отрывка котлована для основания и фундамента удлиненной трубы выполняется с применением экскаватора с обратной лопатой. Если в котлован поступает вода, необходимо обеспечить ее откачку и спуск по уклону. При этом возможно устройство временного сливного лотка. Планировка и уплотнение дна котлована производятся аналогично технологии работ для полной перестройки трубы. То же относится и к устройству основания из песчано-гравийной или щебеночной смеси, распределению цементного раствора, монтажу порталных стенок, блоков открьлков, лекальных блоков удлиняемой части трубы. Затем аналогично полной перестройке трубы производят монтаж звеньев удлиняемой трубы между блоками порталной стенки и открьлками, омоноличивание швов, заделку и гидроизоляцию швов звеньев, заполнение цементобетоном пазух при двух – или трехочковых трубах, гидроизоляцию трубы.

Работы завершаются устройством лотка у отводящего оголовка, строительством водобойного колодца, если он предусмотрен проектом реконструкции трубы, и засыпкой грунтом удлиненной части трубы, которую производят одновременно с уширением земляного полотна.

Реконструкция и ремонт мостов всех систем и конструкций, путепроводов, эстакад, тоннелей, подпорных стен, труб и паромных переправ (ледяных) должны обеспечивать удовлетворение основных требо-

ваний, предъявляемых к транспортно-эксплуатационному состоянию сооружений.

Реконструкция искусственного сооружения предусматривает восстановление сооружения при его повреждении нагрузками, паводками или другими воздействиями, имевшими место при строительстве и эксплуатации, а также улучшение его транспортно-эксплуатационных качеств.

К ним могут быть отнесены следующие работы:

- сплошная или частичная замена покрытия на проезжей части, тротуарах;
- восстановление и замена переходных плит, тротуарных блоков, ограждений, перил, бордюра, деформационных швов и их элементов;
- ремонт гидроизоляции на проезжей части и тротуарах;
- восстановление или устройство водоотвода;
- усиление и уширение мостов и путепроводов, замена отдельных пролетных строений, устранение имеющихся на них дефектов;
- восстановление, усиление, выправление, замена отдельных элементов пролетных строений и опорных частей, установка их в проектное положение;
- антисептирование, окраска и нанесение защитных покрытий пролетных строений;
- устранение дефектов, заделка трещин, раковин опор и устоев;
- восстановление кладки тела опор, устоев, откосных стенок, шкафной стенки;
- восстановление подпорных стен, защитных, укрепительных и регуляционных сооружений;
- восстановление, усиление, ремонт, замена отдельных звеньев и оголовков труб, ремонт изоляции труб и стыков;
- восстановление частично разрушенных тоннелей, восстановление, усиление, ремонт их обделки, обновление изоляции;
- устройство, восстановление водоотвода, систем вентиляции, освещения, устройство штолен, скважин для осушения тоннелей от грунтовых вод;
- ремонт смотровых приспособлений.

При ремонте искусственных сооружений производят исправления небольших по объему повреждений. К ним относятся:

- *на конструкции проезжей части* – исправление отдельных секций или элементов перил и ограждающих устройств, тротуаров, съемных элементов деформационных швов, замена мастики в швах, ямочный ремонт покрытия, восстановление слоев одежды вдоль деформационных швов и на тротуарах, исправление водоотводных труб, устра-

нение просадок в местах сопряжения моста с насыпью путем добавления грунта, асфальтобетона, ремонт отдельных элементов балочной клетки;

➤ *на металлических конструкциях* – зачистка, шпаклевка и окраска отдельных участков или элементов, замена отдельных ослабленных заклепок, усиление одиночных клепаных ветвей элементов накладками на высокопрочных болтах, одиночная замена связей или их правка, сверление отверстий на толщину элемента по концам трещины в металле или устранение трещины длиной до 1 см в швах и с края листа металла путем срубки металла и зачистки этих мест;

➤ *на бетонных, железобетонных и каменных конструкциях* – устранение раковин и одиночных трещин в материале, приварка одиночных металлических накладок к закладным деталям в местах отсутствия накладок, локальное исправление (восстановление) защитного слоя или кладки, заделка швов в кладке;

➤ *на опорных частях* – подтяжка болтов, окраска, устройство защитных коробов, исправление положения катков, замена съемных отдельных деталей без подъема пролетных строений;

➤ *на регуляционных сооружениях* – устранение локальных мест размыва и повреждений насыпи или укреплений;

➤ *на водопропускных трубах* – заделка щелей и трещин, заполнение швов, выравнивание лотков трубы и русла около трубы, устранение просадок под трубой и размыва откосов насыпи, локальное исправление укреплений насыпи;

➤ *на наплавных мостах и паромных переправах* – исправление локальных повреждений обшивки наплавных средств (конопатка швов), надстройки и соединений, исправление такелажа, окраска деталей;

➤ *на деревянных конструкциях* – очистка от гнили и усиление отдельных элементов, антисептирование и окраска отдельных элементов, установка подкладок и прокладок, заделка зазоров и щелей, устройство водозащитных козырьков, замена обшивки свайных опор и ледорезов, борьба с пучением грунта около свай, замена отдельных досок настила и тротуара, колесоотбойного бруса, отдельных поперечин и деталей заборных стенок, одиночных простых прогонов, связей.

Реконструкцию искусственных сооружений при их аварийном состоянии выполняют в зависимости от условий эксплуатации по специальным распоряжениям и в соответствии с проектными решениями. Потребность в работах по реконструкции и их объем определяют на основании периодических и специальных осмотров (обследования) сооружений, при соответствующем технико-экономическом обосновании с учетом режима эксплуатации сооружения, перспективы развития дороги и других местных условий.

3. РЕКОНСТРУКЦИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

3.1. Способы реконструкции дорожных одежд

Реконструкция дорожных одежд включает работы по восстановлению слоя износа, улучшению ровности, повышению шероховатости и сцепных качеств покрытия, увеличению прочности дорожной конструкции, уширению проезжей части в соответствии с установленными требованиями.

В тех случаях, когда ось существующей дороги совпадает с проектной осью этой дороги после реконструкции, а красные отметки практически не требуют изменения, возможны различные варианты перестройки дорожной одежды, выбор которых осуществляют на основе технико-экономических соображений.

Сказанные варианты включают следующее:

а) полную разборку существующей дорожной одежды с использованием полученного материала при строительстве новой дорожной одежды, укреплении обочин, строительстве объездных дорог, подходов и т.д.

Полная разборка дороги производится в тех случаях, когда под воздействием движения и погодных-климатических факторов ее износ и разрушение таковы, что использование существующей одежды под основание реконструируемой дорожной одежды технически нецелесообразно (коэффициент прочности существующей дорожной одежды $K_{пр}$ менее 0,4; дренажный слой не способен выполнять свои функции вследствие заиливания или разрушения, на дорожной одежде наблюдаются частые проломы, составляющие более 3 % ее площади).

Полная разборка старой дорожной одежды производится и в том случае, когда намечается существенно увеличить высоту насыпи, углубить выемку;

б) разрушение существующей дорожной одежды, особенно слоев из монолитных материалов, и использование ее в качестве верхнего слоя основания. В этом случае увеличивается вероятность предотвращения возможности появления отраженных трещин в верхних слоях (трещины, повторяющие существующие в старом покрытии).

Такой способ реконструкции применяют, когда существующая дорожная одежда включает слои из цементобетона различных типов или материалов, укрепленных значительными дозами цемента и сохранивших в достаточной степени свою монолитность, но существенно снизивших ровность поверхности одежды, изобилующей трещинами и

другими подобными деформациями. Отдельные блоки разрушенного слоя не должны превышать 0,5 м.

Асфальтобетонное покрытие в таких случаях на всю или большую часть толщины снимают способом холодного фрезерования, в дальнейшем его используют на асфальтобетонном заводе в качестве для производства новой асфальтобетонной смеси. Возможно добавление продукта фрезерования для укрепления обочин. Разрушенный слой основания перед укладкой верхнего слоя должен быть тщательно уплотнен.

в) разрушение существующей дорожной одежды, ее уширение и усиление новым материалом с укладкой соответствующих верхних слоев,

г) сохранение существующей дорожной одежды, ее ямочный ремонт либо горячую, холодную или комбинированную регенерацию асфальтобетонного покрытия с последующей укладкой слоя усиления. Для предотвращения появления отраженных трещин возможно применение синтетической сетки. Такой способ реконструкции технико-экономически целесообразен при коэффициенте прочности существующей дорожной одежды более 0,8 и состоянии покрытия, допускающем проведение соответствующего ремонта;

д) сохранение существующей дорожной одежды, ее уширение, ямочный ремонт, горячую, холодную или комбинированную регенерацию, при необходимости укладка синтетической сетки и устройство усиления. Данный случай аналогичен случаю указанному в п. «г», но при недостаточной ширине проезжей части.

При существующем переходном покрытии из щебня или гравийного материала его рыхлят на глубину имеющих место выбоин, филируют и уплотняют. Затем укладывают слои усиления в виде усовершенствованного покрытия. Для рыхления и профилирования существующего покрытия используют автогрейдер с навесным кирковщиком, для уплотнения – самоходные катки на пневмошинах или комбинированные.

При реконструкции дорог обычно производят усиление дорожной одежды. Это наиболее частый вид реконструкции. Усиление существующей дорожной одежды должно обеспечивать общую ее прочность, соответствующую требованиям перспективного движения в конце срока службы усиленной одежды. Срок службы должен соответствовать требованиям «Технических правил ремонта и содержания автомобильных дорог» ВСН 24-88. При капитальном типе покрытия на дорогах I категории этот срок ($T_{сл}$) в зависимости от дорожно-климатической зоны и уровня надежности составляет 14–20 лет (большие значения

для южных районов страны и меньшего уровня надежности). На дорогах II и III категории соответственно $T_{сл} = 11...16$ лет. При облегченном типе покрытия на дорогах III категории $T_{сл} = 10...15$ лет, а на дорогах IV и V категорий $T_{сл} = 8...12$ лет.

Основанием для назначения толщины слоя усиления должны быть результаты диагностики и оценки состояния, автомобильных дорог, проводимых в соответствии с «Правилами диагностики» ВСН 6–90.

Для определения перспективной интенсивности движения к концу срока службы дорожной одежды могут быть рекомендованы следующие формулы:

в случае роста интенсивности движения по геометрической прогрессии

$$N_T = N_H (1+q)^{T-1}; \quad (23)$$

в случае роста интенсивности движения по линейной зависимости

$$N_T = N_H [1+q(T-1)], \quad (24)$$

где N_T – интенсивность движения в год T , который принимают равным сроку службы $T_{сл}$ дорожной одежды, авт./сут; N_H – начальная интенсивность движения, соответствующая году сдачи реконструированной дороги в эксплуатацию, авт./сут; q – расчетный показатель ежегодного прироста интенсивности движения, определяемый как средний годовой прирост по данным измерения фактической интенсивности движения за ряд предыдущих лет (измеряется в относительных величинах), в случае снижения интенсивности движения величина является отрицательной.

Перспективная интенсивность движения должна быть приведена к расчетной нагрузке.

По данным оценки прочности существующей дорожной одежды вычисляют средний фактический модуль упругости $E_{фср}$ по однообразным участкам (участки, имеющие одинаковые грунт земляного полотна, конструкцию дорожной одежды, расчетную схему увлажнения по СНиП 2.05.02–85*, интенсивность движения, приведенную к расчетной нагрузке).

В случае расчета слоя усиления, исходя из величины $E_{фср}$, уровень надежности усиленной конструкции будет равен 0,5. С целью повышения уровня надежности в соответствии с «Правилами диагностики» [16]

рекомендуется вычислять оптимизированный расчетный модуль упругости дорожной одежды $E_{ор}$ по формуле

$$E_{ор} = E_{фср} (1 - B_E C_E), \quad (25)$$

где B_E – коэффициент гарантийной вероятности, оптимизирующий» величину среднего фактического модуля и зависящий от типа дорожной одежды, интенсивности и состава движения, фактической и требуемой прочности, однородности по прочности; C_E – коэффициент вариации фактических модулей упругости дорожной одежды.

Требуемая прочность дорожной одежды для определения толщины слоев усиления может быть установлена по «Инструкции» ВСН 46–83, но в этом случае необходим расчет по трем критериям (модулю упругости, сопротивлению сдвигу грунта земляного полотна и малосвязных слоев дорожной одежды, сопротивлению растяжению при изгибе монолитных слоев). Поскольку в результате оценки прочности существующей дорожной одежды имеются только данные о фактических модулях упругости, для расчета толщины слоев усиления может быть рекомендовано определение требуемого расчетного модуля упругости $E_{ТР.Р}$, учитывающего все три расчетных критерия :

$$E_{ТР.Р} = (E_{ТР} \cdot K_{П} \cdot K_S + \Delta) \cdot K_K \cdot K_M, \quad (26)$$

где $E_{ТР}$ – требуемый модуль упругости, зависящий от типа покрытия и интенсивности движения, приведенной к расчетной нагрузке, Па (МПа); $K_{П}$ – коэффициент прочности, зависящий от типа дорожной одежды и категории дороги; K_S – коэффициент, учитывающий необходимость обеспечения требуемой ровности; Δ – поправка, введение которой обеспечивает выполнение требования к прочности грунта земляного полотна по сдвигу, Па (МПа); K_K – коэффициент, учитывающий условия прочности песчаного слоя по сдвигу, Па (МПа); K_M – коэффициент, который учитывает условия прочности верхних слоев из асфальтобетона при изгибе, Па (МПа).

Более поздние исследования, выполненные на кафедре строительства и эксплуатации дорог МАДИ-ТУ, позволили рекомендовать для определения требуемого модуля упругости дорожной одежды не жесткого типа формулу, которая более полно учитывает проблему обеспечения работоспособности дорожной одежды за счет ограничения снижения ровности и соответственно скорости движения допустимыми пределами [12]

$$E_{ТР.Р} = K_{ДВ} \cdot 0,736 \cdot K_0 \cdot \alpha^{1,225} (N_{Р.С})^{0,4+0,443 \left(\frac{1}{\alpha}\right)^{0,48}}, \quad (27)$$

где $K_{ДВ}$ – коэффициент, учитывающий характер движения автомобилей (при суммарном движении расчетных автомобилей по одной поло-

се $N_{P.C}$ за срок службы, изменяющийся в пределах от $5 \cdot 10^4$ авт. до 10^7 авт., величина $K_{ДВ}$ изменяется в пределах 1,06–1,18); K_o – поправочный коэффициент, учитывающий влияние типа дорожной одежды (при капитальном типе $K_o = 1$; при облегченном $K_o = 0,9$); α – соотношение показателей конечной и начальной ровности дорожной одежды, соответствующее снижению максимальной скорости движения одиночного легкового автомобиля в допустимых пределах (в случае допустимого снижения скорости на 40 % $\alpha = 2,9$).

Введение суммарного движения расчетных автомобилей $N_{P.C}$ в формулу (27) связано с тем, что процесс снижения ровности дорожной одежды происходит, главным образом, за счет накопления остаточных деформаций под влиянием общего количества повторяющихся автомобильных нагрузок.

Для вычисления требуемого расчетного модуля упругости с необходимым уровнем надежности применяют формулу

$$E_{TR.P} = E_{TR} (1 + tC_{EO}) = E_{TR} \cdot K_E, \quad (28)$$

где t – коэффициент нормированного отклонения, соответствующий заданному уровню надежности (для дорог I и II категорий рекомендуется коэффициент надежности 0,95 – $t = 1,64$; для дорог III категории 0,90 – $t = 1,28$; для дорог IV категории 0,85 – $t = 1,04$; для дорог категории 0,6 – $t = 0,25$); C_{EO} – коэффициент вариации ожидаемого модуля упругости дорожной одежды, зависящий от вероятности дефектов в слоях дорожной одежды и земляного полотна (для дорожных одежд капитального типа $C_{EO} = 0,18$; для дорожных одежд облегченного типа $C_{EO} = 0,20$; K_E – коэффициент, учитывающий необходимый уровень надежности конструкции дорожной одежды в зависимости от вероятности дефектов в слоях дорожной одежды и земляном полотне, $K_E = 1 + tC_{EO}$, при капитальной дорожной одежде для дорог I–IV категорий $K_E = 1,30 \dots 1,19$; при облегченной одежде для дорог II–V категорий – 1,33...1,05; при переходной одежде для дорог III–V категорий $K_E = 1,32 \dots 1,06$).

Суммарное движение за срок службы дорожной одежды, приведенное к расчетной нагрузке $N_{P.C}$, следует вычислять по формуле:

$$N_{P.C} = f_{пол} \sum N_{CI} \cdot S_{IC} \cdot K_U, \quad (29)$$

где $f_{пол}$ – коэффициент, учитывающий распределение автомобилей по полосам движения, аналогичный такому же коэффициенту Инструкции ВСН 46–83; N_{CI} – суммарное количество проходов i -го типа, авт; S_{IC} – суммарный коэффициент приведения к расчетной нагрузке воздействия на дорожную одежду транспортного средства i -го типа; n – число типов автомобиля; K_U – коэффициент, учитывающий вероят-

ность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого (при капитальной одежде на дорогах II–IV категорий $K_U = 1,49...1,31$, при облегченной одежде для дорог II–V категорий $K_U = 1,47...1,06$; при переходной одежде для дорог I–V категорий $K_U = 1,19...1,04$).

$$N_{CI} = N_{iI} K_C T_{\text{рдн}} K_{\text{пу}}, \quad (30)$$

где N_{iI} – суточная интенсивность движения автомобилей i -го типа в первый год службы автомобильной дороги, авт/сут.; K_C – коэффициент суммирования, зависящий от срока службы дорожной одежды $T_{\text{сл}}$ (годы) и показателя изменения интенсивности движения автомобилей данного типа по годам q_i (при распространенном расчетном сроке службы капитальных дорожных одежд $T_{\text{сл}} = 15$ лет и величине q_i , меняющейся в пределах 0,95–1,05, значение K_C находится в пределах 11–12, величина K_C с уменьшением q_i снижается, а с увеличением q_i возрастает); $T_{\text{рдн}}$ – количество расчетных дней в году, учитывающее различные условия накопления остаточных деформаций в разные периоды года и зависящее от дорожно-климатических условий (по данным проведенных исследований, в зависимости от дорожно-климатической зоны и типа местности по условиям увлажнения $T_{\text{рдн}}$ может лежать в пределах от 60 до 140 сут.); $K_{\text{пу}}$ – коэффициент поперечной установки автомобиля, который учитывает неточное попадание последовательно движущихся автомобилей в один след, что несколько снижает активность воздействия автомобильной нагрузки (в среднем $K_{\text{пу}} = 0,7$).

В процессе расчета слоев усиления необходимо учитывать, что материал этих слоев не должен быть по качеству ниже, чем материал существующего покрытия. Например, при асфальтобетонном покрытии слой усиления должен быть так же из асфальтобетона.

3.2. Способы разборки слоев дорожных одежд и повторного использования их материалов

Полная разборка существующей дорожной одежды должна обеспечить, возможно, меньшее перемешивание материалов слоев; создать возможность более эффективного дальнейшего использования этих материалов.

Технология полной разборки слоев существующей одежды включает следующие операции.

- Послойное рыхление слоев существующего покрытия и основания, кроме песчаного, осуществляется бульдозером с навесным рыхлителем за несколько параллельных проходов вдоль проезжей части. Для слоев из гравийных и гравийно-песчаных смесей возможно применение автогрейдера с кирковщиком. Проходы рыхлительных машин

должны осуществляться с перекрытием на 0,2–0,25 ширины. Для измельчения цементобетонных покрытий и оснований и других достаточно прочных слоев из материалов, обработанных цементом в установке, эффективно применение автобетоноломов различных конструкций, разрушающих прочные слои пневмоударным или электроударным способами.

- Разрушенный материал данного слоя сдвигают в кучи, расположенные на расстоянии 15–20 м одна от другой. Сдвигку материала осуществляют бульдозером.

- Из куч материал разрушенного слоя грузят в автомобили, самосвалы, отвозящие его на промежуточные склады. Для погрузки могут быть использованы одноковшовые фронтальные грузчики либо экскаваторы с ковшем прямой или обратной лопатой. Мелкий материал можно грузить многоковшовыми погрузчиками.

- В ряде случаев возможна разборка верхнего слоя из асфальтобетона или цементобетона лишь на часть его толщины. Такая необходимость может возникать при выравнивании существующего покрытия, на котором в процессе эксплуатации образовались колеи, например другие неровности; при удалении верхнего ослабленного слоя покрытия; при необходимости уменьшить толщину существующего покрытия перед укладкой нового слоя для выравнивания или усиления существующей дорожной одежды без изменения вертикальных отметок ее поверхности. Последнее решение наиболее часто применяется в городских условиях, для того чтобы сохранить высоту расположения бортового камня над поверхностью покрытия.

В целях частичной разборки верхнего слоя широко применяют машины для холодного фрезерования покрытия. Основным рабочим органом такой машины является фреза – барабан, снабженный высокопрочными режущими зубьями. В процессе вращения фрезы – барабана срезается слой покрытия на заданную толщину, срезанный фрезой материал с помощью транспортера грузят в транспортное средство или отсыпают в отвал.

Для охлаждения рабочего органа машины его в процессе работы опрыскивают водой. Поверхность, остающаяся после фрезерования, является основанием для нового слоя покрытия. Эта поверхность должна быть параллельна поверхности укладываемого на нее слоя. Машина для холодного фрезерования должна обеспечивать:

- необходимую глубину фрезерования;
- требуемый поперечный уклон;
- заданный продольный уклон;
- чистоту кромки фрезерования.

Существует значительное количество типоразмеров машин для холодного фрезерования покрытий шириной от 1,3 до 4,2 м при максимальной глубине фрезерования от 150 до 300 мм.

Выбор типоразмера холодной фрезы зависит от объема работ и необходимой глубины фрезерования с учетом технико-экономических соображений.

При оценке возможности и целесообразности использования материалов, полученных при разборке существующих дорожных одежд, выполняют следующее:

- визуальную оценку состояния материалов и предварительное определение вида сооружения, в котором они могут быть использованы (слои вновь строящейся дорожной одежды, укрепление обочин, строительство временного объезда и др.);

- определение вида работ, необходимых для приведения материалов в состояние, пригодное для их использования в том или другом сооружении (дробление крупных кусков или фракций материалов, поливка, введение добавок);

- разработку технологии строительства из данных матери намеченных сооружений, включая способы обработки вяжущим, регенерацию старого асфальтобетона или продуктов фрезерования асфальтобетонного покрытия на заводе;

- технико-экономическую оценку применения продуктов разборки старой дорожной одежды в тех или иных сооружениях в сравнении с использованием новых материалов.

После установления вида сооружения, где может быть использован данный материал, производят в необходимых случаях испытание этого материала в лабораторных условиях для определения соответствия требованиям стандартов, СНиП и других нормативных документов (определение зернового состава щебеночных и гравийных смесей износа в полочном барабане, морозостойкости каменного материала его марки по прочности, коэффициента фильтрации гравийных смесей или песка до промывки и после промывки).

В случае обработки продуктов разборки старой одежды вяжущий подбор состава смесей производят по действующим нормативным документам.

3.3. Способы регенерации дорожных одежд и покрытий

При реконструкции автомобильных дорог широкое распространение находят методы регенерации и повторного использования материалов дорожных одежд.

Регенерация в переводе с латинского языка – восстановление, охлаждение. Применительно к дорожным одеждам и покрытиям регенерация означает восстановление их прочностных свойств, ровности, сплошности и т.д. Применительно к асфальтобетону регенерация – это обработка или переработка старого асфальтобетона с целью полезного изменения некоторых его свойств.

Следует различать близкие между собой термины «регенерация» и повторное использование материалов старого покрытия, которое в зарубежной литературе называется «рисайклинг» или «рециклинг». Повторное использование материалов старого покрытия может осуществляться без регенерации (восстановления или улучшения) свойств этого материала (например, гранулят старого асфальтобетона может быть использован для укрепления обочин). Регенерация же предполагает обязательное восстановление свойств материала и его повторное использование.

Существует большое количество методов регенерации и повторного использования материалов, которые могут быть применены при реконструкции автомобильных дорог [1, 8]. Все эти методы можно объединить в несколько групп:

- методы горячей регенерации на месте (на дороге) с использованием различных способов разогрева, разрыхления и улучшения свойств старого асфальтобетона с последующей укладкой его в покрытие;
- методы холодной регенерации на месте (на дороге), когда материал старого покрытия (асфальтобетонного или цементобетонного) снимают холодным фрезерованием, обрабатывают битумной эмульсией или цементом и укладывают в нижний слой нового покрытия;
- методы холодно-горячей регенерации (комбинированные методы), когда материал старого покрытия снимают холодной фрезой, а затем прорабатывают его с подогревом, добавлением нового щебня битума в смесительной установке и укладывают в покрытие.

При этом переработка может осуществляться на месте (на дороге) в передвижной смесительной установке или на стационарном асфальтобетонном заводе.

Из большой группы методов горячей регенерации на месте при реконструкции дорог наиболее широко применяют метод термосмешивания, выравнивания и восстановления формы покрытия с добавлением новой смеси и ее перемешиванием со старой смесью. За рубежом этот метод называется Remix, а машины для его реализации ремиксер. В России для реализации этой технологии применяются термосмеситель ДЭ–232 и сфальторазогреватель ДЭ–234. Термосмеситель ДЭ–232 позволяет за один проход обрабатывать шириной 4 м с глубиной рыхле-

ния асфальтобетона до 4,0 см. Рабочая скорость 3 м/мин, а транспортная до 7 км/ч, масса машины 40 т.

За рубежом выпускается большое количество различных модификаций ремиксеров. В России наибольшее распространение получили ремиксеры фирмы «Виртген» ФРГ.

Метод термосмешения применяют в том случае, когда на существующем покрытии имеют место дефекты в виде трещин, полей, а также, когда необходимо усилить старое покрытие. Для этого к снятому и разрыхленному материалу старого покрытия добавляют новый материал в количестве 25–50 кг/м² при ремонте без усиления до 150 кг/м² при ремонте с усилением.

Старый и новый материалы перемешивают в мешалке, получают однородную смесь, которую укладывают в виде одного слоя покрытия. Глубина фрезерования старого покрытия может достигать 50–60 мм.

Технологический процесс метода термосмешения включает в себя следующие основные операции.

- подготовительные работы, к которым относят операции определения места производства работ, подготовку машины и оборудования, разметку участка, загрузку новой смеси в приемный бункер и др.;
- предварительный и окончательный разогрев существующего покрытия;
- рыхление или фрезерование старого покрытия и подача снятого материала в смеситель;
- подача в смеситель нового материала и перемешивание его со старым;
- распределение и предварительное уплотнение асфальтобетонной смеси;
- окончательное уплотнение слоя покрытия.

Оборудование для выполнения этих операций состоит из трех панелей горелок инфракрасного излучения для предварительного разогрева, смонтированных на отдельном шасси (разогреватель типа ДЭ–234), и собственно термосмесителя типа ДЭ–232, в состав которого входят несколько блоков (панелей) нагревательных газовых горелок, емкости для сжатого газа, приемный бункер для новой смеси, рыхлитель – фреза, шнековый питатель для подачи нового материала в смеситель, мешалка (смеситель) принудительного действия, шнековый разравниватель и планирующий отвал, вибробрус для предварительного уплотнения и др.

Одной из важнейших операций является разогрев верхнего слоя асфальтобетона на глубину рыхления, которую принимают не менее

минимально допустимой толщины регенерированного слоя. Эту толщину принимают, исходя из крупности зерен асфальтобетона:

- 20 мм для песчаных смесей;
- 25 мм для щебеночных смесей с зернами размером до 15 мм;
- 35 мм для щебеночных смесей с зернами размером до 20 мм.

Обычно глубину разогрева принимают от 30 до 60 мм в зависимости от толщины верхнего слоя асфальтобетона и максимальной глубины рыхления, которую может обеспечить термосмеситель. Задача состоит в том, чтобы плавно разогреть обрабатываемый асфальтобетон до температуры его переработки, которая является в пределах от 100 до 150 °С, редко до 180–200 °С. Как правило, разогрев производится в две ступени. Сначала асфальтопрогревателем до температуры 90–100 °С, затем термосмесителем до температуры 140–150 °С или выше. Сразу после полного включения панелей горелок, которые расположены над поверхностью покрытия на высоте не менее 5 см, идет быстрое нагревание верхнего слоя.

Основные технологические операции регенерации асфальтобетонного покрытия по методу термосмешения:

- 1 – предварительный разогрев покрытия горелками инфракрасного излучения;
- 2 – доставка новой асфальтобетонной смеси;
- 3 – рыхление, фрезерование, перемешивание старого материала с новым, распределение и предварительное уплотнение;
- 4 – окончательное уплотнение.

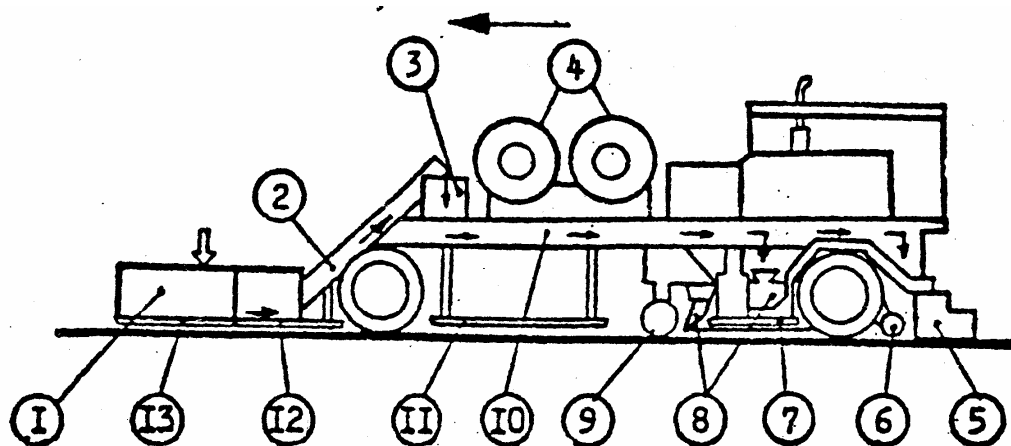


Рис. 21. Схема термосмесителя ДЭ-232:

- 1 – приемный бункер для новой асфальтобетонной смеси; 2 – транспортер;
- 3 – промежуточный бункер для новой смеси; 4 – емкости для газа;
- 5 – трамбуемый брус и вибрационная сглаживающая плита; 6 – шнек;
- 7, 11, 12, 13 – панели горелок инфракрасного излучения;
- 8 – отвал со смесителем; 9 – шнек фриза; 10 – обогреваемый транспортер

Затем нагрев верхнего слоя уменьшается или прекращается при движении разогревателя, а тепло из верхнего слоя распространяется вниз.

Режим разогрева слоя регулируют изменением давления в газовой системе, положения панелей над поверхностью покрытия или скорости движения.

После разогрева верхний слой покрытия фрезеруется и полученный гранулят (иногда называют его «фрезаж») подается в смеситель, куда вводится новая горячая смесь, которая перемешивается с гранулятом, укладывается и уплотняется.

Важно отметить, что укладка смеси ведется на горячее основание, что улучшает процесс слияния верхнего и нижнего слоев в единый монолит.

В результате за один проход получается новое, более прочное покрытие, устраняются колеи, трещины и неровности. Тем не менее обычно на слой регенерированного асфальтобетона укладывают защитный слой или дополнительный тонкий слой нового асфальтобетона.

Разновидностью метода термосмещения является метод термопластификации. Он состоит в том, что в процессе фрезерования или перемешивания, кроме новой смеси, добавляют еще и пластификатор, который улучшает свойства битума в старой асфальтобетонной смеси.

Дальнейшим развитием метода регенерации с добавлением новой смеси и ее перемешиванием является так называемый метод ремикс-плюс, который состоит в том, что на слой регенерированного асфальтобетона сразу той же машиной укладывается дополнительный слой усиления или защитный слой из новой смеси. Термосмеситель оборудуется дополнительным распределительным шнеком, расположенным за первым шнеком. Окончательное уплотнение первого и второго слоев производится одновременно сначала легким вибрационным катком с выключенным вибратором или гладковальцевым катком массой 6–8 т, затем продолжают вибрационным катком с включенным вибратором и пневмоколесным катком массой 16–20 т. Завершают уплотнение тяжелым гладковальцевым катком.

Работы по термосмещению можно производить при температуре воздуха не ниже 20 °С, а с применением дополнительного разогревателя – при температуре воздуха не ниже 5 °С. Скорость ветра не должна быть более 7 м/с. При большей скорости ветра резко возрастают потери тепловой энергии, которая рассеивается в атмосфере. Кроме того, при сильном ветре происходит задувание горелок.

Новую технологию горячей регенерации асфальтобетонного покрытия на месте разработала фирма «Мартек» (Канада), которая вы-

пускает для ее реализации специальный комплект машин AP2000. Комплект состоит из двух предварительных разогревателей, нагревателя-фрезеровщика, горячего смесителя, укладчика и катков.

Существенное отличие этой технологии состоит в том, что нагрев асфальтобетонного покрытия производится не горелками инфракрасного излучения, а нагретым до 600 °С воздухом, который обтекает поверхность покрытия, нагнетается в поры асфальтобетона под давлением, создаваемым компрессором и вакуумированием (откачиванием) воздуха.

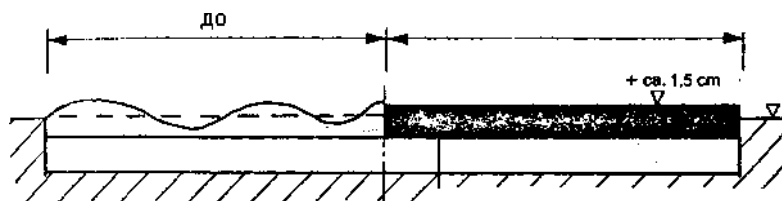


Рис. 22. Вид покрытия до и после регенерации новый слой покрытия из старого материала + приблизительно 35 кг/м² дополнительного материала

Подогрев воздуха может производиться сжиганием газа или дизельного топлива. Разогревающее устройство в виде герметического замкнутого прямоугольника (коробки) плотно прижимается к поверхности покрытия. В пространство между покрытием и разогревателем с одной стороны накачивается горячий воздух, а с другой стороны отсасывается вакуумным насосом. Для повышения эффекта прогревания слоя асфальтобетона в нем просверливаются отверстия. Откаченный горячий воздух снова поступает в компрессор и так многократно циркулирует. Это способствует снижению потерь теплоэнергии при разогреве асфальтобетонного покрытия по сравнению с разогревом горелками инфракрасного излучения, полностью исключает выгорание битума и пережог смеси, а также выделение выбросов газа, дыма и пыли в атмосферу. Ширина обрабатываемой полосы может изменяться в диапазоне 3,3-4,0 м, глубина разогрева до 50 см скорость движения комплекта от 5 до 7 м/мин. За одну смену комплект обрабатывает полосу длиной около 3 км.

Эффективность работы этого комплекта особенно высока в больших объемах работ. Изложенная технология применена на дорогах Канады, США и Италии.

Методы холодной регенерации включают в себя снятие и измельчение материала слоев асфальтобетонного или цементобетонного покрытия, их обработку органическим или минеральным вяжущим с добавлением или без добавления новых минеральных материалов, укладку и уплотнение.

Одними из основных технологических операций холодной регенерации являются снятие и размельчение материалов слоев существующей дорожной одежды (см. п.2.6). Эти операции обычно производят с помощью холодных фрез, т.е. фрез, которые разрушают дорожное покрытие без подогрева.



Рис.23. Фрезерный вал с резцами

В настоящее время выпускается большое количество типов машин для фрезерования дорожных покрытий. Эти машины отличаются шириной и глубиной фрезерования, а также рабочей скоростью, которая и определяет их производительность.

В России АО «Брянский арсенал» совместно с итальянской фирмой «Бителли» освоило выпуск фрезы для холодного фрезерования ЗРЮОТ 4. Она обеспечивает ширину фрезерования 1000 мм, глубину фрезерования до 250 мм, рабочую скорость 0...30 м/мин в зависимости от глубины фрезерования.

Основным рабочим органом любой машины для фрезерования является режущий барабан, или фрезерный вал, на котором установлены сменные резцы с наконечниками из прочного сплава, например карбида вольфрама (рис. 23). Эти резцы, расположенные по двух-заходной винтовой линии, обычно осуществляют встречное резание, т.е. врезаются в материал дорожного покрытия снизу вверх, когда машина движется вперед.

Производительность машины во многом зависит от прочности покрытия и заполнителя в смеси. Чем прочнее заполнитель и мельче его гранулометрический состав, тем быстрее изнашиваются резцы и ниже производительность машины.

Для большинства асфальтобетонных покрытий, за исключением случая, когда заполнитель имеет очень низкую прочность, зубья планировщика разрушают старое дорожное покрытие по линиям асфальтовяжущего вещества. При этом, гранулометрический состав исходной смеси изменяется очень мало. Снятые куски асфальтобетона и щебенки

обычно покрыты вяжущим, что позволяет использовать их для приготовления новой смеси с минимальным расходом битума или битумной эмульсии.

Холодным фрезерованием можно снимать старое покрытие послойно и тем самым отделять материал верхнего слоя из мелкозернистого асфальтобетона от материала нижнего слоя из крупнозернистого асфальтобетона, с последующей укладкой в соответствующие слои дорожной одежды.

Холодное фрезерование дорожного покрытия при реконструкции дорог применяют для снятия старого покрытия с трещинами. В целях предупреждения выхода трещин на новое покрытие при усилении дорожной одежды; для восстановления поперечного профиля дорожной одежды и устранения колеи, выбоин и других деформаций; увеличения вертикального габарита путепровода над дорогой; уменьшения собственного веса дорожной одежды на мостах и путепроводах; сохранения высоты бордюров и отметок водосборных, водоотводящих и дрена систем в населенных пунктах, на городских улицах и в других случаях.

Глубина фрезерования зависит главным образом от состояния покрытия. Чаще всего одним проходом фрезерной машины снимают верхний слой, а на нижний слой укладывают новое покрытие из одного или нескольких слоев.

Полученный при холодном фрезеровании гранулят может быть повторно использован без переработки или с переработкой на месте в передвижной установке или на стационарном заводе.

Одним из способов применения снятого материала на месте может служить его использование в режиме холодной переработки. В этом способе снятый материал смешивают с жидким битумом, битумной эмульсией или вспененным битумом фрезой или в передвижной установке по схеме: фрезерование, добавление катионной эмульсии, добавление минеральных материалов при необходимости, распределение смеси и уплотнение.

На слой покрытия из этого материала необходимо уложить защитный слой, или тонкий слой износа.

В НПО РосдорНИИ разработан метод повторного использования гранулята путем изготовления асфальтогранулобетонной смеси (АГБ-смеси), укладки и уплотнения, в результате формируется асфальтогранулобетон (АГБ).

АГБ-смесь приготавливают в смесительной установке с принудительным перемешиванием в холодном состоянии асфальтобетонного гранулята с добавками: щебня фракций 5–25 мм (если необходимо), цемента, катионной битумной дорожной эмульсии и воды смачивания,

если влажность гранулята ниже 1 %. Добавки в гранулят вводят в таком порядке: щебень, вода смачивания, эмульсия, цемент.

При приготовлении АГБ – смеси может быть использован гранулят, полученный как при послойном, так и однопроходном фрезеровании существующего покрытия на глубину 14 – 30 см. Однако кривая гранулометрического состава гранулята должна иметь плавное очертание и вписываться в границы составов для пористых и высокопористых смесей, зерен щебня фракций крупнее 5 мм должно быть не менее 35 – 40 %. В противном случае к грануляту добавляют щебень.

Ориентировочная доля отдельных компонентов по массе гранулята составляет:

битумной эмульсии	– 2 – 4 % ;
портландцемента	– 2 – 5 % ;
воды	– 4 – 6 % .

Приготовленная смесь укладывается на подготовленном основании при температуре воздуха не ниже 0°С и уплотняется сначала виброплитой, а затем звеном катков. После испарения (примерно через 2 ч после окончания уплотнения) можно открывать движение автотранспорта с ограничением скорости до 40 км/ч. Через 4-5 часов можно укладывать следующий слой асфальтобетона, который выполняет роль защитного слоя и слоя износа.

Вся технология может быть реализована в двух вариантах:

а) ведущая машина – фрезеровальная машина. В этом случае перемешивание и укладка смеси производятся в передвижном смесителе;

б) ведущая машина – фрезеровально-смешивательная машина, которая выполняет все операции по фрезерованию, перемешиванию укладке и предварительному уплотнению смеси.

Методы холодно-горячей регенерации (комбинированные методы) можно разделить на две группы:

а) с переработкой старого асфальтобетона на месте (на дороге) передвижных смесительных установок;

б) с переработкой старого асфальтобетона на стационарных асфальтобетонных заводах.

Технология холодно-горячей регенерации с переработкой старого асфальтобетона на месте в передвижной смесительной установке была реализована в России при реконструкции дороги Москва-Минск с использованием специального комплекта машин, поставлена итальянской фирмой «Павиметалл». Основной машиной этого комплекта является передвижная асфальтосмесительная установка с сушильным барабаном фирмы «Марини».

В состав комплекта входят щебнераспределитель, холодная фрезеровальная машина, передвижная асфальтосмесительная установка, асфальтоукладчик, комплект катков.

Технология работ включает следующие операции:

- на очищенное от пыли и грязи покрытие распределяется равномерный слой щебня на всю полосу регенерации. Новый щебень обычно добавляют в количестве 50–70 % от объема с фрезерованного гранулята;
- холодной фрезой на глубину 30–50 мм снимается верхний слой покрытия, измельчается, одновременно перемешивается с новым щебнем и выкладывается в виде вала на полосе фрезерования;
- погрузчиком-питателем смесь гранулята со щебнем подается в движущийся сушильный барабан асфальтосмесительной установки, где смесь высушивается и подогревается до рабочей температуры;
- горячая смесь поступает в смесительное отделение асфальтосмесителя, куда вводится битум в количестве 5–7 % от массы нового щебня, и перемешивается;
- из смесителя готовая смесь выгружается в приемный бункер асфальтоукладчика, распределяется и предварительно уплотняется;
- окончательное уплотнение производится комплектом катков.

В результате общая толщина асфальтобетонного покрытия увеличивается на 2–4 см. На этот слой укладывается защитный слой в виде поверхностной обработки или слой износа из новой асфальтобетонной смеси.

В городских условиях переработку снятого холодной фрезой гранулята, как правило, производят на стационарных асфальтобетонных заводах, где имеются лучшие условия для обеспечения высокого качества регенерированного асфальтобетона.

3.4. Уширение дорожной одежды и укрепление обочин

Одной из главных задач при реконструкции автомобильных дорог является повышение обеспеченной дорогой скорости, пропускной способности и безопасности движения.

Наиболее распространенной мерой решения этих задач увеличение ширины укрепленной поверхности дороги, которое быть достигнуто различными способами: уширением проезжей части, т.е. дорожной одежды; устройством укрепленной краевой переходной полосы; укреплением обочин; комбинацией из двух или трех перечисленных способов. Установлено, что режим и безопасность движения автомобилей имеют прямую зависимость от ширины укрепления поверхности дороги, которая обеспечивает размеры психологически безопасного коридора.

Для повышения скорости и безопасности движения устройство краевых укрепленных полос и обочин соизмеримо с увеличением ширины проезжей части, хотя конструкция дорожных одежд на краевой полосе и на обочине существенно отличается по толщине от конструкции дорожной одежды на проезжей части.

Поэтому при назначении величины и способа уширения укрепленной поверхности необходимо рассматривать и сравнивать экономически все возможные варианты решения этой задачи с учетом технологических особенностей выполнения работ при различных конструктивных решениях.

Установлено, что необходимая для обеспечения удобного и безопасного движения ширина укрепленной поверхности двухполосных дорог с интенсивным движением составляет 8,5–9,0 м. Это требование соблюдено на дорогах с шириной проезжей части 7–7,5 м и шириной краевых полос 0,5–0,75 м или укрепленных каменными материалами, обработанными органическими или минеральными вяжущими.

Однако на многих существующих дорогах ширина укрепленной поверхности не отвечает требованиям СНиП. На этих дорогах в процессе ремонта, частичной или полной реконструкции в первую очередь производится уширение проезжей части или устройство краевых укрепленных полос с укреплением обочин. Величина уширения проезжей части, как правило, составляет от 0,3 до 1,5 м. Такое уширение проезжей части и устройство краевых укрепленных полос производятся без уширения земляного полотна, за счет уменьшения ширины обочин.

На некоторых дорогах II категории с высокой интенсивностью движения при ограниченных финансовых ресурсах дорожные организации иногда принимают паллиативное решение: уширение проезжей части на одну полосу движения за счет уменьшения ширины обочин без уширения земляного полотна. В этом случае дорога имеет трехполосную проезжую часть, на которой несколько снижается безопасность движения, но возрастает пропускная способность. Узкие обочины нужно тщательно укрепить материалами, обработанными вяжущим. Такое решение дает возможность временно продолжить эксплуатацию дороги до момента ее полной реконструкции и тем самым отдалить крупные единовременные затраты.

При полной реконструкции автомобильной дороги II категории наиболее рациональным решением является перевод таких дорог в I категорию, т.е. двухстороннее симметричное уширение проезжей части с добавлением четного количества полос движения и одновременным уширением земляного полотна, или строительство новой проезжей части на отдельном земляном полотне.

Наиболее сложную задачу при уширении проезжей части представляет собой надежное сопряжение существующей и уширяемой частей дорожной одежды. При выборе конструкции дорожной одежды на полосе уширения необходимо соблюдать ряд требований.

Конструктивные слои уширения для лучшего сопряжения должны быть близки по толщине и качеству материалов к слоям существующей одежды. На уровне слоя из разрушенного цементобетона на полосе уширения может быть уложен прочный щебень.

Прочность полосы уширения должна быть равна прочности остальной части дорожной одежды. При укладке слоев одежды на уширении нужно тщательно контролировать степень уплотнения, устройства дорожной одежды на уширении перекрывают всю проезжую часть, включая существующую дорожную одежду, слоем асфальтобетона с таким расчетом, чтобы продольный стык на нем не совпадал (в плане) с точками сопряжения существующей и уширяемой дорожных одежд.

Для предотвращения образования отраженных трещин под сопряжения существующей и уширяемой дорожных одежд укладывают армирующую прослойку из жестких, обладающих минимальной растяжимостью синтетических материалов (сеток).

Верхний слой асфальтобетона, перекрывающий всю проезжую часть, целесообразно устраивать из полимерасфальтобетонной смеси.

При выборе конструкции краевых полос для дорожных одежд жесткого типа определенное предпочтение следует отдавать краевым полосам из материалов, обработанных минеральным вяжущим, в том числе цементом. Такая краевая полоса обладает высокой механической прочностью и устойчивостью, более светлым цветом, что способствует повышению безопасности движения. Кроме того, упрощается технология устройства краевой полосы из монолитного цементобетона благодаря применению узкозахватных бетоноукладчиков (типа Гомако и др.).

При уширении дорожной одежды с цементобетонным покрытием (аналогичной одежде на МКАД) целесообразно существующую и уширяемую проезжие части перекрывать слоем усиления из непрерывного армированного бетона минимальной толщины (порядка 10 см). При качественном выполнении работ срок службы непрерывно армированных покрытий превышает 45 лет при незначительных затратах на ремонт и содержание. Такие конструкции наиболее эффективны при интенсивном движении автомобилей, основную часть которых составляют тяжелые грузовые автомобили. Наиболее целесообразно применение этих конструкций на подходах и обходах крупных городов и на дорогах высших категорий.

При двухстороннем уширении дорог без разделительной полосы (ниже I категории) ось проезжей части после реконструкции совпадает с осью проезжей части до реконструкции.

В этом случае поперечный профиль проезжей части обычно сохраняется, но ширина полосы уширения большей частью невелика. Так, например, при реконструкции дороги III категории, имеющей проезжую часть 7,0 м (без краевой полосы), получают дорогу II категории с краевой полосой (ширина укрепленной поверхности 9,0 м), полоса уширения с каждой стороны составит 1,0 м. А если дороги III категории имеют краевую полосу, то ширина полосы уширения уменьшается до 0,5 м.

Устройство дорожной одежды на краевых полосах и на обочинах по типу существующей дорожной одежды начинают с отрывки траншеи, которую рационально выполнять экскаваторами непрерывного действия цепного или роторного типа. Это значительно повышает ровность дна траншеи, производительность и качество работ.

Распределение и укладку несвязных материалов нижних слоев можно выполнять экскаваторами одноковшовыми с емкостью ковша 0,1–0,25 м³ или минипогрузчиками (типа Бобкат). Уплотнение материалов можно эффективно выполнять виброплитами (отечественного или зарубежного производства).

Распределение и укладку верхних слоев (из различных смесей) рационально выполнять укладчиком типа ДС-76 с уплотняющим оборудованием по типу асфальтоукладчика. Укладка узких полос уширения достаточно сложна технологически, с краев существующей проезжей части устраивают ровики (траншеи). Для устройства таких ровиков возможно применение отвала автогрейдера со съемной накладкой. Уплотнение материала на полосе уширения малой ширины может осуществляться специальным катком.

При одностороннем уширении технология строительства этой полосы несколько упрощается, так как возможно применение той же дорожно-строительной техники, что и при новом строительстве, ось новой проезжей части в процессе реконструкции приходится смещать, что требует дополнительных затрат на укладку выравнивающего слоя.

Устройство дорожной одежды на краевых полосах можно выполнять однопроходной грунтосмесительной машиной (типу ДС-162) с шириной обработки рабочими органами, соответствующей данной автомобильной дороге. Глубина обработки должна соответствовать толщине дорожной одежды и слоя усиления, с учетом проектных значений поперечных уклонов и запаса на уплотнение.

Таблица 11

Технические параметры экскаваторов непрерывного действия

Параметры машин	Марка экскаватора									
	ЭТР-132	ЭТР-162	ЭР-7АМ	ЭТР-231	ЭТЦ-202	ЭТЦ-163	ЭТЦ-161	ЭТЦ-354		
Глубина отрываемой траншеи, м	1,3	1,6	1,8-2,2	2,3	2,0	1,7	до 1,6	до 3,5		
Ширина траншеи, м	0,27	0,8	1,0-1,4	1,8	0,5	0,25	0,2 и 0,4	до 2,8		
Рабочая скорость, м/ч	10-800	5-300	31-300	38-224	15-590	15-500	10-400	12,5-114,0		
Выдерживаемый уклон дна траншеи, %	до 100 %, на подъемах и спусках до 10 %									
Тип экскаватора	роторный ковшовый					цепной				

Таблица 12

Технические параметры виброплит

Марка виброплиты	Фирма, страна	Масса, кг	Ширина уплотнения, м	Отношение вынуждающей силы к частоте, кг/Гц	Мощность, кВт
СУ-700	Динапак, Швеция	700	0,85	5000/50	12,8
РУ-5000	АБГ, Германия	700	1,0	5000/50	11,0
SV-8022	Делмаг, Германия	850	1,2	8000/44	14,7
SV-4512	Делмаг, Германия	380	0,75	4500/46	5,1
ВР-50	Бомаг, Германия	400	0,9	3500/58	5,1
ВР-34	Бомаг, Германия	610	1,1	5100/24	6,2

Использование местных грунтов и материалов, обработанных комплексными вяжущими, по такой технологии позволяет сэкономить от 20 до 35 % стоимости производства работ.

Как правило, одновременно с уширением производят и усиление существующей дорожной одежды.

При уширении существующей проезжей части на дорогах I категории большей частью это уширение осуществляют на одну, две, а иногда и более полосы движения шириной по 3,75 м. Технология строительства таких полос близка технологии нового строительства и вызывает меньше организационных затруднений, чем строительство узкой полосы. Однако здесь, как и во всех случаях уширения, большое значение имеет прочность сопряжения существующей дорожной одежды с новой конструкцией.

Качество такого сопряжения обеспечивается в определенной степени применением близкой конструкции полосы уширения и существующей дорожной одежды, а также сплошным слоем усиления по всей полосе проезжей части. При этом не следует допускать, чтобы продольный стык полос укладки асфальтобетона при устройстве слоя усиления проходил над сопряжением старой одежды и полосы уширения.

В случае уширения существующего цементобетонного покрытия или основания хорошее качество сопряжения с цементобетонной полосой уширения дает конструкция. Однако эта конструкция достаточно сложна технологически.

Большой опыт реконструкции автомагистрали I категории дают работы, осуществляемые на Московской кольцевой автомобильной дороге (МКАД).

Полоса уширения включает два слоя укатываемого бетона с прослойкой битумной эмульсии, технологический слой щебня и песчаный морозозащитный слой. Затем по всей ширине проезжей части строят двухслойное асфальтобетонное покрытие, причем верхний слой – из смеси на модифицированном битуме.

Было рассмотрено несколько вариантов конструкции усиления дорожной одежды.

Расчетная приведенная интенсивность движения на одну наиболее нагруженную полосу, исходя из общей интенсивности и состава движения, на расчетный 2015 год составит 6045 автомобилей в сутки с нагрузкой на ось 100 кН (100тс). Указанной приведенной интенсивности движения соответствует требуемый модуль упругости $E_f = 320$ МПа.

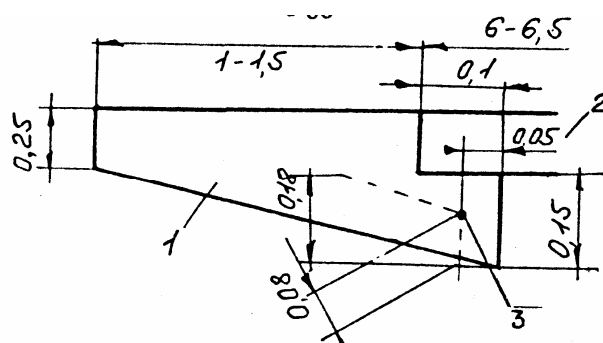


Рис. 24. Уширение цементобетонного покрытия с обеспечением совмещения полосы уширения с существующим покрытием:
 1 – цементобетонная полоса уширения; 2 – существующие цементобетонное покрытие; 3 – арматурный стержень

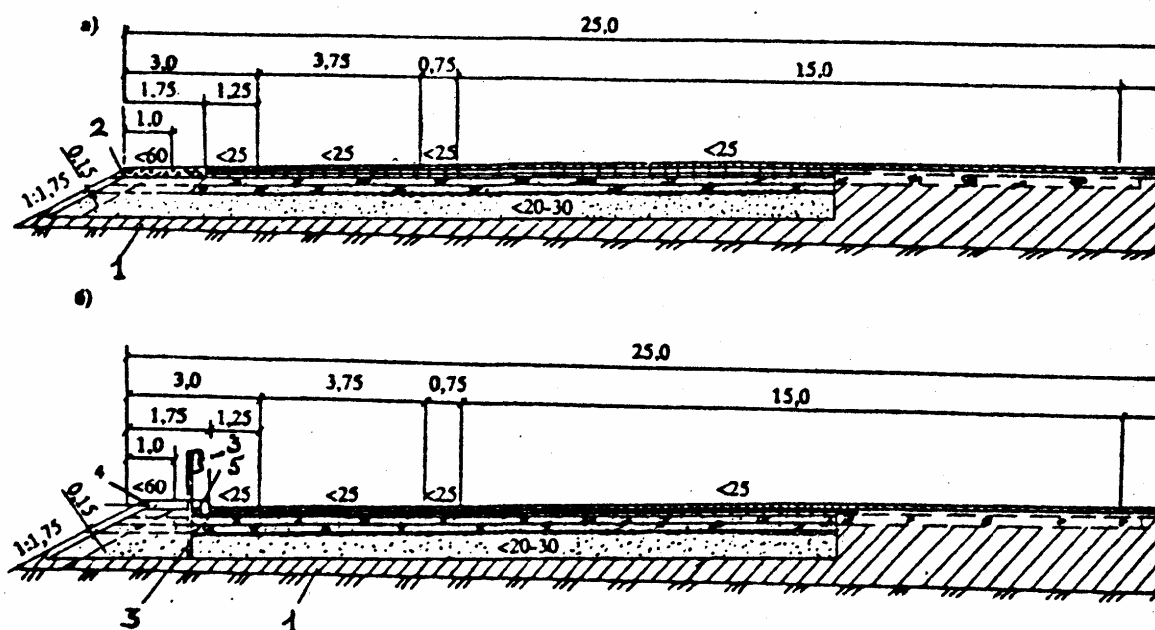


Рис. 25. Конструкции дорожной одежды, принятые при реконструкции МКАД:
 а – на участках дороги с продольным уклоном от 0 до 3 ‰;
 б – на участках дороги с продольным уклоном более 3 ‰;
 1 – непучинистый или слабо пучинистый грунт земляного полотна;
 2 – укрепление обочин подобранным щебёночным материалом слоем толщиной 0,23 м; 3 – ограждение; 4 – укрепление обочин растительным грунтом слоем толщиной 0,23 м; 5 – бордюр

В результате технико-экономического сравнения вариантов конструкций дорожных одежд для уширения МКАД принята следующая дорожная одежда:

- верхний слой покрытия из плотного асфальтобетона из горячей мелкозернистой щебёночной смеси типа А, I марки (ГОСТ 9128–84) на дробленом (или природном с добавлением дробленого песка) гранит-

ном щебне М-1200, с 1997 г. на габбродиабазном щебне и модифицированном битуме на основе ДСТ (ТУ 35-1669–88), толщиной 8 см;

- нижний слой покрытия из пористого асфальтобетона из горячей крупнозернистой щебеночной смеси, I марки (ГОСТ 9128–84), на гранитном щебне М-1200, толщиной 0.08 см (с 1996 г, из плотного асфальтобетона, типа Б, I марки (ГОСТ 9128–84));

- основание из высокопористого асфальтобетона из горячей крупнозернистой смеси, I марки, на гранитном щебне М-1200, толщиной 10 см (с 1996 г. из пористого асфальтобетона горячей крупнозернистой смеси, I марки, на гранитном щебне М-1200 толщиной 10 см);

- основание из укатываемого цементобетона М-100 (B_{btb} 1,6; R_u 20) (ТУ 218 РСФСР 620–90) на известняковом щебне М-600, укладываемом в два слоя толщиной 0.18 и 0.15 м, с разделительной прослойкой между слоями из битумной эмульсии или помароли; дополнительный слой основания из песка (ГОСТ 8736–85), толщиной 0,5–0,8 м с устройством по нему технологического слоя из известнякового щебня М-600 фракций 40–70 мм/толщиной 0,1–0,15 м.

Опыт эксплуатации реконструированных участков МКАД показал, что на ряде участков в месте сопряжения существующей проезжей части с полосой уширения появилась продольная трещина.

Для предотвращения образования продольной трещины в стыковки старой и вновь пристраиваемой дорожной одежды устраивают геосетки. Усиление существующей дорожной одежды производится покрытием из плотного асфальтобетона, из горячей мелкозернистой щебеночной смеси типа А, I марки, толщиной 6 см на выравнивающем слое из той же смеси толщиной 2 см.

При производстве работ на МКАД применяли наиболее совершенные дорожные машины, в том числе широкозахватные асфальтоукладчики со следящей системой для обеспечения ровности, а виброкатки массой 8–10 т для уплотнения.

3.5. Применение щебеночно-мастичного асфальтобетона

Более полная реализация высоких свойств дорожных покрытий достигается в щебеночно-мастичном асфальтобетоне (ЩМА). Увеличение содержания кубовидного щебня и асфальтовязущего вещества в ЩМА значительно повышают трещиностойкость и сдвигоустойчивость, увеличивают водонепроницаемость, сопротивление многократному воздействию нагрузок.

В зависимости от назначения и области применения ЩМА структура скелета формируется из щебня с максимальным размером зерен 5–10 мм, 10–15 мм или 15–20 мм, при содержании битума 6–7 %.

Ежегодные обследования построенных участков дорог, где в качестве материала покрытия применен щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА), отражают преимущества данного материала при оценке эксплуатационных характеристик: отсутствие колеи, выбоин, поверхностного выкрашивания и шелушения на всем протяжении экспериментальных участков покрытий. При этом ширина раскрытия «отраженных» трещин на поверхности ЩМА в 1,5–2 раза меньше, чем в асфальтобетоне типа А, отсутствуют разрушения асфальтобетона в зоне трещин.

Высокая плотность, сдвиго- и трещиноустойчивость, износостойкость позволяют устраивать тонкие слои из ЩМА практически на всех типах оснований, в том числе на ортотропных плитах металлических мостов. Повышенная устойчивость ЩМА к эрозионным разрушениям подтверждена высокими показателями водостойкости при длительном водонасыщении и низкими показателями водонасыщения в образцах из покрытия; покрытие характеризуется более высокой шероховатостью по сравнению с покрытием из асфальтобетонной смеси типа А той же крупности – примерно в 1,8 раза. Экспериментально доказан эффект «самозалечивания» дефектов в структуре ЩМА. При транспортировке ЩМА к месту укладки и перегрузке в бункер асфальтоукладчика материал не подвержен сегрегации. На наш взгляд, при строительстве и ремонте верхних слоев покрытий на автомобильных дорогах с тяжелым и интенсивным движением городских улиц и дорог применение ЩМА наиболее перспективно.

- ЧТО ТАКОЕ ЩМА?

Щебеночно-мастичный асфальтобетон – будущее дорожных покрытий.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) был разработан в 60-х годах в Германии и в настоящее время нашел широкое применение во многих странах при устройстве верхних слоев дорожных покрытий. Зарубежные стандарты предусматривают более 10 марок горячих смесей ЩМА – в зависимости от максимальной крупности применяемого щебня. В России по разработанным в ФГУП «СОЮЗДОРНИИ» техническим условиям (ТУ-5718.030.01393697–99) регламентированы смеси ЩМА-10, ЩМА-15 и ЩМА-20, которые приготавливаются на основе щебня крупностью до 10, 15 и 20 мм. *Данные смеси предназначены для устройства верхних слоев покрытия толщиной от 3 до 6 см.* Но что же такое ЩМА и чем он хорош? Зерновой состав ЩМА включает высокое содержание фракционированного щебня (70–80 % по массе) с улучшенной (кубовидной) формой зерен с целью создания максимально устойчивого минерального остова в уплотненном слое покрытия. Сдвигоустойчивость покрытия из ЩМА, характеризующая сопротив-

ление колееобразованию, обеспечивается, главным образом, требуемым значением коэффициента внутреннего трения. Поэтому в песчаной части смеси применяется исключительно песок из отсевов дробления горных пород, так как природный песок снижает коэффициент внутреннего трения. Кроме того, высокое содержание крупной фракции каменного материала в ЩМА позволяет получить шероховатую поверхность покрытия и обеспечить требуемые значения коэффициента сцепления колеса с покрытием. Кривые зерновых составов минеральной части ЩМА существенно отклоняются от кривых плотных смесей.

Следующей особенностью ЩМА является повышенное, по сравнению с традиционными горячими смесями, содержание битума (5,5–7,5%). Большое количество вяжущего препятствует проникновению влаги внутрь слоя, повышает устойчивость к старению, водо-морозостойкость, трещиностойкость и, в конечном счете, значительно увеличивает долговечность покрытия. В некоторых зарубежных странах срок службы покрытий из ЩМА составляет более 20 лет. Однако повышенное содержание битумного вяжущего в смеси нужно стабилизировать, то есть предотвратить его отслоение и стекание с поверхности зерен щебня при высоких технологических температурах приготовления, хранения, транспортирования и укладки. Данная проблема легко решается введением в смесь стабилизирующей добавки, например целлюлозного волокна.

В 2000–2001 годах в России в порядке производственно-опытного внедрения было уложено около 200 тыс. м² покрытий из ЩМА. Основной объем внедрения был осуществлен при строительстве автомобильной дороги «Дон» на участке МКАД – Кашира, где сначала на 118–119 км, а затем с 95 по 105 км был уложен верхний слой покрытия из ЩМА-15 и ЩМА-20. В результате устройства покрытия, которое осуществлялось ЗАО ССУ «Асфальт», ОАО «Центродорстрой», были отработаны технологии приготовления, укладки и уплотнения смесей из ЩМА. Щебеночно-мастичный асфальтобетон готовили в смесительных установках периодического действия фирм «AMMANN» и «TELТОМАТ» (Германия) производительностью 300 и 240 т/час соответственно путем смешивания в нагретом состоянии щебня, песка из отсевов дробления, минерального порошка и битума, а также стабилизирующей добавки в виде пропитанных битумом и спрессованных гранул из волокон целлюлозы. Стабилизирующие добавки вводили в смеситель АБЗ на разогретый каменный материал до или вместе с минеральным порошком, производя «сухое» перемешивание в течение 15–20 с. При последующем перемешивании смеси с битумом стабилизирующая добавка равномерно распределяется в объеме асфальтового вяжущего веще-

ства. Вводимый в смеситель стабилизатор дозировали вручную. Однако для уменьшения вероятности ошибки и снижения трудоемкости потребное количество стабилизирующей добавки от 0,2 до 0,45 % или 2,0–4,5 кг на 1 т смеси необходимо дозировать с допустимой погрешностью + 5 %, используя специальные дозирующие системы объемного или весового типа.

Дозирование стабилизирующей добавки может осуществляться автоматически из силосной башни или контейнера. При использовании системы объемного дозирования стабилизирующая добавка из контейнера или силосной башни объемом 3–4 м³ через роторное дозирующее устройство поступает в пневматический конвейер и по трубопроводу подачи диаметром 150 мм подается в циклон с встроенной загрузочной воронкой и датчиком наличия материала. Далее добавка через автоматический клапан выпускного отверстия попадает в трубопровод подачи материала в смеситель.

Система весового дозирования отличается от объемной тем, что добавка из контейнера или силосной башни с помощью шнекового конвейера сначала подается в весовой бункер, где дозируется, а уже затем поступает в трубопровод пневматического конвейера.

Дальнейшая схема прохождения материала аналогична системе объемного дозирования. В обеих системах дозирования в нижней части контейнера или силосной башни монтируется датчик контроля прохождения материала, который автоматически включает вибратор, установленный на нижней наклонной стенке контейнера или силосной башни при возможном отсутствии материала. Вибратор побуждает добавку перемещаться в контейнере или силосной башне в случае его зависания. Еще одним вариантом дозирования стабилизатора является использование линии подачи в смеситель старогоасфальтобетона, являющейся штатным оборудованием на современных смесительных установках.

Спецификой смеси является, в частности, более высокая, по сравнению с обычными асфальтобетонными смесями, температура приготовления. Это связано с температурной чувствительностью смеси и с тем, что ЩМА укладывается в основном тонкими слоями, склонными к быстрому охлаждению.

Приготовленную асфальтобетонную смесь из смесителя перегружали в накопительные бункеры и далее – в кузова автомобилей самосвалов для транспортирования ее к месту укладки. Использование накопительных бункеров в качестве временного склада для хранения смесей ЩМА позволяло обеспечивать ритмичность их выпуска независимо от наличия транспортных средств, изменения режимов уклад-

ки, а также сократить время загрузки автомобилей и повысить производительность АБЗ. Однако опыт проведения работ показал, что время хранения смеси ЩМА в бункере не должно превышать 0,5 часа.

Проблемой традиционных горячих асфальтобетонных смесей является склонность к сегрегации на всех технологических переделах. В связи с этим следует отметить, что у смесей ЩМА отсутствовали признаки сегрегации в процессе приготовления, хранения, транспортирования и укладки. Транспортирование смесей ЩМА к месту укладки осуществлялось большегрузными автосамосвалами, оборудованными тентами для предотвращения остывания смесей. Термоизоляции смеси придавалось важное значение, так как ее температура в момент выгрузки в бункер асфальтоукладчика должна быть не ниже 150 °С.

Подготовительные работы перед укладкой верхнего слоя покрытия состояли из обычного набора операций: выравнивания, очистки и подгрунтовки поверхности нижележащего слоя. Особое внимание уделялось обеспечению сцепления между слоями. В связи с повышенным содержанием битума в ЩМА перерасход битума в связующем слое недопустим. Битумная эмульсия наносилась на подготовленную поверхность нижнего слоя покрытия автогудронатором с нормой расхода 0,2–0,3 л/м². При нанесении эмульсии на отфрезерованную поверхность ее норма увеличивалась в 1,5 раза.

Технология укладки и уплотнения смесей из щебеночно-мастичного асфальтобетона выполняется стандартным оборудованием – асфальтоукладчиками и катками, но вместе с тем имеет свои специфические особенности. Укладка верхнего слоя покрытия из ЩМА на автодороге МКАД – Кашира осуществлялась сразу на всю ширину (13,6 м) тремя гусеничными асфальтоукладчиками моделей Super-1800 и Super-2500 фирмы «Vogele» (Германия).

Два укладчика были оснащены рабочими органами типа SB 475 TV с трамбуемым брусом и виброплитой, а один – рабочим органом высокого уплотнения АВ 475 TP2 с трамбуемым брусом и двумя прессующими планками. Предварительное уплотнение осуществлялось лишь трамбуемым брусом с частотой 800–1000 уд/мин и ходом бруса 4 мм. Рабочий орган асфальтоукладчика устанавливали выше проектной отметки поверхности покрытия с учетом припуска на уплотнение, составляющего 5–10 % от толщины слоя. В процессе укладки за асфальтоукладчиком, оснащенным более тяжелым и длинным рабочим органом высокого уплотнения, наблюдались случаи выдавливания избыточного вяжущего на поверхность покрытия. Эта особенность должна быть учтена при выборе уплотняющего рабочего органа и режимов его работы при укладке ЩМА.

Базой для работы автоматических систем асфальтоукладчиков служили копирные струны, 6-метровые лыжи и короткие лыжи (башмачки). Асфальтоукладчики располагались уступом, один за другим, с расстоянием между ними 10–30 м. Скорость укладки зависела от ритмичности доставки смеси к асфальтоукладчикам и находилась в пределах 2,0–3,0 м/мин. Однако следует отметить, что при возможности стабильной доставки больших объемов смеси на линию скорость укладчиков может быть увеличена до 4,0–5,0 м/мин. После прохода асфальтоукладчика поверхность покрытия имела требуемую фактуру с равномерно распределенным каменным материалом без раковин, трещин, разрывов сплошности и других дефектов.

Специфика щебеночно-мастичного асфальтобетона – отсутствие сухого контакта между отдельными частицами каменного материала, что предопределяет технологию уплотнения, при несоблюдении которой возможно разрушение общей структуры слоя покрытия. В связи с этим уплотнение ЩМА на опытном участке автодороги МКАД – Кашира осуществлялось гладковальцовыми катками массой 9–11 т в статическом режиме.

Во избежание раздавливания крупных зерен каменного материала использование вибрации на катках недопустимо. Также из-за высокого содержания вяжущего для уплотнения покрытия из ЩМА нельзя использовать катки на пневмошинах. Уплотнение верхнего слоя ЩМА толщиной 5 см производилось отрядом из 6 катков – по два за каждым асфальтоукладчиком. Каждый из катков совершал по шесть проходов по одному следу на скорости 5–6 км/час. Учитывая ускоренное остывание слоя ЩМА, уплотнение осуществлялось при наибольшей температуре смеси, при максимально возможном в процессе укатки приближении катков к асфальтоукладчикам короткими захватками по 50–60 м. В связи с тем, что смеси ЩМА более липкие, чем обычные смеси из плотного асфальтобетона по ГОСТ 9128–97, необходимо было обеспечить хорошее орошение вальцов катков водой. В отдельных случаях, когда поверхность вальца смачивалась неполностью, отмечено налипание на него смеси. При этом на поверхности укладываемого покрытия появились дефекты в виде вырывов щебня. Эти дефекты были легко ликвидированы путем добавления и разравнивания горячей смеси перед проходом катка.

Таким образом, не нашло подтверждения существовавшее мнение о невозможности исправления локальных дефектов покрытия в горячем состоянии в процессе укладки и уплотнения. Однако «тяжелая» для ручных работ смесь ЩМА представляла определенные сложности при устройстве поперечных стыков. Это в первую очередь отражалось на

ровности покрытия в зоне поперечного стыка, которая хотя и соответствовала требованиям СНиП 3.06.03–85, но уступала ровности остального покрытия. При обеспечении непрерывной укладки слоя ЩМА были получены очень высокие показатели ровности. Так, средняя ровность построенного 10-километрового участка покрытия по показателям измерения просветов под трехметровой рейкой составляет 99,0 % (до 3 мм). Следует также отметить, что шероховатость покрытий из ЩМА, измеренная методом «песчаное пятно» перед открытием движения по построенным участкам, имела показатели, значительно превышающие значения для покрытий из плотного асфальтобетона типа А. Средняя глубина впадин шероховатости на поверхности ЩМА-15 составила 1,2 мм, а ЩМА-20 – 1,7 мм (при максимальных значениях 1,8 и 3,0 мм соответственно).

По зарубежным данным щебеночно-мастичный асфальтобетон, кроме приведенных выше преимуществ, обладает низким уровнем шума, улучшенной обзорностью, высокой износостойкостью к истирающему действию шипованных шин и др.

Т а б л и ц а 13

ПРИМЕРНЫЙ СОСТАВ ЩМА-20

Компоненты	Процент	Описание
Добавка «Топцел»	0.37 %	
Активатор «WETFIX BE»	0.47 %	(кг)
Нефтебитум БНД 90-130	5.96 %	Нефтебитум дорожный (т)
Отсев 0×5	9.32 %	Гранитный отсев. Размер зерна от 0 до 5 мм (т)
Минеральный порошок	11.18 %	Молотый известняковый щебень (т)
Щебень 5×10	12.12 %	Щебень гранитный. Размер зерна от 5 до 10 мм (т)
Щебень 10×20	60.58 %	Щебень гранитный. Размер зерна от 10 до 20 мм (т)

3.6. Особенности реконструкции дорожных одежд с цементобетонными покрытиями

При реконструкции дорожных одежд с цементобетонными покрытиями обычно выполняют работы по усилению (повышению прочности) и уширению дорожной одежды.

В настоящее время можно применять следующие три способа усиления дорожных одежд с цементобетонными покрытиями:

- устройство слоев усиления из асфальтобетонных смесей старого цементобетонного покрытия без нарушения его сплошности;

- то же с предварительным дроблением старого цементобетонного покрытия на мелкие блоки и тщательным уплотнением полученного таким образом материала основания;
- устройство слоя усиления из непрерывно армированного бетона поверх старого цементобетонного покрытия.

При этом, если материалы старого покрытия и слоя усиления имеют различные модули упругости, то сначала определяют путем расчетом прочности на растяжение при изгибе эквивалентную толщину плиты из разномодульных материалов, приведенную к толщине материала с наибольшим модулем упругости, а затем определяют требуемую толщину усиления:

$$h_{yc} = h_{эKB} - h_{ст.п} \sqrt[3]{\frac{E_{ст.п}}{E_{yc}}}, \quad (31)$$

где $h_{эKB}$ – толщина однородной плиты, см; $E_{ст.п}$ – модуль упругости материала старого покрытия, эквивалентный по жесткости на изгиб старому покрытию и слою усиления; $h_{ст.п}$ – толщина старого покрытия; E_{yc} – модуль упругости материала, используемого для усиления; h_{yc} – толщина усиления.

Для усиления дорожной одежды с цементобетонным покрытием рекомендуется применять полимерасфальтобетон в соответствии с техническими условиями ТУ 35-1669–88 «Вязущие полимернобитумные на основе ДСТ и полимерасфальтобетон», утвержденным Минтрансстроем СССР в 1988 г. Полимерасфальтобетон обладает повышенной прочностью, эластичностью и теплостойкостью в широком диапазоне эксплуатационных температур. Применение полимерасфальтобетона повышает трещиностойкость слоя усиления над поперечными швами старого цементобетонного покрытия. Для приготовления полимерасфальтобетонных смесей следует использовать полимерно-битумные вяжущие (ПБВ) на основе дивинистирольного термоэластопласта (ДСТ) соответствующих марок. В зависимости от вязкости ПБВ делятся на следующие марки ПБВ 40/60, ПБВ 60/90, ПБВ 90/130, ПБВ 130/200, ПБВ 200/300. ПБВ получают введением в битум 2–4 % ДСТ от массы. В вязкие битумы ДСТ следует вводить в виде раствора в битумном сырье (гудроне) или жидком битуме. В качестве пластификатора при приготовлении ПБВ используются индустриальные масла. Введение 2, 3 и 4 % ДСТ дает возможность получить ПБВ с температурой перехода в хрупкое состояние – 25, – 35 и – 50° С соответственно. Для получения ПБВ с температурой перехода в хрупкое состояние – 60°С в битум необходимо вводить до 6 % ДСТ. Примене-

ние ПБВ с температурой перехода вяжущего в хрупкое состояние, соответствующей минимальной зимней температуре эксплуатации усиления обеспечивает трещиностойкость этого слоя, в особенности над поперечными швами усиливаемого покрытия.

Зерновой состав полимерасфальтобетонных смесей должен удовлетворять требованиям ГОСТ 9128–84 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон».

Полимерасфальтобетонные смеси должны удовлетворять требованиям ГОСТ 9128–84 для асфальтобетонных смесей соответствующих марок.

Контрольные испытания качества полимерасфальтобетона в покрытии следует производить по водонасыщению, набуханию, пористости минерального остова и остаточной пористости, а также по коэффициенту уплотнения.

Качество ПБВ устанавливают стандартными методами, принятыми для оценки свойств дорожных битумов. Кроме того, определяют однородность и показатель эластичности, характеризующий способность ПБВ к обратимым деформациям, в соответствии с ТУ 35–1669–88.

Слои усиления из непрерывно армированного бетона устраивают в соответствии с ВСН 4–75 «Временные технические указания по проектированию и строительству непрерывно армированных цементобетонных дорожных покрытий и оснований в г. Москве», утвержденными Главмосинжстроем в 1974 г.

Слои усиления из непрерывно армированного бетона устраивают неограниченной длины и прерывают их только перед искусственными сооружениями (мостами, путепроводами и т.д.). Концевые участки слоев усиления из непрерывно армированного бетона должны быть закреплены неподвижными упорами траншейного или свайного типа. Слои усиления должны обеспечивать прочность и ровность дорожной одежды в течение заданного срока службы под воздействие автомобильных нагрузок и климатических факторов. Толщина слоя усиления из непрерывно армированного бетона определяется путем расчета.

При усилении дорожной одежды с цементобетонным покрытием толщина слоя усиления из непрерывно армированного бетона может составлять 10–12 см. Слой усиления из непрерывно армированного бетона следует укладывать непосредственно на старое цементобетонное покрытие без устройства изолирующих и выравнивающих прослоек.

Для армирования покрытий должна применяться арматура периодического профиля. Диаметр арматуры следует подбирать с учетом минимального раскрытия трещин и принятой технологии строительства. Армирование покрытий можно осуществлять плоскими сварными

или вязаными сетками, сварными каркасами, отдельными арматурными стержнями. Непрерывную арматуру следует располагать на расстоянии $1/3 \dots 1/2 h_{yc}$ (h_{yc} – толщина слоя усиления) от поверхности слоя усиления (рис. 27). Арматурные каркасы ставятся симметрично относительно нейтральной оси слоя усиления.

Поперечные швы (сжатия и расширения) на слое усиления не устраивают. Продольные швы в зависимости от количества поперечной арматуры устраивают через 3,75 м по типу ложных или через 7,5 м по типу шпунта (рис.28).

Непрерывность армирования обеспечивается нахлесткой стержней в продольном и поперечном направлениях.

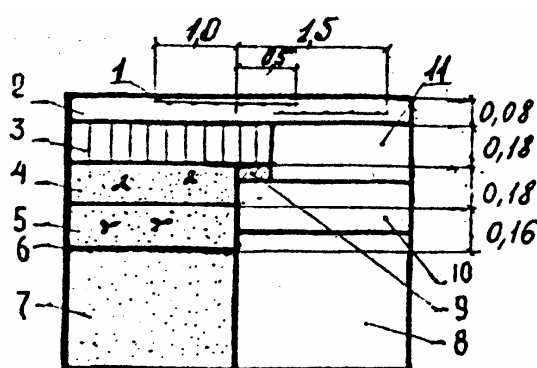


Рис.26. Конструкции стыкового соединения нового дорожного покрытия с существующим:

- 1 – армирующий элемент; 2 – верхний слой покрытия асфальтобетонного;
- 3 – нижний слой покрытия из асфальтобетона; 4, 5 – слои основания из тощего бетона; 6 – слой щебня; 7 – морозозащитный слой из песка;
- 8 – существующее земполотно; 9 – фрезерование существующего асфальтобетонного покрытия; 10 – существующее цементобетонное покрытие; 11 – существующее асфальтобетонное покрытие

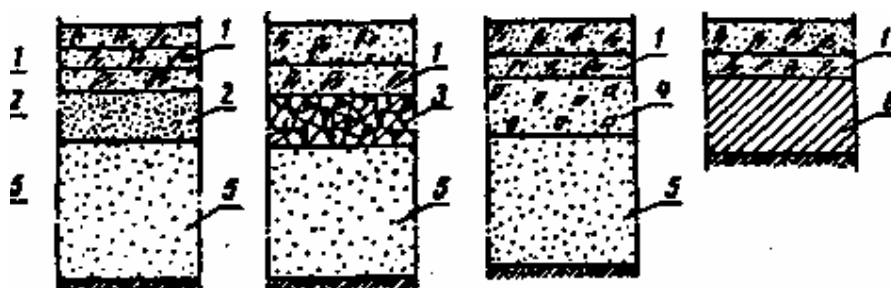


Рис.27. Принципиальные схемы дорожных одежд с непрерывно армированными покрытиями:

- 1 – непрерывно армированное бетонное покрытие;
- 2 – песчано-цементная смесь; 3 – черный щебень; 4 – тощий бетон;
- 5 – песок; 6 – теплоизолятор (стиропорбетон, пенопласт и др.)

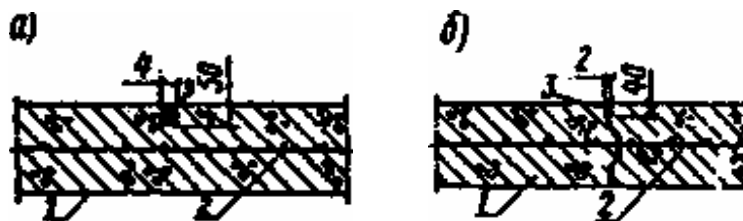


Рис. 28. Конструкции продольных швов:
 а – шов по типу ложного; б – шов по типу шпунта;
 1 – бетонная плита покрытия; 2 – арматурная сетка; 3 – битумная мастика

Длина нахлестки должна быть не менее: в продольном направлении – $30-35 d$; в поперечном направлении – $25 d$ (где d – диаметр стержней), и во всех случаях не менее 250 мм. Поперечные стыки смежных сеток должны располагаться в разбежку с шагом не менее 50 см. Для армирования слоя усиления следует применять следующие виды арматурных сталей: стержневая горячекатаная периодического профиля класса А–III диаметром от 10 до 20 мм, класса А–III диаметром от 6 до 20 мм; стержневая, упрочненная вытяжкой периодического профиля класса А–II диаметром от 10 до 20 мм, класса А–III в диаметре от 6 до 20 мм.

Расчет на прочность слоя усиления из непрерывно армированного бетона производят в соответствии с ВСН 4–75 «Временные технические указания» и с ВСН 29–76 «Технические указания по оценке и повышению технико-эксплуатационных качеств дорожных одежд и земляного полотна автомобильных дорог», утвержденными Минавтодором РСФСР в 1976 г.

Концевые упоры траншейного типа устраивают следующим образом. В старом покрытии перфораторами с компрессором устраивают поперечные прорезы на ширину бетонных шпор, вблизи поперечных швов отрывают поперечные траншеи экскаватором; устанавливают в траншеях арматурные каркасы; укладывают и уплотняют бетонную смесь; отделывают верхнюю поверхность бетонных шпор. Арматурные каркасы должны иметь выпуски, свариваемые в последующем с непрерывной арматурой покрытия.

Перед бетонированием слоя усиления арматуру в виде плоских сеток или каркасов устанавливают на подкладках, уложенных на основание. Подкладки могут быть изготовлены из арматуры любого класса или из бетона того же состава, который применяется для устройства слоя усиления. Работы по устройству слоя усиления должны производиться непрерывно. Рабочие поперечные швы устраивают следующим образом. По окончании смены устанавливают упорную доску с прорезами для пропуска продольной арматуры. Перед возобновлением укладки бетона доску удаляют и торец плиты смачивают водой. Слои

усиления из непрерывно армированного бетона могут применяться и при реконструкции дорожных одежд нежесткого типа.

Из трех способов усиления дорожных одежд с цементобетонным покрытием предпочтительнее устройство слоя усиления из непрерывно армированного бетона. В этом случае слой усиления имеет свойства, близкие к свойствам материала существующего покрытия (цементобетона); кроме того, объемы и стоимость работ по ремонту дорожной одежды после ее усиления будут минимальными.

На практике усиления цементобетонных покрытий производят путем укладки слоев асфальтобетона, причем конструкция, тип и маркер асфальтобетона и технология производства работ определяются в зависимости от технической категории дороги и дорожно-климатической зоны.

Для автомобильных дорог высших категорий, а также дорог, расположенных и в I–III дорожно-климатической зонах, применяют асфальтобетонные смеси типов А или Б первой марки.

Подготовительные работы при этом направлены в основном на устранение дефектов цементобетонного покрытия:

- полностью разрушенные плиты удаляются и заменяются на новые монолитные, изготовленные на месте или на заводах ЖБИ;
- пустоты над плитами и нарушение уклонов исправляются путем профилирования основания (при этом плиты снимаются) или нагнетания под плиты песка или цементного раствора;
- сколы кромок и углов плит устраняют путем укладки асфальтобетонных (мелкозернистых или песчаных) смесей при толщине слоя до 6 см и цементобетонных более 6 см;
- искажения продольного и поперечного профилей устраняют путем укладки выравнивающего слоя из песчаного или мелкозернистого асфальтобетона асфальтоукладчиками, оснащенными системами автоматики;
- восстанавливают швы существующего покрытия и заливают их герметизирующей мастикой.

Перед укладкой выравнивающего слоя или покрытия производят розлив горячего битума (0,3–0,5 л/м²) или битумной эмульсии (0,6–0,8 л/м²).

Технология производства работ при усилении дорожных одежд с учетом повышения трещиностойкости слоя может выполняться следующими способами:

- путем укладки толстыми слоями за один проход (толщина слоя 10–18 см в России, 14–26 см за рубежом);
- использованием асфальтобетонных смесей на основе ПБВ;

- армированием асфальтобетона в зонах швов цементобетонного покрытия геоматериалами;
- армированием асфальтобетонных смесей металлическими или полимерными волокнами;
- путем устройства в асфальтобетоне деформационных швов над швами существующего цементобетонного покрытия.

Наибольший эффект достигается при комплексном использовании нескольких способов одновременно.

В технологии укладки асфальтобетона толстыми слоями за один проход наибольшую сложность вызывает уплотнение, так как необходимо применять тяжелые катки массой 15–25 т и увеличивать число проходов катка по одному следу. Температура воздуха при укладке не должна быть ниже 5 °С, а температура смеси – не ниже 140 °С.

Для повышения эффективности уплотнения фирмы «Фегеле» и «АБГ» (Германия) разработали конструкции брусьев высокого уплотнения для асфальтоукладчиков (рис. 30).

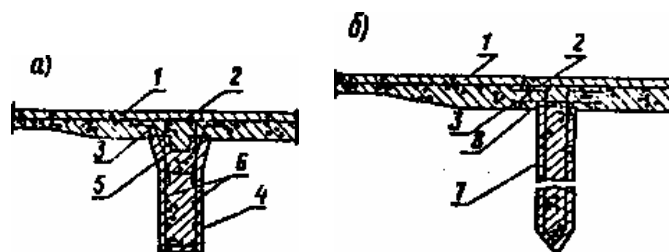


Рис. 29. Схема сопряжения анкеров с непрерывно армированным покрытием:
 а – анкер траншейного типа; б – анкер свайного типа; 1 – покрытие;
 2 – непрерывная арматура; 3 – выпуск арматуры из анкеров;
 4 – бетонная шпора; 5 – соединение по типу; 6 – арматурный каркас;
 7 – железобетонная свая; 8 – дополнительная арматурная сетка

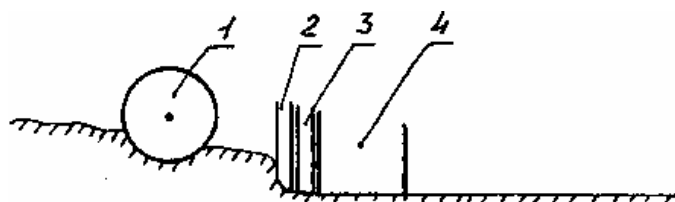


Рис. 30. Схема расположения уплотняющего оборудования для асфальтоукладчиков фирмы «АБГ» (Германия):
 1 – шнек, 2,3 – трамбующий брус, 4 – виброплита

Рабочие органы представляют собой комбинацию трамбующих брусьев (прессующих планок) и виброплит. Амплитуда колебаний трамбующих брусьев последовательно составляет 0...12 мм и 3...8 мм, а виброплит 1,5...2,5 и 0,5...1,2 мм. В конструкции рабочих органов фир-

мы «АБГ» предусмотрена возможность статического пригруза задней кромки виброплиты, а в конструкции фирмы «Фегеле» предусмотрено две секции уплотнения с чередованием трамбуемых брусьев и виброплиты.

По зарубежным данным, достигалась степень уплотнения асфальтобетона до 1,02–1,03 после прохода асфальтоукладчика. При испытаниях в нашей стране асфальтоукладчиков этих фирм была достигнута степень уплотнения 0,96–0,99. Окончательное уплотнение проводилось пневмошинными и комбинированными катками массой 16–24 т.

Широкое использование асфальтобетонных смесей с ПБВ при реконструкции МКАД показало, что необходимо обеспечивать высокую точность дозирования полимера (применялся отечественный ДСТ), так как даже небольшая передозировка его вызывала невозможность уплотнения смеси из-за повышенной деформативности.

Армирование геоматериалами выполняется как непосредственно на контакте асфальтобетона с цементобетоном (в выравнивающем слое), так и в верхних слоях покрытия. Ширина укладываемого материала составляет 1,2–2,0 м над швами цементобетонного покрытия, причем для крепления геоматериалов применяют способы приклейки (вязким битумом или битумной эмульсией) или крепления скобами или специальными гвоздями.

При использовании геополотен производится их пропитка битумом (норма 0,8–1,0 л/м²).

Армирование асфальтобетонных смесей волокнами различной природы связано с усложнением приготовления смесей и ухудшением их дозирования. Металлические волокна представляют собой отрезки длиной 20–40 мм, диаметром 0,3–0,6 мм. Их содержание изменяется в пределах 0,5–2,0 %. При содержании 2,0 % прочность на изгиб слоя толщиной 5 см составила 8,0–12,5 МПа в зависимости от типа асфальтобетона. Однако, чтобы устранить возможные проколы шин, эти смеси следует укладывать в основание или выравнивающий слой.

Полимерные волокна применяют как в виде отдельного отрезка (длина 5–40 мм), так и непрерывными нитями. Во втором случае обработка производится непосредственно на полотне дороги, когда волокна набрасываются воздухом на грунтовку (дозировка 80–120 г/м²).

По поверхности может быть проведен розлив битума и рассыпан щебень (технология типа поверхностной обработки) или черный щебень. Затем укладывается слой асфальтобетона. При использовании обрезков волокон можно приготавливать смеси на АБЗ или производить работы на месте.

Устройство деформационных швов позволяет исключить бессистемное трещинообразование в асфальтобетонном покрытии. Поперечные швы в асфальтобетоне устраиваются над швами расширения, при их отсутствии через 10–30 м в зависимости от средней температуры холодного месяца. Перед укладкой асфальтобетона над швами цементобетона укладывают рубероид или пергамин в два слоя на ширину не менее 7 толщин слоя асфальтобетона. Ширина шва 1,2–1,7 см, глубина не менее 1/3 толщины асфальтобетона, но не более толщины верхнего слоя при многослойном покрытии.

Устройство швов производится нарезчиками в полностью уплотненном и остывшем асфальтобетоне. Заполнение швов мастикой производится до наступления холодного периода времени и открытия движения транспорта.

3.7. Перестройка дорожных одежд переходного типа

К дорожным одеждам переходного типа относятся одежды, имеющие гравийные или щебеночные покрытия, а также покрытия из грунтов и местных малопрочных каменных материалов, обработанных вяжущими. К этому же типу относятся мостовые, доля которых в настоящее время весьма незначительна. Такие дорожные одежды устраивают на дорогах IV и V категорий при интенсивности движения до 300 авт/сут. в районах с сухим и жарким климатом и до 500 авт/сут. с умеренным климатом. На дорогах с интенсивностью движения свыше 500 авт/сут. следует применять покрытия из гравийных или щебеночных материалов, обработанных органическими вяжущими.

В составе дорог общего пользования Российской Федерации по состоянию на 01.01.1995 г. имелось 157350 км дорог с дорожными одеждами переходного типа, что равно 30,3 % всей протяженности дорог. В Финляндии протяженность гравийных дорог 29000 км, что составляет 37 % всей протяженности дорог общего пользования [24].

Основные преимущества дорожных одежд переходного типа состоят в возможности широкого использования местных материалов, простоте технологии строительства и как следствие в низкой стоимости. Недостатками таких одежд являются невысокая прочность и долговечность, появление деформаций и разрушений, а также пылимость гравийных и щебеночных покрытий. Поэтому при повышении интенсивности движения (более 500 авт/сут) переходные покрытия, как правило, перестраивают.

В зависимости от состояния дорожной одежды, фактической и ожидаемой интенсивности движения назначают вид работ по реконструкции гравийных, щебеночных и других покрытий переходного типа.

Существует два основных вида перестройки покрытий переходного типа:

- восстановление и усиление гравийного или щебеночного покрытия путем устройства нового слоя из гравия или щебня или путем добавления нового гравия или щебня с перемешиванием со старым материалом для улучшения его фракционного состава;
- ремонт существующего гравийного или щебеночного покрытия и устройство нового слоя из материалов, обработанных органическими или минеральными вяжущими, и тем самым перевод дорожной одежды из переходного типа в дорожную одежду облегченного типа. В этом случае старая дорожная одежда становится основанием.

Встречается и такой вариант, когда существующая дорожная одежда из гравия или щебня полностью разбирается и заменяется новой. Такое решение обычно принимают в том случае, если существующее покрытие значительно разрушено, применен слабопрочный материал, который в процессе эксплуатации сильно загрязнен.

В каждом конкретном случае решение принимается после детального анализа состояния существующей дорожной одежды, в процессе которого определяют прочность дорожной одежды, фракционный зерновой состав каменного материала и его физико-механические показатели, содержание пылеватых и глинистых частиц, а для грунтов – тип, число пластичности, влажность, гранулометрический состав и другие показатели.

С учетом фактических показателей состояния дорожной одежды интенсивности и состава движения, грунтово-геологических и гидрологических условий определяют требуемую прочность и конструкцию дорожной одежды, а также способ использования старой дорожной одежды.

Простейший способ перестройки гравийного или щебеночного покрытия состоит в его сплошном выравнивании и усилении.

Технология работ включает следующие операции:

- перестройку дорожной одежды в местах пучин, просадок, проломов и глубоких колеи;
- очистку поверхности покрытия от грунта, пыли, грязи и мусора;
- киркование проезжей части на глубину наибольших неровностей, но не менее чем на 4–5 см. Перед киркованием в сухую погоду покрытие поливают водой в количестве 6–12 л/м²; предварительное профилирование;
- вывоз на покрытие новой гравийной или щебеночной смеси подобранный состав в количестве от 200 до 800 м³/км;

- распределение смеси автогрейдером, профилирование и уплотнение;
- подсыпку грунта на обочины, разравнивание и уплотнение.

Для усиления применяют гравийную или щебеночную смесь оптимального гранулометрического состава с размером зерен 0–20 мм или 0–40 мм, марка щебня из изверженных и метаморфических пород по прочности не ниже 600 для дорог V категории и 800 для дорог IV категории, а из осадочных пород соответственно 400 и 600. Марка гравия и щебня из гравия Др 16 и Др12 для дорог V и IV категорий [31].

При невозможности получения из карьера гравийных смесей требуемого зернового состава их готовят в карьере или на месте (на дороге) путем добавления и тщательного перемешивания отдельных фракций.

В процессе уплотнения рекомендуется поливать материал водными растворами гигроскопических солей 20–30 % концентрации с нормой расхода 2–3 л/м². Это позволяет получить плотное, прочное, устойчивое и непылящее покрытие.

Уплотнение производят вначале самоходными катками с гладкими вальцами массой 5–8 т (прикатка), а затем такими же катками массой 10 т и более (укатка).

Скатанный гравийный материал старого покрытия уплотняется с большим трудом, поэтому в него добавляют 25–30 % дробленого гравия или щебня.

В настоящее время в процессе реконструкции дорог гравийные, щебеночные и другие типы переходных покрытий перестраивают в покрытия облегченного усовершенствованного типа с устройством слоев или защитных слоев из материалов, обработанных вяжущими. Технологический процесс реконструкции начинается с разбивки трассы и закрепления реперных точек, причем одновременно с этим проводится установка копирной струны для систем автоматического управления рабочими органами машин или монтаж лазерных систем на машины.

Далее технологический процесс включает:

- а) измельчение слоя на проектную толщину или измельчение только выступающих неровностей;
- б) профилирование слоя;
- в) обогащение разнопрочных материалов;
- г) устройство слоев усиления пропиткой или смешением;
- д) устройство поверхностной обработки или укладку слоя нового асфальтобетона. После обогащения материал может быть уложен в слой либо обработан предварительно в установке: вяжущими или вяжущими пропиткой или смешением на полотне дороги.

Использование машин, оснащенных автоматическими системами различного типа, не только повышает качество и производительность распределения и укладочных операций, но и в значительной степени (10–20 %) приводит к экономии материалов при обеспечении вы точности ($\pm 3-5$ мм) соблюдения геометрических параметров слоев.

Кроме этого, значительно повышается качество таких технологических операций, как измельчение, перемешивание, уплотнение, как постоянство геометрии слоя обеспечивает однородность и равномерность свойств материала в слое и ровность слоя. Часто верхний слой реконструируемой дорожной одежды представляет собой дисперсный материал с остаточным слоем асфальтобетонного покрытия (3–4 см) (щебень, гравий, щебеночно-гравийные песчано-гравийные смеси и т.д. в том числе обработанные вяжущими).

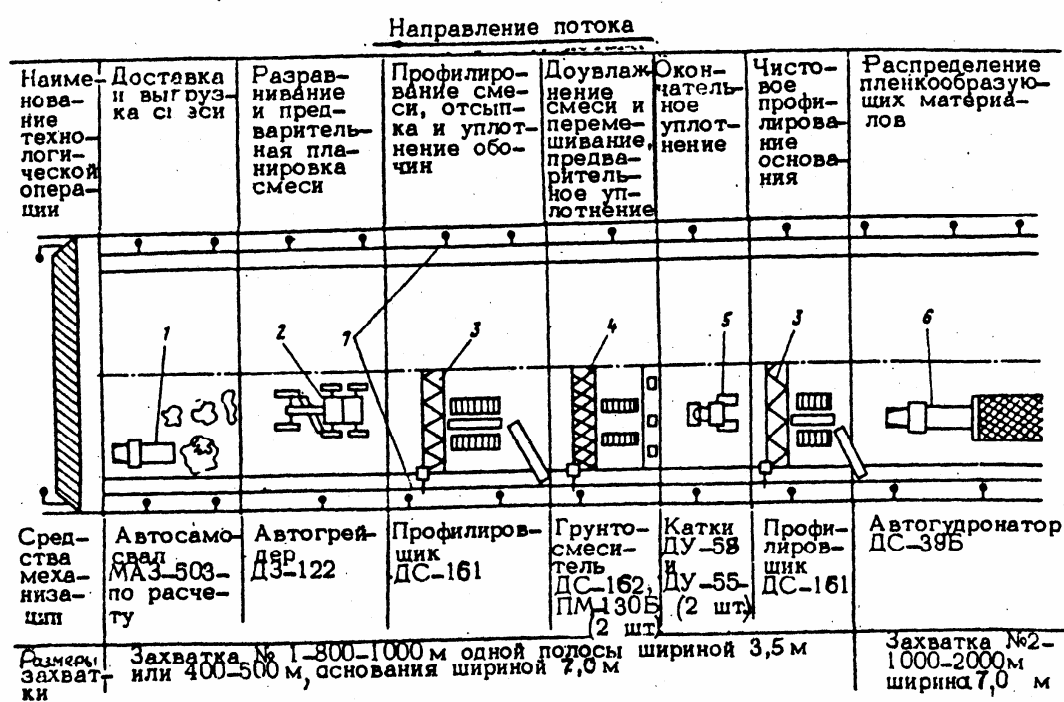


Рис.31. Технологическая схема устройства основания из грунтов и каменных материалов, обработанных в карьере:
 1 – самосвал; 2 – автогрейдер; 3 – профилеровщик; 4 – грунтосмеситель;
 5 – каток; 6-гудронатор; 7 – копирная струна

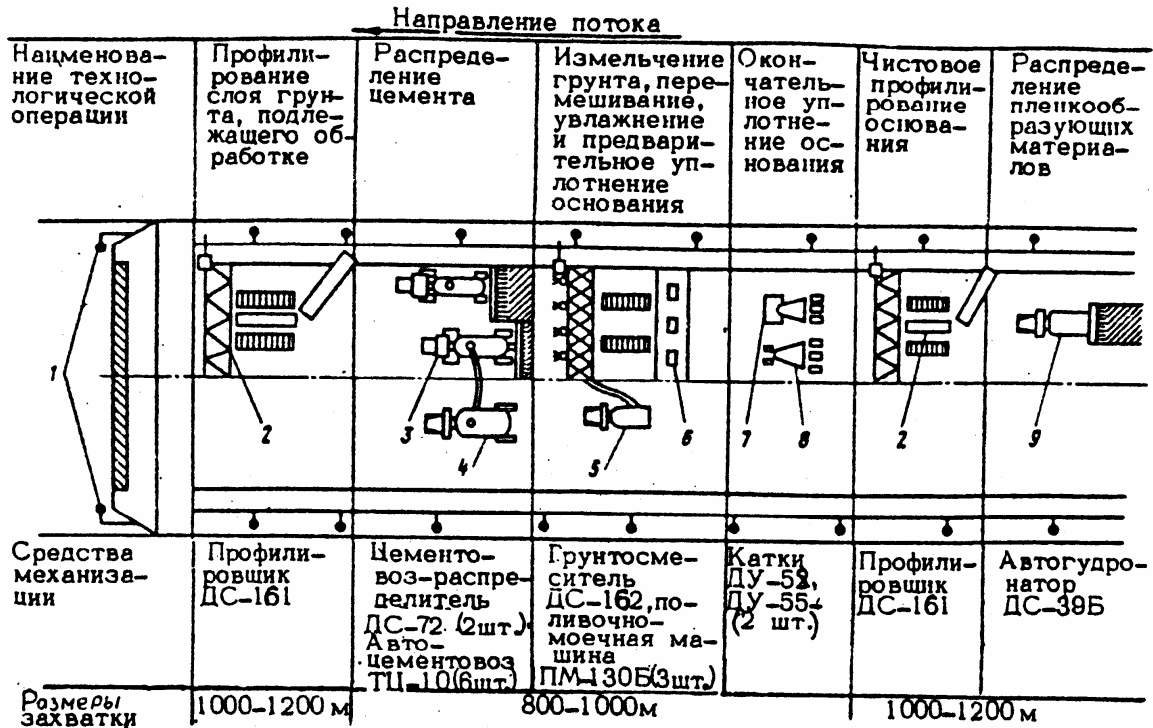


Рис.32. Технологическая схема устройства основания из грунтов, обработанных на полотне дороги:

- 1 – копирная струна; 2 – профилировщик; 3 – цементовоз-распределитель; 4 – автоцементовоз; 5 – поливочно-моечная машина; 6 – грунтосмеситель; 7 – каток комбинированный; 8 – каток на пневмонических шинах; 9 – автогудронатор

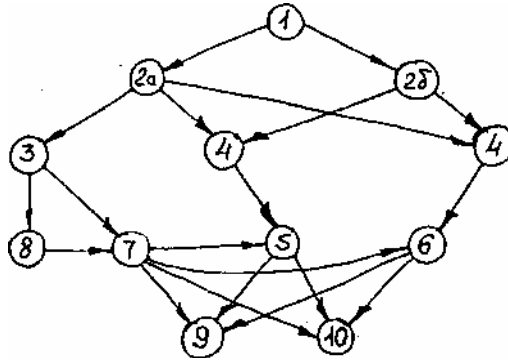


Рис. 33. Графосхема технологии производства работ по реконструкции дорожной одежды переходного типа

Для последующего укрепления и усиления этого слоя требуется провести только его частичное измельчение в неровных местах и распределение смеси под проектную отметку. В этом случае можно использовать автогрейдер с рыхлителем, однако более рационально применить профилировщик типа ДС-161. При этом за один проход обрабатывается слой шириной 3,5 м с ровностью ± 5 мм, а излишний мате-

риал может быть отсыпан в валик на обочине или погружен в самосвал. Далее из самосвала материал может быть подсыпан в низких местах.

При необходимости обогащения материалов рабочие органы профилировщика устанавливаются на нижнем уровне слоя, т.е. осуществляется за один проход разрушение, измельчение и погрузка материала всего слоя в самосвал. Далее материал доставляется на классификатор барабанного типа, где разделяются прочный каменный материал, песок и глинистые частицы.

Применение профилировщика ДС-161, однопроходной грунтосмесительной машины ДС-162 с шириной обработки 3,5 м позволяет производить реконструкцию дорожной одежды без закрытия движения транспорта и без устройства объездной дороги. Эти машины могут выполнять весь цикл технологических операций на полотне дороги поточным методом, требуется только применение тяжелых катков для окончательного уплотнения и распределителей порошкообразных вяжущих типа ДС-159 (для цемента).

Смешение на дороге может выполняться машинами разных модификаций:

- однопроходной грунтосмесительной машиной ДС-162 (измельчение, перемешивание с порошкообразными и жидкими вяжущими, дозирование и распределение жидких вяжущих, предварительное уплотнение за один проход);

- профилировщиком ДС-161 (измельчение, перемешивание – собирание в валик и погрузка на систему транспортеров, отсыпка в валик – за первый проход, распределение смеси из валика в слой – за второй проход). Профилировщик при этом оснащается системой дозирования и распределения жидких компонентов;

- профилировщиком ДС-161 (измельчение, сухое перемешивание, погрузка смеси) в смеситель типа Д-370, где выполняется дозирование порошкообразных и жидких вяжущих, перемешивание смеси и выгрузка в виде валика на полотно дороги, затем профилировщиком ДС-161 при обратном проходе производится распределение смеси из валика в слой.

Пропитка может осуществляться как органическими, так и неорганическими вяжущими.

Технология пропитки органическими вяжущими включает последовательное выполнение операций:

- измельчение слоя указанными выше машинами;
- подвоз и распределение вяжущего гудронатором;
- подвоз и распределение фракций каменного материала мельче основной фракции материала в слой автогрейдером, прикатка катками

и снова повторение технологических операций только с каменными материалами более мелких фракций.

Пропитку можно осуществлять на щебне марки не ниже 800 из изверженных пород и не ниже 600 из осадочных пород. Если обрабатываемый слой будет использоваться как основание, то можно уменьшить марку щебня на одну ступень. Глубина обработки измельчения должна составлять 0,9 от проектной толщины, но не менее 1,5 размера максимальной фракции щебня при его содержании до 30 %. Объем каждой следующей фракции щебня составляет 0,9–1,1 м³ на 100 м². Расход органического вяжущего составляет 1,0–1,1 л/м² на каждый см толщины слоя, а для покрытия 1,5–2,0 л/м² дополнительно. Особенности производства розлива вяжущего в несколько приемов следующие: 1-й розлив – 50 % (для битумной эмульсии – 70 %), 2-й розлив – 30 %, 3-й розлив для битума – 20 %. Битумная эмульсия рассчитывается на содержание битума.

Если щебень сухой (температура воздуха больше 20 °С), его увлажняют (8–10 л/м²). Битум при этом можно применять только после подсыхания щебня, а эмульсию – сразу. Все работы по рассыпке и уплотнению щебня выполняют до остывания вяжущего. Движение можно открыть через 1–3 суток при использовании эмульсии и через 10 суток при использовании битума.

Пропитка щебеночных (гравийных) оснований пескоцементной смесью, приготовленной в установках типа ДС-50А, ДС-50Б, Д-370, ДС-174 или на бетонных заводах, осуществляется в двух основных режимах: сухом (смесь имеет влажность меньше оптимальной на 20–40 %) и переувлажненном (влажность больше оптимальной на 20–40 %). В первом случае щебень должен быть сухой, а во втором увлажненный, по норме 3–10 л/м². Уплотнение может осуществляться разными катками в зависимости от необходимой толщины слоя пропитки: до 5 см пневмошинным катком за 14–20 проходов по одному следу, до 7 см – вибробрусом профилировщика ДС-108 при одновременном распределении за один проход, до 10 см – виброкатком за 2–4 прохода по одному следу, 17 см – кулачковым катком за 13–15 проходов по одному следу.

Смешение щебня с пескоцементной смесью можно выполнять по указанным выше технологиям профилировщиком ДС-161 или однопроходной грунтосмесительной машиной ДС-162. Причем в отличие от пропитки смесь применяется и распределяется с оптимальной влажностью, а в случае необходимости доувлажняется. Окончательное уплотнение осуществляется катками тяжелого типа (массой 10–18 т) за 1–3 прохода по одному следу, как и при применении органических или

комплексных вяжущих при перемешивании. Однако, если по слоям, обработанным органическими вяжущими, движение можно открывать через 1 сут. (эмульсия) или 2–3 сут. (битум), то для пескоцементной смеси – через 28 суток. Причем в течение этого времени необходимо осуществлять уход за слоем путем розлива эмульсии ($0,6–0,8 \text{ л/м}^2$) или россыпи песка с периодическим увлажнением.

Каменный материал или смесь с песком после обогащения может быть уложена в слой без обработки вяжущими способами заклинки, т.е. с добавками новых каменных материалов мелких фракций. Эта технология требует применения тяжелых катков массой 16–20 т (число проходов составляет для катков статического типа не менее 30, комбинированных – 18 и для вибрационных – 12 проходов по данному следу), а также периодической поливки щебня водой $15–30 \text{ л/м}^2$.

Обогащенный каменный материал, песок или их смесь, соответствующая ГОСТ 23558–94, могут быть обработаны органическим вяжущим в установке ДС-50А, ДС-50Б, ДС-174, на асфальтобетонных заводах. Такой черный щебень, черная ПГС могут быть уложены в слой методом заклинки, как и необработанный щебень. При использовании битумной эмульсии возможен вариант приготовления смеси в задел, т.е. с укладкой в штабели. Высота штабеля 2,0–2,5 м, и материал в них перелопачивается до тех пор, пока он не остынет. Очень важно обеспечить хороший водоотвод с уклоном не менее 20 % на площадке под штабели и с слоем песка не менее 6–8 см. Срок хранения смеси в штабеле 4–6 месяцев.

Слой из черного щебня можно устраивать при использовании анионных эмульсий при температуре больше 10°C , катионных – больше 5°C , а обратных совместно с прямыми – до -5°C . Движение по слоям начинают при использовании катионных эмульсий сразу, анионных во влажную погоду – через 1–2 суток, в сухую – сразу.

4. ОБУСТРОЙСТВО ДОРОГ

При проведении работ по реконструкции автомобильных дорог необходимо осуществлять мероприятия, направленные на обеспечение безопасности и улучшение организации движения.

Мероприятия по обеспечению безопасности и улучшению организации движения необходимо осуществлять на основе результатов учета и анализа причин дорожно-транспортных происшествий, материалов обследования и осмотров автомобильных дорог, а также результатов анализа эффективности проводимых ранее мероприятий.

Мероприятия по обеспечению безопасности движения должны осуществляться в первую очередь на наиболее аварийных и опасных участках дорог.

К основным мероприятиям по обеспечению безопасности движения улучшению его организации относятся:

поддержание требуемой ровности покрытия, устранение дефектов покрытий в виде выбоин, ям, трещин и других деформаций;

поддержание требуемой шероховатости покрытия, обеспечивающей необходимый коэффициент сцепления колеса автомобилей с покрытием; поддержание поверхности дороги в чистом состоянии путем своевременного удаления с нее пыли, грязи, песка и предотвращения возможности выезда на дорогу транспортных средств в не предусмотренных для этой цели местах;

предупреждение образования и ликвидации зимней скользкости;

укрепление обочин, недопущение обнажения кромки покрытия, обеспечение отвода воды с обочин, предотвращение образования на обочинах размывов, ям, колен и других неровностей;

обеспечение видимости на всем протяжении дороги, в том числе в местах прохождения дорог в выемках, на перекрестках, на железнодорожных переездах, путем удаления с полосы отвода древесно-кустарниковой растительности, снежных валов, недопущение размещения на ней будок, киосков, заборов, не относящихся к элементам благоустройства дороги, а также удаление ранее установленных;

улучшение в процессе проведения работ по реконструкции характеристик геометрических элементов дорог путем увеличения радиусов кривых в плане, устройства виражей и переходных кривых, уширения узких мостов;

осуществление канализированного движения путем устройства островков безопасности на пересечениях дорог, устройство дополнительных полос на подъемах и спусках, переходно-скоростных полос в зонах пересечений и автобусных остановок, строительство тротуаров и велосипедных дорожек в зонах населенных пунктов, пешеходных переходов, скотопрогонов, устройство стоянок, площадок отдыха;

улучшение организации движения и повышения его безопасности путем установки дорожных знаков, ограждений, светофоров и нанесения разметки, устройства трясущих полос, аварийных съездов и применение других технических средств и методов включая автоматизированные системы управления движением и системы дистанционного управления знаками;

устройство и оборудование пересечений и примыканий в одном и разных уровнях.

4.1. Дорожные знаки

Дорожными знаками считают технические средства обеспечения безопасности движения транспортных средств и пешеходов, предназначенные для информирования пользователей дорог об условиях и режимах движения, ориентирования их в пути следования и соответствующие требованиям ГОСТ 10807–78 «Знаки дорожные».

Размеры знаков приведены в таблице:

Таблица 14

Типоразмер знака	Основные размеры, мм		Условия применения знаков	
	Треугольные (сторона знака)	Круглые (диаметр знака)	вне населенных пунктов	в населенных пунктах
I	700	600	Дороги с одной полосой движения	Дороги местного значения
II	900	700	Дороги с двумя и тремя полосами	Магистральные дороги
III	1200	900	Дороги с четырьмя и более полосами и автомагистрали	Скоростные дороги
IV	1500	1200	Ремонтные работы на автомагистралях, опасные участки на других дорогах	

Установка и размещение на дорогах знаков должны соответствовать требованиям ГОСТ 23457-79 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения», а также «Указаний по применению дорожных знаков».

Виды знаков, их количество и места установки на конкретных дорогах определяются дислокацией, которая разрабатывается проектной организацией и согласовывается и утверждается руководителями органов Госавтоинспекции.

Все знаки, относящиеся к пересечениям и примыканиям (кроме предварительных указателей направлений на пересекаемой дороге), устанавливает дорожная организация, обслуживающая дорогу высшей категории, а при их одинаковой категории – организация, обслуживающая дорогу, интенсивность движения по которой больше, чем на пересекаемой (примыкающей) дороге.

Знаки кратковременного или сезонного действия устанавливаются только на тот период, когда они необходимы, и немедленно снимаются после устранения причин, вызвавших их установку.

Для обеспечения четкого понимания дорожных знаков и исключения случаев их ошибочного толкования запрещается: помещать на знаке или его стойке обозначения, не имеющие отношения к дорожному знаку; устанавливать в полосе отвода не относящуюся к дороге информацию, а также плакаты и афиши, которые могут быть приняты за дорожные знаки; устанавливать знаки, не предусмотренные действующим стандартом.

Дорожные знаки следует установить таким образом, чтобы расстояние их видимости в светлое время суток составляло не менее 150 м.

Знаки со световозвращающей поверхностью следует применять на участках дорог, не имеющих стационарного освещения, знаки с внутренним или внешним освещением – на участках дорог, оборудованных осветительными установками.

Дорожные знаки, следует размещать с правой стороны дороги на присыпных бермах. В местах проведения работ допускается установка знаков на проезжей части и обочинах на переносных опорах.

В одном поперечном сечении дороги допускается установка не более трех знаков без учета дублирующих знаков и знаков дополнительной информации (табличек).

Знаки размещают: на опорах, колонках и столбах (мачтах) по горизонтали (что является предпочтительным) или по вертикали; на тросах-растяжках, рамках и кронштейнах, расположенных над проезжей частью по горизонтали на одном уровне.

Размещение знаков на опорах следует производить в соответствии со схемами, изображенными на рис. 34.

При установке на одной опоре нескольких знаков по горизонтали или по вертикали очередность их размещения по отношению к краю проезжей части или сверху вниз должна быть следующей: знаки приоритета; предупреждающие; предписывающие; запрещающие; информационно-указательные; сервиса.

При размещении на одной опоре знаков одной группы очередность их расположения определяется номером знака в группе.

Если при выезде на дорогу с односторонним движением устанавливается несколько знаков, то знаки 5.7.1 и 5.7.2 располагают под другими знаками.

Расстояние между соседними знаками, размещенными на одной опоре, за исключением знаков, выполненных в одном корпусе, должно составлять от 50 до 200 м.

Расстояние от кромки проезжей части, а при наличии обочины – от бровки земляного полотна до ближайшего к ней края знака, остановленного сбоку от проезжей части, должно составлять от 0,5 до 2 м, а до

края информационно-указательных знаков 5.20.1, 5.21.1 – 5.27,5.31 – от 0,5 до 5 м.

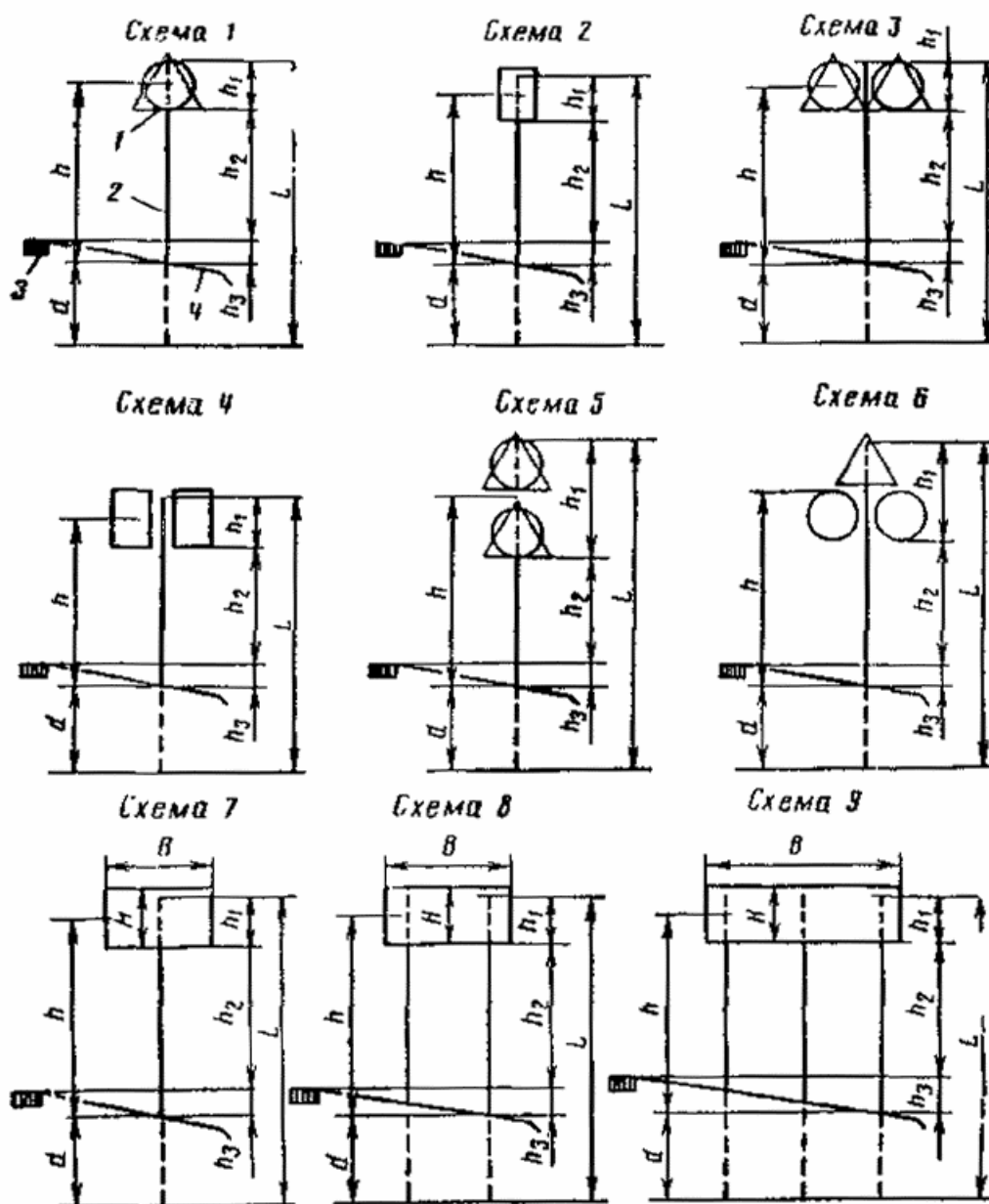


Рис. 34. Расчетные схемы опор для установки дорожных знаков:
 1 – дорожный знак; 2 – опора; 3 – покрытие автомобильной дороги;
 4 – присыпанная берма (обочина)

Предварительные указатели направлений и указатели расстояний следует устанавливать на опорах, расположенных на присыпанных к обочине бермах, откосах насыпей и выемок или на полосе отвода за боковой канавой. На участках, где установлены ограждения, опоры знаков следует располагать ближе к опорам ограждений так, чтобы расстояние между краем знака и опорой было не менее 0,75 м.

Расстояние от нижнего края знака (без учета знаков 1.4.1 – 1.4.6 и табличек) до поверхности дорожного покрытия (высота установки) должно составлять:

1,5 до 2,2 м при установке сбоку от дороги вне населенных пунктов, от 2 до 4 м в населенных пунктах;

от 5 до 6 м при размещении над проезжей частью или обочиной, при размещении знаков на пролетных строениях искусственных сооружений; при расстоянии от поверхности дорожного покрытия до низа пролетного строения сооружения не менее 5 м знаки не должны выступать за их нижний край;

не менее 0,6 м при установке на островке безопасности и на проезжей части.

Стойки дорожных знаков могут быть выполнены из дерева, железобетона, отходов металлических труб, асбестоцементных труб и других материалов, обеспечивающих достаточную устойчивость под действием расчетной ветровой нагрузки, при мойке знаков ручным и механизированным способами. По всей длине дороги стойки выполняются из однородного материала и должны иметь одинаковую форму. Требования к стойкам дорожных знаков регламентируются стандартами СССР из опоры дорожных знаков.

Необходимая длина опоры при различных схемах установки дорожных знаков) должна удовлетворять условию

$$L = h_1 + h_2 + h_3 + d, \quad (32)$$

где h_1 – высота части опоры, закрытой знаком (знаками); при этом верхний край знака должен возвышаться над верхом опоры не более чем на 0,15 м; расстояние между краями смежных знаков, размещаемых по вертикали, принимают равным 0,05 м; h_2 – высота части опоры от низа дорожного знака до верха кромки проезжей части автомобильной дороги принимается не менее 1,5–2 м; h_3 – разница высот между поверхностью кромки проезжей части и места установки опоры принимается равной 0,2 м для одностоечных опор, 0,3 м – для двух- и 0,35 м для трехстоечных опор; d – заглубление опоры в грунт, равное 1,5 м (кроме опор длиной 3,5 м, для которых $d = 1,2$ м).

Опоры, предназначенные для установки знаков сбоку от дороги вне населенных пунктов, следует окрашивать в черный цвет на 500 мм от поверхности земли, остальную часть – в белый.

Опоры для установки знаков сбоку от дороги в населенных пунктах, опоры для установки знаков над проезжей частью независимо от места их размещения, а также кронштейны и консоли, предназначен-

ные для установки знаков на мачтах освещения, стенах зданий и т.д., окрашивают в серый цвет.

Опоры и крепления знаков должны быть окрашены.

Т а б л и ц а 15

Стандартные знаки			Знаки индивидуального проектирования		
№ схемы	Типоразмер знаков по ГОСТ 10807-78	Длина опоры <i>L</i> , м	№ схемы	Размер знака <i>B</i> × <i>H</i> , м	Длина опоры <i>L</i> , м
1	2	3	4	5	6
1	I	3,5–4,5	7	1,0×0,34	3,5–4,0
	II, III	4,0–4,5		1,5×0,34	
		4,5–5,6		1,0×0,51	
2	I, II	4,0–4,5	8	1,5×0,51	4,0–4,5
	III			1,0×0,68	
3	I, II, III	4,0–4,5		2,0×0,51	
	IV	4,5–5,0		2,0×0,68	4,0–4,5
				2,5×0,68	
4	I, II	4,0–4,5		3,0×0,68	
	III	4,5–5,0		3,5×0,68	
5	I	4,5–5,0		4,0×0,68	
	II	5,0–5,5		4,5×0,68	4,5–5,0
	III, IV	5,5–6,0		2,0×1,02	
				2,5×1,02	
				3,0×1,02	
				3,5×1,02	
				4,0×1,02	
				4,5×1,02	
6	I	4,5–5,0		2,0×1,5	5,0–5,5
	II, III	5,0–5,5		2,5×1,5	
	IV	5,5–6,0		3,0×1,5	
				3,5×1,5	
				4,0×1,5	
				4,5×1,5	
				3,0×2,0	5,5–6,0
				3,5×2,0	
				4,0×2,0	
			9	5,0×1,2	4,5–5,0
				5,5×1,2	
				5,0×1,5	5,0–5,5
				5,5×1,5	
				5,0×2,0	5,5–6,0

Для защиты металлических стоек от коррозии их поверхность, непосредственно соприкасающуюся с грунтом, обмазывают горячим битумом.

В случае снятия знака для ремонта на его место немедленно устанавливаются исправный знак.

4.2. Разметка автомобильных дорог

Разметкой следует считать линии, надписи и другие обозначения на проезжей части, элементах дорожных сооружений и обстановке дорог, устанавливающие порядок дорожного движения, показывающее габариты дорожных сооружений или указывающие направление дороги, выполненные в соответствии с ГОСТ Р 52289–2004.

Разметка делится на две группы: горизонтальную и вертикальную.

Горизонтальная разметка наносится на проезжую часть дорог с усовершенствованным покрытием шириной не менее 6 м при интенсивности движения 1000 и более транспортных единиц в сутки.

В вертикальную разметку входят линии и обозначения, наносимые на элементах опор мостов, путепроводов, торцовых поверхностях порталов тоннелей, на парапетных ограждениях, бордюрах, сигнальных столбиках и других дорожных сооружениях в местах возможного наезда на них транспортных средств.

В первую очередь следует наносить разметку на наиболее опасных участках дорог (пересечения и примыкания дорог, кривые с необеспеченной видимостью, подъемы и спуски, мосты и путепроводы, железнодорожные переезды и т.п.), выделенных на схеме. При этом вначале наносят осевые линии, краевые в местах, где граница между укрепленными обочинами и проезжей частью плохо различима, а затем обозначают полосы движения, наносят поперечную разметку, островки и т.п. Схема разметки должна полностью соответствовать дислокации дорожных знаков и светофоров.

Разметку из долговечных материалов следует применять на участках дорог с усовершенствованным типом покрытия в хорошем состоянии, не требующем ремонта до конца срока службы разметки.

Разметку, выполненную краской, следует возобновлять, если ее износ на любом участке длиной 30 м составляет более 50 %, а термопластиком – более 10 % по площади, а также и при меньшем износе, если невозможно определить вид разметки.

При разметке автомобильных дорог следует учитывать особенности ее применения на характерных участках.

Разметка прямых горизонтальных участков дорог, а также участков дорог, на которых продольные уклоны и радиусы вертикальных и горизонтальных кривых не ниже рекомендуемых строительными нормами и правилами, должна обеспечивать разделение транспортных потоков противоположных направлений без ограничения обгонов и обозначать

кран проезжей части, а на многополосных дорогах обозначать полосы движения и край проезжей части, запрещать выезд на полосы, предназначенные для встречного движения

Разметка дорог на участках подъемов и спусков должна осуществляться таким образом, чтобы была обеспечена возможность обгона в сторону подъема, за исключением участков с ограниченной видимостью. Это достигается путем нанесения по оси двухполосных дорог барьерной линии 1.11, а на трехполосных дорогах – выделением для движения в сторону подъема двух полос. На участках затяжных подъемов длиной более 1200 м через 700–800 м необходимо обеспечивать возможность обгонов транспортным средствам, движущимся в сторону спуска.

Разметка участков автомобильных дорог на выпуклых вертикальных и горизонтальных кривых с необеспеченной видимостью наносится таким образом, чтобы исключить возможность обгонов транспортным средствам, движущимся в зоне отвинченной видимости.

На участках, где зоны с ограниченной видимостью для встречных направлений перекрывают друг друга, запрещение обгонов производится для обоих направлений с помощью сплошной осевой линии 1.1. На участках, где зоны не совпадают, запрещение обгонов производят лишь для направления движения, для которых ограничена видимость. Это выполняется с помощью барьерной линии 1.11, которая сплошной линией должна быть обращена к потоку, движущемуся в зоне с ограниченной видимостью.

Во всех случаях на кривых с ограниченной видимостью перед осевой линией 1.1 или 1.11 необходимо наносить линию приближения 1.6.

На участках горизонтальных кривых с обеспеченной видимостью разделение транспортных потоков противоположных направлений осуществляют с помощью сплошной осевой линии 1.1, когда на них ограничена скорость движения или запрещены обгоны. В остальных случаях разделение потоков осуществляют с помощью прерывистой осевой линии 1.5.

Обозначение края проезжей части на кривых с помощью линии 1.1 производят с двух сторон, если аналогичные линии имеются на участках дороги, примыкающих к кривой.

В случае, когда на примыкающих участках дороги не производятся обозначение края проезжей части, его необходимо выпилить в зоне кривой только с внешней стороны.

Разметка пересечений и примыканий автомобильных дорог в одном уровне должна четко выделять пути движения, обеспечивать неизменную скорость движения на главной дороге. На второстепенной дороге

разметка должна предупреждать водителя о предстоящем маневре и способствовать снижению скорости.

В зоне пересечений и примыкания транзитные, скоростные и поворачивающие потоки должны разделяться с помощью островков и линии разметки. Выделенные для них полосы движения должны способствовать четкому прохождению потоков автомобилей через узел и обеспечивать плавное их слияние.

Переходно-скоростные полосы для поворачивающих потоков на пересечениях и примыканиях отделяют от основных полос движения с помощью прерывистой линии 1.8. Переходно-скоростные полосы в зоне пересечений и примыканий у кривых и не менее чем за 20 м за их пределами следует с помощью разметки отделять от основных полос движения разделительной полосой шириной 0,75 м для дорог I и II категорий и 0,5 м для дорог III категории, границы которой обозначают с помощью линии 1.1.

На подходах к пересечениям и примыканиям двухполосных дорог, не оборудованных направляющими островкам по оси проезжей части должна наноситься сплошная линия 1.1, запрещающая обгоны с гнездом на полосу встречного движения. Длина зоны запрещения обгона должна быть не менее 20 м.

Сплошной линии 1.1 должна предшествовать прерывистая линия приближения 1.6 длиной не менее 50 м.

В случае, когда на второстепенной дороге перед пересечением или примыканием установлен знак 2.4 „Уступите дорогу» и отсутствует полоса разгона, то на ней должны наноситься поперечная разметка 1.13 и треугольник приближения 1.20.

В случае, когда перед пересечением или примыканием на второстепенной дороге установлен знак 2.5 „Движение без остановки запрещено», то на ней наносят стон-линию 1.12 и разметку 1.21 – слово „Стоп».

Линии 1.12 и 1.13 требуется наносить возможно ближе к проезжей части главной дороги с таким расчетом, чтобы обеспечивать вне населенных пунктов видимость дороги с места остановки на расстоянии 120 м вправо и 80 м влево, а в населенных пунктах 80 и 50 м соответственно.

Разметка проезжей части пересечений и примыканий должна включать в себя обозначения пешеходных переходов и указательные Стрелы 1.18, применяемые самостоятельно или в сочетании со знаком 5.8.1 «Направление движения по полосам» и 5.8.2 «Направление движения по полосе».

На мостах, путепроводах и тоннелях на двух- и трехполосных дорогах при ширине проезжей части не более 10 м необходимо запрещать

обгоны путем нанесения сплошной линии 1.1 по оси проезжей части моста и не менее чем за 200 м за его пределами. Сплошной линии должна предшествовать прерывистая линия приближения 1,6 на расстоянии 50(100) м.

Если ширина проезжей части на мосту равна или больше ширины проезжей части на подходах, ее разметка должна соответствовать разметке на подходах к мосту. В зонах железнодорожных переездов необходимо запрещать обгоны путем нанесения на подходах к ним на расстоянии не менее 100 м от крайних рельсов сплошной осевой линии 1.1.

Линии 1.1 должна предшествовать прерывистая линия 1.6 длиной не менее 50(100) м.

На железнодорожных переездах, оборудованных светофорной сигнализацией, за 5 м до шлагбаума, а при его отсутствии до светофора на полосе движения в направлении к железной дороге наносят разметку 1.12 – линию «Стоп».

На железнодорожном переезде, не оборудованном светофорной сигнализацией, линия «Стоп» наносится при наличии перед ним дорожного знака 2.5 «Движение без остановки запрещено». При этом расстояние от линии «Стоп» до ближайшего рельса должно быть не менее 10 м.

При наличии у переезда знака 2.5 разметка может быть дополнена словом «Стоп», наносимым на полосе движения на расстоянии от 2 до 25 м от линии «Стоп».

4.3. Ограждения и направляющие устройства

Ограждения на дорогах устанавливают в случаях, когда другие технические решения по обеспечению безопасного движения (уплоложение откосов насыпей, уменьшение высоты насыпей, удаление на достаточное расстояние от кромки проезжей части массивных препятствий) невозможно осуществить по условиям рельефа, ситуации, экономическим и конструктивным соображениям.

Дорожные ограждения подразделяются на две группы. Ограждения первой группы (барьерные, парапетные, комбинированные конструкции) предназначены для предотвращения случайных съездов транспортных средств на опасных участках дороги с земляного полотна, мостов, путепроводов, эстакад, столкновений с встречными транспортными средствами при переезде разделительной полосы, наездов на массивные предметы и сооружения, расположенные в полосе отвода дороги (стойки информационно-указательных знаков, опоры освещения, опоры путепроводов и т.п.)

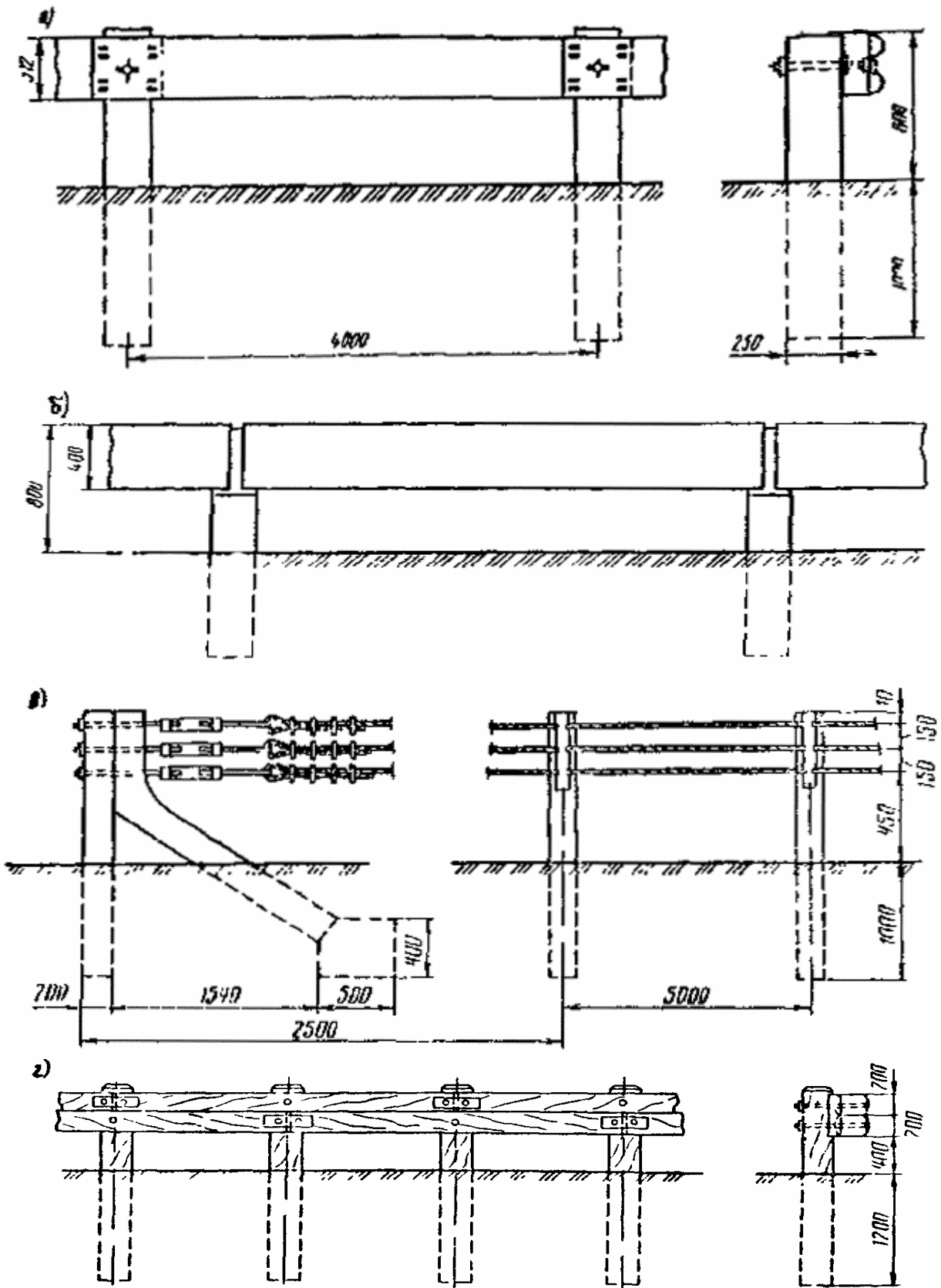


Рис.35. Ограждения первой группы:
 а – металлические; б – железобетонные; в – тросовые; г – деревянные

Ограждения второй группы (сетки, конструкции перильного типа и, т.п.) предназначены для упорядочения движения пешеходов и предотвращения выхода на проезжую часть дороги скота и диких животных (рис. 36).

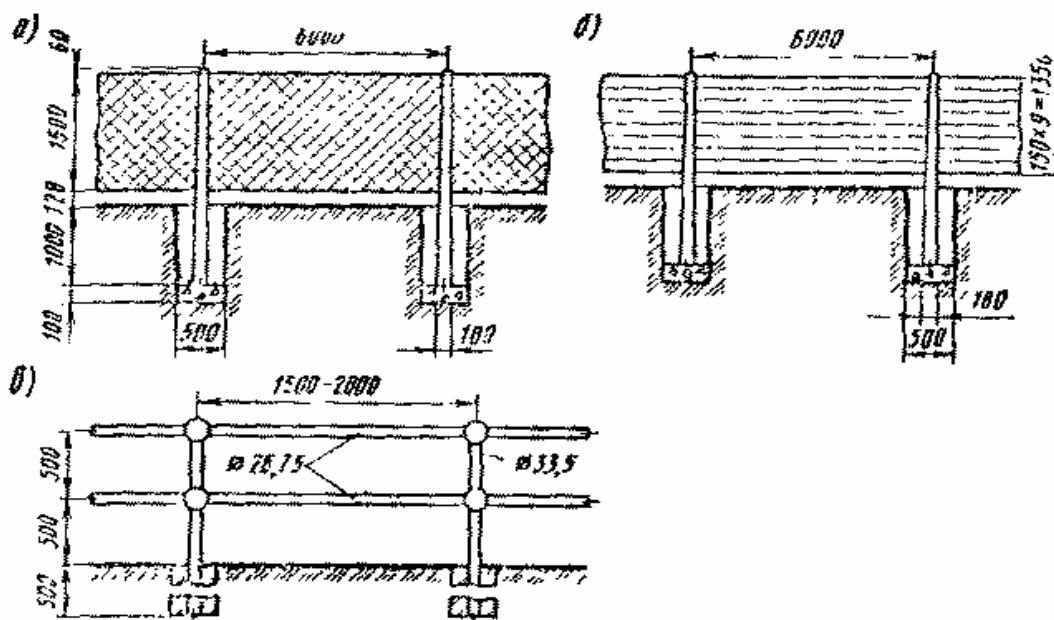


Рис.36. Ограждения второй группы:
а – из сетки; б – из проволоки; в – ограждения перильного типа

Ограждения первой группы необходимо устанавливать на обочинах участков автомобильных дорог – 1–IV категорий:

- проходящих по насыпи с крутизной откоса 1:3 и более в соответствии с требованиями, приведенными в табл. 16;
- расположенных параллельно железнодорожным линиям, болотам и водным потокам глубиной 2 м и более, оврагам и горным ущельям на расстоянии до 25 м от кромки проезжей части при перспективной интенсивности движения не менее 4000 прив.ед./сут и до 15 м при перспективной интенсивности менее 4000 прив.ед./сут;
- пролегающих на склонах местности крутизной более 1:3 (со стороны склона) при перспективной интенсивности движения не менее 4000 прив.ед./сут;
- со сложными пересечениями и примыканиями в разных уровнях;
- с недостаточной видимостью при изменении направления дороги в плане.

Таблица 16

Участки автомобильных дорог	Продольный уклон	Перспективная интенсивность движения, прив.ед./сут, не менее	Минимальная высота насыпи, м
Прямолинейных участки дорог, кривые в плане с радиусом более 600 м и с внутренней стороны кривых в плане с радиусом менее 600 м на спуске или после него	До 40	2000	3,0
		1000	4,0
То же	40 и более	2000	2,5
		1000	3,5
С внешней стороны кривых в плане с радиусом менее 600 м на спуске или после него	До 40	2000	2,5
		1000	3,5
На вогнутых кривых в продольном профиле, сопрягающих встречные уклоны с алгебраической разностью 50 % и более	–	2000	2,5
		1000	3,5
С внешней стороны кривых в плане с радиусом менее 600 м на спуске или после него	40 и более	2000	2,0
		1000	3,0

Следует предусматривать ограждение опор путепроводов, консольных и рамных информационно-указательных знаков, опор освещения и связи, расположенных на расстоянии менее 4 м от кромки проезжей части.

На обочинах дорог ограждения первой группы должны быть расположены на расстоянии не менее 0,5 м и не более 0,85 м от бровки земляного полотна в зависимости от жесткости конструкции дорожных ограждений.

На обочинах автомобильных дорог рекомендуется устраивать ограждения:

– барьерные, односторонние, металлические, энергопоглощающие с шагом стоек 1 м – с внешней стороны кривых в плане с радиусом менее 500 м дорог I и II категорий;

– барьерные, односторонние, металлические, энергопоглощающие с шагом стоек 2 м – на дорогах I и II категорий, кроме внутренней стороны кривых в плане с радиусом менее 600 м;

– барьерные, односторонние, металлические, энергопоглощающие с шагом стоек 4 м – с внутренней стороны кривых в плане с радиусом менее 600 м дорог I и II категорий;

– барьерные, односторонние, металлически0, жесткие – на дорогах I и II категорий, кроме внутренней сторон; кривых в плане с радиусом менее 600 м, на прямолинейных участках и кривых в плане с радиусом более 600 м дорог III категории;

– барьерные, односторонние, с металлической планкой на железобетонных стойках – с внутренней стороны кривых в плане с радиусом менее 600 м дорог I и II категории и на дорогах III категории;

– барьерные, односторонние с металлической планкой на железобетонных стопках с внутренней стороны кривых в плане с радиусом менее 600 м дорог I и II категорий и на дорогах III категории;

– барьерные, односторонние, железобетонные с шагом стоек 1,25 м с внутренней стороны кривых в плане радиуса менее 600 м и дорог IV категории;

– барьерные, односторонне, железобетонные с шагом стоек 3,5 м – на прямолинейных участках и кривых в плане с радиусом более 600 м дорог III категории и на дорогах IV категории;

– барьерные, односторонние, тросовые – с внутренней стороны кривых в плане с радиусом менее 600 м дорог III категории и на дорогах IV расположены по ее оси, а при наличии опасных препятствии – вдоль;

– ограждения парапетного типа – в горной местности на участках дорог I–IV категорий, а при технико-экономическом обосновании и на участках дорог V категории.

На разделительных полосах дорог I категории ограждения первой группы требуется устанавливать с учетом условий, указанных в табл.17.

Т а б л и ц а 17

Число полос движения в обоих направлениях	Наличие (отсутствие) на разделительной полосе опасных препятствий	Перспективная интенсивность движения, прив.ед./сут, при ширине разделительной полосы, м, не менее	
		3-4	5-6
4	Отсутствуют	30000	40000
	Имеются	20000	30000
6	Отсутствуют	40000	60000
	Имеются	30000	50000

На разделительно полосе ограждения первой группы должны быть расположены по ее оси, а при наличии опасных препятствий, вдоль оси разделительной полосы на расстоянии не менее 1 м от кромки проезжей части.

При ширине разделительной полосы более 3 м рекомендуется применять барьерные, двусторонние металлические ограждения, а при ширине 3 м и менее – железобетонные ограждения парапетного типа, в том числе со специальным профилем боковых поверхностей.

При установке дорожных ограждений применяется расчетная интенсивность движения на пятилетнюю перспективу.

Не допускается применять ограждения барьерного типа с использованием тросов на автомобильных дорогах I и II категорий.

Не допускается устройство ограждений парапетного типа в виде отдельно стоящих блоков.

При сопряжении дорожных барьерных металлических энергопоглощающих ограждений с мостовыми ограждениями следует предусматривать постепенное доведение шага стоек дорожных ограждений до 1 м. При этом протяженность участков с одинаковым шагом стоек должна быть 8 м.

Примечания:

1. В пределах переходных плит в местах соединения пролетных строений мостов и путепроводов с земляным полотном дороги следует применять ограждения той же конструкции, что и на пролетных строениях.

2. В местах деформационных швов стыки балки ограждений следует выполнять с телескопирующим устройством.

Сопряжение двух односторонних металлических ограждений барьерного типа, расположенных параллельно на разделительной полосе дороги или на обочине в местах пересечений и примыкании, следует выполнять с радиусом не менее 1 м.

Ограждения второй группы требуются:

– устанавливать на разделительной полосе дорог I категории напротив автобусных остановок с пешеходными переходами (подземными или наземными) в пределах всей длины остановки и на протяжении – не менее 20 м в каждую сторону за пределы ее границ;

– располагать по оси разделительной полосы, а при наличии опор путепроводов, освещения, консольных и рамных опор информационно указательных знаков – вдоль оси разделительной полосы на расстоянии не менее 1 м от кромки проезжей части для сеток и не менее 1,5 м для ограждений перильного типа.

Автомобильные дороги I категории, а также опасные участки дорог II и III категорий, когда не требуется искусственного освещения и установки ограждений первой группы, должны быть оборудованы направляющими устройствами в виде отдельно стоящих сигнальных столбиков высотой 0,75–0,8 м.

Сигнальные столбики на обочинах дорог II и III категорий следует устанавливать:

➤ в пределах кривых в продольном профиле и на подходах к ним (по три столбика с каждой стороны) при высоте насыпи не менее 2 м и интенсивности движения не менее 2000 прив.ед./сут на расстояниях, указанных в табл.18;

➤ в пределах кривых в плане и на подходах к ним (по три столбика с каждой стороны) при высоте насыпи не менее 1 м на расстояниях, указанных в табл.19;

➤ на прямолинейных участках дорог при высоте насыпи не менее 2 м и интенсивности движения не менее 2000 приведенных ед./сут через 50 м;

➤ в пределах кривых на пересечениях и примыканиях дорог в одном уровне на расстояниях, указанных в таблице для внешней стороны закругления;

➤ на дорогах, расположенных на расстоянии менее 15 м от болот и водотоков глубиной от 1 до 2 м, через 10 м;

➤ у мостов и путепроводов по три столбика до и после сооружения с двух сторон дороги через 10 м;

➤ у водопропускных труб по одному столбику с каждой стороны дороги по оси трубы.

Т а б л и ц а 1 8

Радиус кривой в продольном профиле, м	Расстояние между столбиками а пределах кривой, м	Расстояние между столбиками на подходах к кривой, м		
		от начала до первого	от первого до второго	от второго до третьего
200	7	12	23	47
300	9	15	30	50
400	11	17	33	50
500	12	19	37	50
1000	17	27	50	50
2000	25	40	50	50
3000	31	47	50	50
4000	35	50	50	50
5000	40	50	50	50
6000	45	50	50	50
8000	50	50	50	50

Таблица 19

Радиус кривой в плане, м	Расстояние между столбиками в пределах кривой, м		Расстояние между столбиками на подходах к кривой, м		
	на внешней стороне кривой	на внутренней стороне кривой	от начала до первого	от первого до второго	от второго до третьего
20	3	6		10	20
30	3	6	7	11	21
40	4	8	9	15	31
50	5	10	12	20	40
100	10	20	25	42	50
200	15	30	30	45	50
300	20	40	36	50	50
400	30	50	50	50	50
500	40	50	50	50	50
600	50	50	50	50	50

На дорогах I категории сигнальные столбики следует устанавливать:

– между развязками на всем протяжении участков дорог, не имеющих ограждающих устройств проезжей части, через 50 м;

– в пределах закруглений с двух сторон съездов на расстояниях, указанных в табл. 19.

Сигнальные столбики следует устанавливать в пределах неукрепленных частей обочин на расстоянии 0,35 м от бровки земляного полотна. При этом расстояние от края проезжей части до столбика должно быть не менее 0,75 м.

На снегозаносимых участках и в районах с длительным зимним периодом (I-III дорожно-климатические зоны) направляющие столбики следует устанавливать на откосе насыпи на расстоянии 30 см от бровки земляного полотна или устраивать их в виде наклонных столбиков с сечением 15×10 см с отгибами. Разрешается устанавливать ограждения и направляющие столбики только на внешней стороне кривых на левоповоротных съездах пересечений и примыканий, автомобильных дорог в различных Уровнях, расположенных в районах с сильной снегозаносимостью.

Островки безопасности для разделения движения транспортных потоков по направлениям устраивают на перекрестках при суммарной интенсивности движения по пересекающимся или примыкающим по-

рогам не менее 1000 авт./сут, когда количество поворачивающих транспортных средств составляет не менее 10 %.

4.4. Освещение автомобильных дорог

На автомобильных дорогах следует освещать участки дорог в пределах населенных пунктов, а при возможности использования существующих электрических распределительных сетей также на больших мостах, автобусных остановках, пересечениях дорог I и II категорий между собой и с железными дорогами, на всех подходах к ним на расстоянии не менее 250 м и на подъездных дорогах к промышленным предприятиям или их участкам при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Дорожная служба должна выступать инициатором освещения опасных участков дорог и может принять долевое участие в финансировании или проведении отдельных видов строительного-монтажных и эксплуатационных работ.

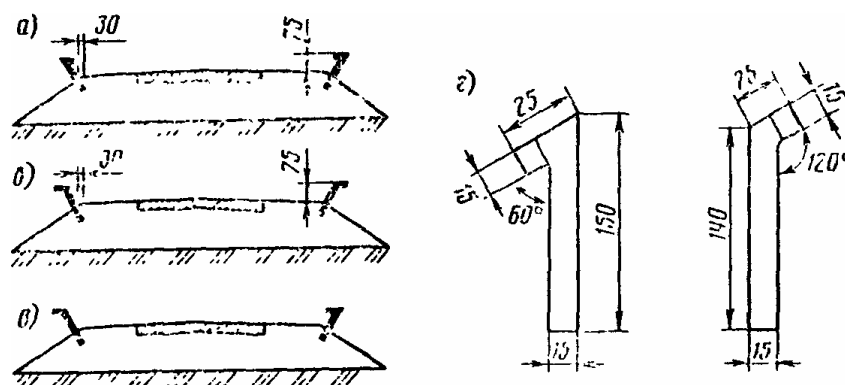


Рис. 37. Направляющие тумбы или столбики с отгибами:
а, б – на прямых участках дороги; в – на левом повороте;
г – тумбы с левым и правым отгибами

При разработке проекта реконструкции автомобильных дорог необходимо учитывать и выявлять опасные участки дорог, на которых следует устраивать стационарное освещение, согласовывать проект прокладки электросетей и установки осветительных опор на дороге, производить уширение (при необходимости) земляного полотна или устройство присыпных берм для установки опор, а также их защиту ограждениями от возможного наезда автомобилей.

Средняя яркость проезжей части участков дорог вне населенных пунктов, в том числе больших и средних мостов, должна быть на дорогах I категории $0,8 \text{ кд/м}^2$, на дорогах II категории $0,6 \text{ кд/м}^2$, а на соединительных ответвлениях в пределах транспортных развязок $0,4 \text{ кд/м}^2$.

Отношение максимальной яркости покрытия проезжей части к минимальной не должно превышать 3:1 на участках дорог I категории и 5:1 для дорог других категорий. Показатель ослепленности для осветительных установок не должно превышать 150.

Осветительные установки пересечений автомобильных дорог в одном уровне должны соответствовать нормам искусственного освещения, регламентируемым системой стандартов безопасности труда на железнодорожном транспорте.

Опоры освещения, как правило, следует располагать за бровкой земляного полотна. В местах установки опор освещения обочину следует уширять в виде бермы так, чтобы расстояние между опорами и ограждениями, устанавливаемыми вдоль бровки земляного полотна, было не менее 1,2 м.

Допускается располагать опоры освещения на разделительной полосе при ее ширине менее 5 м. В этом случае их необходимо защищать от наезда автомобилей ограждениями, которые устанавливаются на разделительной полосе на расстоянии не менее 1 м от кромки проезжей части.

5. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

При выполнении работ по реконструкции автомобильных дорог необходимо учитывать требования охраны природной среды путем ограничения их отрицательного воздействия на землю, воду и воздух.

Дорожная служба должна обеспечивать: сохранение или улучшение существующего ландшафта; защиту почв и растительности; повышение устойчивости земляного полотна на оползневых участках; создание благоприятных условий для использования в народном хозяйстве временно выделяемых земель под дорожно-ремонтные работы; защиту поверхностных и грунтовых вод от загрязнения дорожной пылью, горюче-смазочными материалами, обеспыливающими, противогололедными и другими химическими веществами; выполнение мероприятий по предупреждению загрязнения воздуха выбросами в атмосферу газов и пыли, а также защиту от шума и вибрации.

Дорожные организации обязаны строго соблюдать рекомендации, изложенные в «Инструкции по охране природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог», а также требования действующих законодательных актов директивных и нормативных документов.

При планировании, составлении проектно-сметной документации и выполнении работ по реконструкции и ремонту автомобильных дорог должны рассматриваться мероприятия по минимальному изъятию земельных площадей и использованию природных ресурсов, сбережению сельскохозяйственных угодий (особенно пашни), сохранению плодородного слоя почв, предотвращению загрязнения поверхности земли, водоемов и атмосферы, а также по предупреждению возможности возникновения отрицательных гео- и гидрологических явлений, эстетического ущерба и непосредственного уничтожения или ухудшения условий существования животных, птиц и растительности.

Для проведения указанных мероприятий должны по возможности использоваться земли несельскохозяйственного назначения или сельскохозяйственные угодья худшего качества. Из земель Гослесфонда прежде всего необходимо использовать массивы, занятые кустарником и мелколесьем неценных пород. При необходимости изъятия земель сельскохозяйственного назначения и земель Гослесфонда, покрытых лесом, следует обосновывать принятые решения технико-экономическим расчетом и сравнением возможных вариантов.

Запрещается приступать к производству работ или иному пользованию предоставленным земельным участком до установления местными землеустроительными органами границ этого участка в натуре (на местности) и выдачи документа, удостоверяющего право пользования землей. Увеличение радиусов кривых в плане, смягчение продольных уклонов дороги необходимо осуществлять без нарушения ландшафта, не вызывая эрозии почв, развития оврагов, изменения водоотвода в придорожной полосе и при строгом соблюдении требований земельного законодательства.

Затраты на рекультивацию земель по восстановлению их плодородия, а также снятие плодородного слоя почвы, хранение и нанесение его на рекультивируемые земли или малопродуктивные угодья при реконструкции (капитальном ремонте) автомобильных дорог и дорожных сооружений относятся на стоимость этих объектов, а при разработке месторождений – на себестоимость продукции предприятия.

Работы по рекультивации земель должны начинаться в период реконструкции или капитального ремонта автомобильной дороги и заканчиваться не позднее чем через 1 год после их окончания. Заключительным этапом рекультивации является передача в установленном порядке восстановленных земель и угодий органами лесного или рыбного хозяйства.

Рекультивация нарушенных земель проводится, как правило, за два этапа; технический и биологический.

Технический этап предусматривает: подготовку поверхности для производства основных работ (отвод поверхностных вод и осушение участков, расчистка поверхности от посторонних предметов); снятие растительного (почвенного) слоя, транспортирование и укладка его в штабеля для хранения; разработка подстилающих пород и пород, пригодных для целей рекультивации (при разработке месторождений). транспортирование и укладка их в штабеля; планировка отработанных площадей и формирование откосов; распределение ранее снятого растительного грунта на спланированную поверхность.

Биологический этап рекультивации заключается в восстановлении плодородия нарушенных земель, создании растительного покрова, возобновлении фауны. При биологической рекультивации территорий для сельскохозяйственных целей производят внесение удобрений, культивирование, орошение, известкование, гипсование, посев многолетних трав и другие мероприятия.

Биологическая рекультивация сельскохозяйственных земель и лесных угодий производится на основании специальных разделов, входящих в состав проекта на реконструкцию дороги, с привлечением в случае необходимости на договорных условиях проектных организаций системы Министерства сельского хозяйства СССР, Государственного комитета лесного хозяйства Совета Министров СССР и Министерства рыбного хозяйства.

Лесохозяйственное направление биологической рекультивации осуществляется с целью создания лесных насаждений, имеющих противозерозионное или водоохранное назначение.

При реконструкции автомобильных дорог должны быть приняты мероприятия по сохранению и предупреждению от загрязнения различных водоемов, рек и грунтовых вод. Все мероприятия, связанные с водными ресурсами (реки, озера, пруды и т.п.), должны осуществляться с соблюдением Положения об охране рыбных запасов и о регулировании рыболовства в водоемах страны и Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами и при согласовании с органами Минводхоза и Минрыбхоза.

При прохождении дороги вблизи населенных пунктов, зон отдыха, больничных комплексов необходимо устраивать шумозащитные экраны, барьеры и другие сооружения.

Для снижения загазованности территорий населенных пунктов; прилегающих к существующим автомобильным дорогам, проводят мероприятия по обеспечению проветриваемости дорог, равномерности движения автомобилей, устройству различных защитных экранов.

С целью защиты окружающей местности, поверхностных и грунтовых вод от загрязнения пылью, бытовыми отходами, горюче-смазочными и другими материалами рекомендуется:

предусматривать устройство покрытий, исключающих пылеобразование, в первую очередь, на участках дорог, проходящих через населенные пункты, в непосредственной близости от больниц, санаториев, школ, детских садов, зон отдыха, водоохраных зон, через земельные угодья, где пыль снижает урожайность или качество сельскохозяйственных культур;

предусматривать устройство достаточного количества площадок для стоянок автомобилей и мест отдыха, предъявляя повышенные требования к их санитарно-гигиеническому обустройству и оборудованию.

При расположении участка дороги в пределах водоохранной зоны запрещается устраивать площадки для стоянок автомобилей.

В целях сохранения животных рекомендуется в местах с установленными путями миграции предусматривать мероприятия по предотвращению появления животных на дороге и устраивать специальные пути для их пропуска.

6. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ

6.1. Оценка эффективности технологии и средств механизации

С переходом от плановой системы хозяйства к рыночной в России произошли значительные изменения в оценке эффективности принимаемых технических и технологических решений.

В настоящее время для строительных организаций, участвующих в тендерах на реконструкцию и производящих работы по реконструкции автомобильных дорог, есть широкая возможность выбора технологических решений и средств механизации для их выполнения. Применение новых, более эффективных и ресурсосберегающих технологий и машин, позволяет выиграть у других конкурентов торги и получить новые заказы.

В плановой экономике комплексным критерием экономической эффективности считался показатель – удельные приведенные затраты (УДП) :

$$Z_{\text{пр}}^{\text{уд}} = C^{\text{уд}} + (D + E_n) \cdot K_{\text{уд}}, \quad (33)$$

где $Z_{\text{пр}}^{\text{уд}}$ – удельные приведенные затраты, руб./м³(м²)/км; $C^{\text{уд}}$ – удельные текущие затраты; D – амортизация на реновацию, разная для раз-

ного типа оборудования; $E_n = 0,12$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, принимавшийся постоянным; $K_{уд}$ – удельные капитальные затраты.

$$D = \frac{E_n}{1 + E_n} \cdot T_{сл} + 1, \quad (34)$$

где $T_{сл}$ – срок службы данной технологии, равный сроку службы ведущей машины. Вторым важнейшим показателем считался срок окупаемости, который определялся отношением

$$T_{ок} = \frac{Z_{ин}}{\Pi + D}, \quad (35)$$

где $Z_{ин}$ – размер инвестированного капитала; Π – прибыль, засчитываемая на возврат инвестиционного капитала.

С развитием рыночных отношений необходим учет реальных экономических явлений (инфляция, изменение нормы прибыли, степень риска, одновременность затрат инвестиционного капитала и возвратных сумм прибыли) с корректировкой одновременных затрат уровню цен на «сегодня» – «дисконтируемая» уценка (ДУ):

$$DU(t) = (1 + RD)^t, \quad (36)$$

где $RD = I + P_n + RS$ – норма дисконта (здесь I – темп инфляции; P_n – реальная норма прибыли; RS – коэффициент учета степени риска).

Темп инфляции в России в 1996 г. составлял по разным оценкам 0,18 – 0,28 (18–28 % в год).

Для сравнения в США в 1994–1996 гг. средний темп инфляции составил 0,1 (10 % в год). Для более точной и достоверной оценки лучше рассчитывать темп инфляции ежемесячно, т.е. годовой темп делить на 12. Реальная норма прибыли определяется по наименьшему гарантированному уровню доходности. Для США обобщенный показатель по облигациям 30-летнего займа составляет 0,04–0,05 (4–5 % в год).

Для России реальную норму прибыли следует принимать с учетом уровня банковской ставки кредита Центробанка РФ.

Оценка степени риска предполагает учет самых разных явлений и случайностей. Например, существует мировая ранжированная система, учитывающая политические риски, уровень развития макроэкономики, процент увеличения ВВП (валового внутреннего продукта) и другие. Для отечественных инвесторов важно, прежде всего, иметь полную информацию об организации, вариантах технологических решений, их перспективности, условиях торгов и особенностях объектов, прежде всего финансовом обеспечении производства работ.

Следует принимать степень риска с учетом длительности разработки новой технологии (создание новой техники) и сезонности ее применения. Для примеров, рассчитанных по реальным объектам, МКАД и автомобильная дорога Нарофоминск-Новоселки, принимался % риска от 8 до 16 в месяц (96–192 % в год).

Новая методика оценки эффективности инвестиций вводит новые критерии:

- чистый дисконтный доход (ЧДД);
- индекс доходности (ИД);
- внутренняя норма доходности (ВИД);
- отношение выгод и затрат (ОВЗ);
- срок окупаемости с учетом временного фактора (Твр.ок.) ЧДД определяется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{n=0}^T \frac{P(t) - Z(t)}{(1 + RD)^t}, \quad (37)$$

где $P(t)$ – стоимостная оценка внедрения новой техники за период t ; $Z(t)$ – стоимостная оценка затрат на внедрение новой техники за период t ; RD – норма дисконта имеет разные значения в расчетный период t ; t – срок службы, осуществления проекта.

Часто не учитывают капиталовложения и исключают их из затрат на внедрение, тогда получим:

$$\text{ЧДД} = \sum_{n=0}^T \frac{P(t) - Z'(t)}{(1 + RD)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{K(t)}{(1 + RD)^t}, \quad (38)$$

где $Z'(t)$ – затраты на внедрение без учета капвложений.

Чем выше ЧДД, тем предпочтительнее вариант. ИД определяется как отношение суммы приведенных эффектов (ЧДД) к сумме дисконтированных капвложений:

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{P(t) - Z'(t)}{(1 + RD)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{K(t)}{(1 + RD)^t}}, \quad (39)$$

Чем выше ИД, тем более эффективно вложены инвестиции.

ВНД определяется при $\text{ЧДД} = 0$ и представляет собой максимальную плату за инвестиции, когда проект самоокупаем и неубыточен, т.е. определяется условием

$$\sum_{t=0}^T \frac{P(t) - Z'(t)}{(1 + RD)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{K(t)}{(1 + RD)^t}. \quad (40)$$

ВИД = RD и определяется пробным расчетом. Полученные значения ВНД сопоставляются со ставками за кредит. При этом ставки за кредит должны быть «очищены» от инфляции, для чего используют формулу

$$R = \frac{N_e - I}{I + 1}, \quad (41)$$

где N_e – номинальная эффективная ставка; R – реальная банковская ставка (коммерческих банков); I – темпы инфляции.

$$N_e = \left| \frac{1 + N_e}{t} \right|^{t-1}, \quad (42)$$

где N_e – номинальная банковская ставка (ЦБ РФ); t – период начисления процентов.

В США ежемесячно публикуется индекс потребительских цен, в России также ежемесячно публикуется в «Строительной газете» коэффициент пересчета цен на «сегодня» к уровню цен 2000 года.

ОВЗ – критерий, по которому определяется как бы текущая эффективность вариантов, когда принимается во внимание и себестоимость $Z(t)$, и эффект от внедрения $P(t)$:

$$\text{ОВЗ} = \sum_{t=0}^T \frac{\frac{P(t)}{(1+RD)^t}}{\frac{Z(t)}{(1+RD)^t}}, \quad (43)$$

Чем больше ОВЗ, тем более эффективен вариант. Срок окупаемости с учетом временного фактора определяется по отношению:

$$\sum_{t=0}^{T_{\text{ок}}^{dh}} \frac{P(t) - Z(t)}{(1+RD)^t} = 0, \quad (44)$$

или

$$\sum_{t=0}^{T_{\text{ок}}^{\text{BP}}} \frac{P(t) - Z'(t)}{(1+RD)^t} = \sum_{t=0}^{T_{\text{ок}}^{\text{BP}}} \frac{K(t)}{(1+RD)^t}. \quad (45)$$

Расчет производится методом подбора и с учетом разных интересов: инвестора (быстрая отдача инвестиций) и государства или производителя работ (лучшее использование природных ресурсов, прирост рабочих мест, максимальная прибыль).

Пример 1

Базовый вариант.

Технология устройства основания дорожной одежды на МКАД включает (снизу вверх):

- устройство морозозащитного слоя из песка $h = 0,6$ м;
- устройство щебеночного слоя, $h = 0,15$ м;
- устройство 1-го слоя из тощего бетона, $h = 0,15$ м;
- устройство прослойки из битумной эмульсии, $h = 0,01$ м;
- устройство 2-го слоя из тощего бетона, $h = 0,18$ м;
- устройство щебеночного основания на остановочной полосе, $h = 0,3$ м;

Новый вариант.

Технология устройства равнопрочного основания дорожной одежды на МКАД включает (снизу вверх):

- устройство морозозащитного слоя из песка, $h = 0,6$ м;
- устройство основания за один проход из песка, обработанного цементом, на $h = 0,15$ м, в том числе совместно с битумной эмульсией на $h = 0,05$ м;
- устройство 1-го слоя из тощего бетона, $h = 0,15$ м, обработанного битумной эмульсией, за один проход на полотне дороги на $h = 0,05$ м;
- устройство 2-го слоя так же, как и первого;
- устройство основания на остановочной полосе за один проход из песка, обработанного цементом, на $h = 0,15$ м, в том числе с битумной эмульсией на $h = 0,05$ м.

Расчеты показывают, что новый вариант технологии позволяет уменьшить приведенные удельные затраты на 2320 млн. руб. на 1 км, срок окупаемости капложений (2500 млн руб. – стоимость двух однопроходных грунтосмесительных машин) – 3,5 месяца, ЧДД составляет 9480 млн руб.

6.2. Оптимизация технологии и состава отрядов машин и оборудования

При производстве работ по реконструкции автомобильных дорог возникают различные задачи, связанные с организацией и технологией работ:

- определение оптимального расположения подсобных служб, т.е. асфальто- и цементобетонных заводов, баз по приему щебня, песка, установок по приготовлению битумных эмульсий;
- определение оптимального объема применения различных технологий;

- определение оптимального варианта технологии производства работ, заданного объема работ.

При решении задач первого типа можно рассчитывать два варианта задачи:

- выбор рациональной загрузки АБЗ, баз и т.д. при известном их расположении (например, для производства работ на МКАД поставки асфальтобетонных и цементобетонных смесей с давно работающих заводов Москвы и ближнего Подмосковья);

- выбор рационального расположения и мощности баз по выпуску асфальтобетонных смесей при новой реконструкции (например, автомобильной дороги Москва-Воронеж, проводимой ФДСУ).

Особенности решения таких задач заключаются в определении минимального числа баз, а также мест их расположения, при которых затраты на транспортировку материалов будут минимальны при безусловном соответствии технологии нормативным документам.

Введем обозначения: число возможных мест расположения баз q ($1...n$), производительность базы Π_{q_i} , число объектов производства работ i с объемом Q_i ($i...m$), удельная стоимость перевозок X_{q_i} .

Для установления рационального варианта размещения баз используется уравнение затрат C_q для q вариантов

$$\sum_1^n \Pi_{q_i} X_{q_i} = C_q \quad (46)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_1^n \Pi_q = \sum_1^m Q_i \cdot \quad (47)$$

На основании этих равенств составляются уравнения:

$C_1 = \Pi_{11}X_{11} + \Pi_{21}X_{21} + \Pi_{31}X_{31} + \dots + \Pi_{n1}X_{n1} - 1$ вариант размещения;

$C_2 = \Pi_{12}X_{12} + \Pi_{22}X_{22} + \Pi_{32}X_{32} + \dots + \Pi_{n2}X_{n2} - 2$ вариант размещения;

$C_n = \Pi_{1n}X_{1n} + \Pi_{2n}X_{2n} + \Pi_{3n}X_{3n} + \dots + \Pi_{nn}X_{nn-n}$ вариант размещения.

При условии $\Pi_1 + \Pi_2 + \dots + \Pi_n = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_m$ принимается вариант с $C_n = \min$.

При решении задач второго типа рассматриваются различные варианты технологии устройства, например, оснований. При этом задача такого типа возникала бы, если на отдельных участках работы производились по разным технологиям: на участке 1 – с применением укрепленного цементом и битумной эмульсией песка, на участке 2 – щебня.

Введем обозначения: число объектов i ($1...m$); число способов устройства оснований в общем случае k ($1...n$); объем работ, выполняемых

на i объекте, с использованием способа k , X_{ik} ; удельная себестоимость работ на объекте i по способу k , C_{ik} ; общий объем работ на i объекте Q_i ; объем работ по способу k – q_k .

Целевая функция определяется,

$$C = \sum \sum X_{ik} \cdot C_{ik} \rightarrow \min, \quad (48)$$

при ограничениях,

$$\sum_1^m \sum_1^n X_{ik} = \sum_1^m Q_i;$$

$$\sum_1^m \sum_1^n X_{ik} = \sum_1^m q_k.$$

Получаем уравнение:

$$C = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + \dots + C_{nm}X_{nm} \rightarrow \min;$$

$$X_{11} + X_{12} + \dots + \Pi_{1m} = Q_i \quad X_{11} + X_{21} + \dots + \Pi_{n1} = q_1;$$

$$X_{n1} + X_{n2} + \dots + \Pi_{nm} = Q_i \quad X_{1m} + X_{2m} + \dots + \Pi_{nm} = q_k.$$

Вместе с этим следует подчеркнуть, что при этих расчетах для выбора оптимальной технологии учитывают все затраты: на материалы, зарплату рабочих, эксплуатацию машин.

При этом часто основным отличием вариантов является применение нового материала или новой машины, а также выполнение отдельных технологических операций в новой последовательности или совместно, введение новой операции.

Темп строительства определяется по производительности основной технологической операции, точнее, ведущей машины, выполняющей эту операцию. Например, при устройстве слоя из асфальтобетона ведущей машиной является асфальтоукладчик, а при поверхностной обработке – автогудронатор, при устройстве оснований из укрепленного грунта – однопроходный грунтосмеситель.

Состав отряда машин определяется расчетом по производительности ведущей машины с учетом обязательного выполнения технологических особенностей каждой операции соответственно. Например, при уплотнении асфальтобетона учитывается температура асфальтобетонной смеси, ниже которой не рационально выполнять уплотнение, при распределении щебня при поверхностной обработке битумной эмульсией – время распада эмульсии; при уплотнении и чистовом профилировании устроенного слоя из укрепленного цементом грунта – время схватывания и твердения цементогрунта.

Оптимизация имеет своей целью поиск наилучшего варианта решения в соответствии с принятым критерием оптимальности. Для про-

ведения оптимизационных расчетов состава отряда машин в качестве критерия оптимальности допускается использовать минимум приведенных затрат на эксплуатацию отряда машин, отнесенных к единице готовой продукции $C_{ед}$ (обычно 1 п.м. реконструированной дорожной одежды):

$$C_{ед} \frac{\sum_{i=0}^n S_i}{Q_{см}} \rightarrow \min, \quad (49)$$

где $Q_{см}$ – сменная длина захватки, м; n – количество технологических операций; S_i – приведенные затраты на эксплуатацию дорожных машин в i -й технологической операции, руб.;

$$S_i = \min (C_{ij} \cdot M_{ij} \cdot T), \quad j=1, m_i, \quad (50)$$

где C_{ij} – приведенные затраты на эксплуатацию одной машины j -й марки в i -й технологической операции; за один час руб./ч; M_{ij} – количество машин j -й марки, необходимое для выполнения сменного объема работ в i -й технологической операции, шт.; m_i – количество вариантов марок машин, используемых в i -й технологической операции; T – продолжительность смены, ч.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое реконструкция автомобильной дороги?
2. Какие существуют методы оценки состояния дорог?
3. Как определяется перспективная интенсивность движения?
4. Какие бывают особенности изысканий при реконструкции авто-
дорог?
5. Какие элементы земляного полотна могут перестраиваться при
реконструкции автомобильных дорог?
6. Как осуществляется пропуск транзитного транспорта на реконст-
руируемой дороге?
7. Что входит в состав подготовительных работ при реконструкции
автодорог?
8. Какие существуют варианты перестройки водопропускных труб
при реконструкции автомобильных дорог?
9. Какие бывают способы уширения насыпи и выемки?
10. Какие существуют мероприятия по перестройке пучинистых
участков?
11. Классификация способов реконструкции дорожных одежд в за-
висимости от типа покрытия, категории дороги, местных условий?
12. Какие варианты технологии регенерации покрытий и дорожных
одежд Вы знаете?
13. Что такое ЩМА?
14. Какие мероприятия осуществляются по обеспечению безопас-
ности движения?
15. Какие мероприятия осуществляются по охране природной сре-
ды?
16. Какова сущность новых методов оценки эффективности техно-
логических решений и оптимизации составов отрядов машин?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения [Текст] / А.П. Васильев, В.М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1990. – 304 с.
2. ГОСТ Р 52289–2004. Группа Д28. Национальный стандарт Российской Федерации. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. ГП «РОСДОРНИИ», 201-01-01-103 с.
3. Дорожные одежды с использованием шлаков [Текст] / под ред. проф. А.Я. Тулаева. – М.: Транспорт, 1986. – 221 с.
4. ОДН 218.046.-01. Отраслевые дорожные нормы. Проектирование нежестких дорожных одежд [Текст]. – М.: Транспорт, 1985. – 143 с.
5. СН 509-78. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений [Текст]. – М.: Стройиздат, 1979. – Ч.1. – 280 с. – Ч.2. – 175 с.
6. ВСН 43-78. Инструкция по устройству дорожных одежд с использованием регенерированного старого асфальта [Текст]. – М.: Главмосинжстрой.
7. Классификация работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования и искусственных сооружений на них 89 с изменением на 6 августа 2008 г.) [Текст]: утв. приказом Минтранса России от 12 ноября 2007 №160. – 12 с.
8. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования [Текст]. – М.: Информэлектро, 1994. – 78 с.
9. Методические рекомендации по проектированию и устройству теплоизолирующих слоев на пучиноопасных участках автомобильных дорог [Текст]. – М.: СоюздорНИИ, 1977.
10. ОДН 218.0.006-2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог [Текст]. – М.: Минавтодор РСФСР, 2002. – 168 с.
11. Реконструкция автомобильных дорог [Текст] / В.Ф. Бабков [и др.]; под ред. В.Ф. Бабкова. – М.: Транспорт, 1978. – 264 с.
12. Рекомендации по совершенствованию методов борьбы с пучинами при ремонте автомобильных дорог (для опытного применения). Росавтодор. – М.: НПО «РосдорНИИ», 1991.
13. Руководство по оценке эффективности инвестиционных проектов. – Unido, 1996.

14. Руководство по сооружению земляного полотна автомобильных дорог [Текст]. – М.: Транспорт, 1982. – 160 с.
15. СНиП 2.05.02–85*. Автомобильные дороги. Госстрой СССР [Текст]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.
16. СНиП 3.06.03–85. Автомобильные дороги [Текст] / Госстрой СССР [Текст]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 112 с.
17. Содержание и ремонт гравийных дорог [Текст]. – Хельсинки, 1995.
18. Суханов, С.В. Организация и технология строительства водопропускных труб [Текст]: метод. указания/ С.В. Суханов. – М.: МАДИ 1990. – 37 с.
19. Технология и организация строительства автомобильных дорог [Текст]: учебник для вузов / под ред. Н.В. Горельшева. – М.: Транспорт, 1992. – 551 с.
20. ВСН 24-88. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог [Текст].– М.: Транспорт, 1989. – 198 с.
21. Тулаев, А.Я. Конструкции и расчет дренажных устройств [Текст] / А.Я. Тулаев. – М.: Транспорт, 1980. – 192 с.
22. ВСН 7-89. Указания по строительству, ремонту и содержанию гравийных покрытий [Текст].– М.: Транспорт, 1990.
23. ВСН 52-89. Указания по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд [Текст].– М.: Минавтодор РСФСР, 1989. – 76 с.
24. Цезар Кейрос. Техничко-экономические проблемы ремонта и содержания автомобильных дорог [Текст] / Цезар Кейрос // МАДИ (ТУ). – М., 1995. – 57 с.
25. ОДН 218.1.052-2002. Отраслевые дорожные нормы «Оценка прочности нежестких дорожных одежд» ГП «Росдорнии» [Текст]: утв. и введены в действие распоряжением Министерством транспорта Российской федерации от 19.11.02 №ос-1040-р.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
РАЗДЕЛ I	8
1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА РЕКОНСТРУИРУЕМОЙ ДОРОГЕ.....	8
2. ОСОБЕННОСТИ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ.....	9
3. ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ НА РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ДОРОГАХ.....	13
4. РАСЧЕТ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ОДИНОЧНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.....	15
5. ОЦЕНКА СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКОВ АВТОМОБИЛЕЙ.....	18
6. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ДОРОГЕ	20
7. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АВАРИЙНОСТИ.....	21
8. МЕТОД КОЭФФИЦИЕНТОВ БЕЗОПАСНОСТИ	22
9. МЕТОД КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ.....	24
10. МЕТОД КОЭФФИЦИЕНТОВ АВАРИЙНОСТИ.....	25
11. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ДОРОГИ.....	31
РАЗДЕЛ II.....	33
1. ПРИНЦИПЫ НАЗНАЧЕНИЯ РАБОТ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	33
1.1. Реконструкция автомобильных дорог и ее разновидности.....	33
1.2. Оценка состояния дороги и назначение мероприятий по реконструкции дорог	45
2. ПЕРЕСТРОЙКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ	49
2.1. Подготовительные работы.....	56
2.2. Способы уширения насыпей и выемок	60
2.3. Исправление продольного профиля	67
2.4. Перестройка пучинистых участков	72
2.5. Перестройка и удлинение водопропускных труб.....	80
3. РЕКОНСТРУКЦИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД	89
3.1. Способы реконструкции дорожных одежд.....	89
3.2. Способы разборки слоев дорожных одежд и повторного использования их материалов.....	94

3.3. Способы регенерации дорожных одежд и покрытий	96
3.4. Уширение дорожной одежды и укрепление обочин	105
3.5. Применение щебеночно-мастичного асфальтобетона.....	112
3.6. Особенности реконструкции дорожных одежд с цементобетонными покрытиями	118
3.7. Перестройка дорожных одежд переходного типа	126
4. ОБУСТРОЙСТВО ДОРОГ.....	133
4.1. Дорожные знаки.....	135
4.2. Разметка автомобильных дорог.....	140
4.3. Ограждения и направляющие устройства.....	143
4.4. Освещение автомобильных дорог.....	151
5. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.....	152
6. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ	155
6.1. Оценка эффективности технологии и средств механизации.....	155
6.2. Оптимизация технологии и состава отрядов машин и оборудования	159
Вопросы для самоконтроля	163
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	164

Учебное издание

Морковкина Антонина Михайловна

РЕКОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
Учебное пособие

Редактор Н.Ю. Шалимова
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 15.01.14. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 9,765. Уч.-изд.л. 10,5. Тираж 80 экз.
Заказ № 8.



Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.