Владимирский государственный университет

А. В. ВИХРЕВ Г. В. ПРОВАТОРОВА

РЕКОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Учебное пособие

Владимир 2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

А. В. ВИХРЕВ Г. В. ПРОВАТОРОВА

РЕКОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Учебное пособие

Электронное издание

Владимир 2025

ISBN 978-5-9984-1988-1
© ВлГУ, 2025

УДК 625.7.72.02.4
ББК 39.311-06-5

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор
зав. кафедрой строительных конструкций
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
С. И. Рощина

Директор ООО «ВладдорНИИ»
Д. А. Алексеенко

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Вихрев, А. В. Реконструкция автомобильных дорог [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. В. Вихрев. Г. В. Проваторова ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2025. – 85 с. – ISBN 978-5-9984-1988-1. – Электрон. дан. (7,71 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц ; Windows XP/7/8/10 ; Adobe Reader ; дисковод CD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

Содержит сведения об основных приемах определения транспортно-эксплуатационного состояния сети существующих автомобильных дорог. Позволяет определить перечень задач, решаемых в ходе разработки инженерных проектов и проектов производства работ на реконструкцию автомобильных дорог и сооружений дорожного хозяйства.

Предназначено для студентов высших учебных заведений очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Автомобильные дороги», может быть использовано студентами других специальностей при изучении вопросов выполнения проектно-изыскательских и строительных работ в ходе реконструкции автомобильных дорог и расположенных на них инженерных сооружений.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 6. Ил. 58. Библиогр.: 25 назв.

ISBN 978-5-9984-1988-1 © ВлГУ, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 5

ВВЕДЕНИЕ 6

1. РЕКОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 7

1.1. Основные понятия о реконструкции автомобильных дорог 7

1.2. Оценка фактического состояния и анализ перспективной интенсивности дорог, подлежащих реконструкции 9

1.3. Особенности технических изысканий при реконструкции автомобильных дорог 27

2. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ В ХОДЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ИЗЫСКАНИЙ 39

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГИ В ПЛАНЕ И ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ 41

3.1. Исправление плана автомобильной дороги при реконструкции 41

3.2. Методы исправления плана реконструируемых дорог 46

3.3. Реконструкция дорог в продольном профиле 50

4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА 54

4.1. Подготовительные работы 54

4.2. Уширение земляного полотна при реконструкции 58

5. РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ ... 63

5.1. Общие положения 63

5.2. Перестройка и удлинение водопропускных труб 65
5.3. Реконструкция элементов обустройства дороги 68

6. РЕКОНСТРУКЦИЯ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ И ПРИМЫКАНИЙ 68

6.1. Реконструкция пересечений в одном уровне..... 68
6.2. Реконструкция пересечений в разных уровнях 73
6.3. Пересечение автомобильных дорог
с железными дорогами 75

7. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ В ХОДЕ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ..... 77

8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ..... 78

ТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ..... 80

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 82

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 83

ПРЕДИСЛОВИЕ

В учебном пособии изложены основные сведения о наиболее часто применяемых в дорожном строительстве России методах проектирования и технологических приемах реконструкции автомобильных дорог. Эти сведения дают возможность определить необходимый перечень техники для производства того или иного вида работ при возведении объектов дорожного хозяйства.

При написании пособия авторы использовали термины и понятия, позволяющие освоить терминологию, связанную с мероприятиями, проводимыми в рамках выполнения работ по реконструкции автомобильных дорог и расположенных на них инженерных сооружений, используемую специалистами дорожно-строительных организаций. Издание призвано дать студентам сведения по выбору и применению различных приемов проектирования и технологии выполнения работ по реконструкции автомобильных дорог.

Схемы проведения работ по реконструкции земляного полотна, дорожных одежд и инженерных сооружений дорожной отрасли могут использоваться при выполнении практических работ и дипломном проектировании в разделах технологии и организации дорожного строительства, содержания и эксплуатации автомобильных дорог и объектов транспортного назначения.

Достоинством учебного издания является то, что материал, предложенный авторами, способствует формированию у студентов навыков самостоятельного решения задач, связанных с возможностью выбора оптимального способа проведения работ по реконструкции автомобильных дорог, что необходимо для усвоения основных теоретических положений курса.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильные дороги и размещенные на них инженерные сооружения в течение многолетней эксплуатации подвергаются циклическим воздействиям от движения транспорта и погодно-климатических факторов. Под их влиянием возникают различные деформации, впоследствии вызывающие разрушения, затрудняющие или делающие невозможным нормальную эксплуатацию автомобильных дорог. Особенно остро данная проблема встает в динамично развивающихся регионах Российской Федерации, в которых наблюдаются взрывной рост интенсивности движения и повышение значений осевых нагрузок транспортных средств. Подавляющая часть существующих автомобильных дорог в России рассчитана на устаревшую нагрузку от воздействия осей автомобилей 60 – 100 кН, в то время как по ним передвигаются современные тяжелые грузовые автомобили и автопоезда с осевой нагрузкой 120 – 130 кН. Кроме того, постоянно ужесточаются существующие и появляются новые экологические требования к автомобильным дорогам.

В сложившихся к настоящему времени в России условиях эксплуатации дорог общего пользования первостепенное значение приобретают мероприятия, направленные на обеспечение движения транспорта с заданными скоростями и соблюдение всех параметров безопасности и комфорта движения. Выполнение этих мероприятий возложено на дорожно-эксплуатационную службу, решающую различные задачи по поддержанию работоспособного состояния автомобильных дорог.

Перечисленные факторы наряду с постоянным совершенствованием нормативной базы дорожного строительства указывают на то, что существующие мероприятия по поддержанию работоспособного состояния дорог зачастую не могут в полной мере обеспечить выполнение нормативных требований к условиям движения автотранспорта. В этих случаях необходимо проведение мероприятий по приведению в соответствие с фактическими и перспективными (на глубину не менее 20 лет) условиями автомобильного движения параметров плана,

продольного и поперечного профилей автомобильных дорог, по пересчету прочностных параметров дорожной одежды, улучшению характеристик существующих и устройству новых водопропускных труб и других инженерных сооружений и элементов обустройства дорог, т. е. необходимо проведение работ по реконструкции.

Исходя из актуальных потребностей дорожного строительства при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство», профиль «Автомобильные дороги» изучается дисциплина «Реконструкция автомобильных дорог». Имеющаяся в настоящее время учебно-методическая литература в связи с обновлением нормативной базы дорожного строительства и динамично изменяющимися условиями дорожного движения требует внесения существенных корректировок и обновления.

1. РЕКОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Основные понятия о реконструкции автомобильных дорог

Термин «реконструкция автомобильных дорог» до сих пор не имеет четкого и однозначного определения. Зачастую под реконструкцией автомобильной дороги понимаются различные понятия: перестройка, усовершенствование, приведение к расчетному состоянию и др. [17].

В переводе с латинского языка «реконструкция» понимается как глубокое переустройство, перестройка по новым правилам, восстановление чего-либо по сохранившимся источникам [Там же].

Максимально близкими по решаемым в ходе дорожного строительства задачам к реконструкции работами можно считать работы, производимые в рамках капитального ремонта. В ходе проведения капитального ремонта предусматривается выполнение мероприятий по приведению в соответствие с установленными первоначальными проектными решениями состояния автомобильной дороги в целом или ее отдельных конструктивных элементов. Мероприятия по капитальному ремонту назначаются в случае несоответствия фактического состояния автомобильной дороги или ее отдельных конструктивных элементов требованиям актуальных нормативных документов.

Для выполнения работ по капитальному ремонту автомобильной дороги в целом или ее отдельных участков, а также инженерных сооружений или конструктивных элементов требуется разработка соответствующего технико-экономического обоснования с проведением полного комплекса проектно-изыскательских работ, прохождением государственной экспертизы и утверждением проектной документации в установленном порядке.

В отличие от капитального ремонта реконструкция автомобильных дорог предусматривает обязательное повышение технических параметров реконструируемых дорог и расположенных на них инженерных сооружений (в том числе изменение геометрических параметров и грузоподъемности), благодаря чему увеличивается пропускная способность, повышаются комфорт и безопасность движения [17].

Как правило, разработка проекта реконструкции предусматривает повышение категории автомобильной дороги и как следствие – изменение параметров плана, продольного и поперечных профилей, а также увеличение ширины полосы постоянного отвода занимаемых дорогой земель (ст. 3 ФЗ № 257 «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации» и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации) [25].

Для выполнения работ по реконструкции объектов капитального строительства, в том числе автомобильных дорог, по общему правилу необходимо получать разрешения, в зависимости от их категории, классификации (федеральные, региональные, муниципальные, промышленные и т. д.) и географического положения выдаваемые:

– федеральным органом исполнительной власти;

– уполномоченным органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации;

– органами местного самоуправления поселения;

– органами местного самоуправления муниципального района;

– органами местного самоуправления городского округа.

При проведении работ по реконструкции автомобильных дорог водители в обязательном порядке информируются о сроках проведения работ, наименовании организации, проводящей реконструкцию, и о возможных маршрутах объезда.

Широкое понятие реконструкции можно разделить на полную

и частичную реконструкцию дороги. Под термином «полная реконструкция» понимается коренное переустройство дороги с переводом ее в более высокую категорию для приведения в полное соответствие с требованиями сложившегося и перспективного движения автомобилей [17]. Полная реконструкция дороги предусматривается в случае, если существующая интенсивность движения транспорта в 1,5 и более раза превышает расчетные значения и наблюдается тенденция к ее дальнейшему росту.

Частичная реконструкция отличается от полной тем, что при улучшении всех параметров существующей дороги с доведением их до нормативных значений изменение характеристик земляного полотна, полосы отвода, перевод дороги в более высокую категорию не предусмотрены.

Частичная реконструкция выполняется в случае, если фактическая интенсивность движения незначительно отличатся от расчетных значений, но на отдельных участках дороги не обеспечены требуемые скорость, безопасность или допустимая осевая нагрузка. [Там же].

1.2. Оценка фактического состояния и анализ перспективной интенсивности дорог, подлежащих реконструкции

Для определения фактического состояния дорог и расположенных на них инженерных сооружений, а также с целью своевременного выявления возможных отклонений от требований актуальных нормативов и определения мероприятий по доведению рассматриваемых дорог до нормативного состояния проводится комплекс специальных мероприятий.

Работы по оценке состояния дорог и дорожных сооружений предусматриваются согласно «Рекомендациям по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог» ОДМ 218.4.039-2018 [9]. Они представляют собой систематически выполняемые на протяжении всего периода эксплуатации автомобильных дорог мероприятия по диагностике отдельных элементов или дороги в целом, которые в зависимости от условий выполнения работ подразделяется:

- на полную диагностику;
- приемочную диагностику;
- плановую диагностику;
- специализированную диагностику.

Диагностика включает в себя:

– ежедневные осмотры;

– текущие (еженедельные осмотры);

– периодические осмотры (1 раз в месяц или квартал);

– сезонная диагностика – проводится в начале каждого текущего сезона или в конце предыдущего;

– комплексная диагностика и оценка состояния дорог (по установленным нормам).

Указанные виды работ, за исключением приемочной диагностики, позволяют получать данные для определения необходимости выполнения того или иного вида работ по приведению дороги к нормативному состоянию.

На основе результатов диагностики определяется комплекс параметров и характеристик автомобильных дорог и их отдельных элементов, не соответствующих нормативным требованиям, и назначаются мероприятия по их капитальному ремонту или реконструкции.

Задача диагностики сети автомобильных дорог – сбор объективной информации о транспортно-эксплуатационном состоянии дорог с точки зрения их соответствия установленным нормативным параметрам.

Диагностика – важнейшая часть предпроектных мероприятий по обоснованию необходимости проведения реконструкции автомобильной дороги. Диагностика представляет собой комплекс натурных исследований, в ходе проведения которых производятся сбор, анализ и систематизация данных о фактическом состоянии обследуемых автомобильных дорог и расположенных на них инженерных сооружений с указанием условий их эксплуатации и содержания. На основании собранных в ходе диагностики данных формируется план работ по поддержанию нормативного состояния сети автомобильных дорог, включая работы по их реконструкции.

Работы по диагностике проводится в несколько этапов:

– подготовительные работы;

– обследование автомобильной дороги в целом и ее отдельных элементов;

– составление дефектных ведомостей, отражающих состояние того или иного обследуемого параметра;

– обработка и анализ собранной информации с формированием электронной базы данных.

Диагностика автомобильных дорог осуществляется на протяжении всего срока их эксплуатации и входит в состав более широкого круга работ, которые можно объединить под общим термином «паспортизация» сети автомобильных дорог.

Для обработки данных, полученных в ходе проведенной диагностики дорог, могут применяться различные методы:

– сравнение технических параметров и характеристик;

– сравнение по техническим параметрам и по транспортно-эксплуатационным показателям;

– сравнение потребительских свойств.

Метод сравнения технических параметров и характеристик основан на сопоставлении фактических значений рассматриваемых параметров и характеристик с их нормативными значениями. При отклонении фактических значений от нормативных назначаются мероприятия по ремонту или реконструкции дороги. Достоинство рассматриваемого метода состоит в его простоте. В то же время он требует проведения большого объема работ по оценке от 10 до 40 рассматриваемых параметров и характеристик дороги, причем сформированные оценки могут существенно отличаться на разных участках. Данный метод не позволяет дать количественную оценку транспортно-эксплуатационным показателям дороги.

Метод сравнения по техническим параметрам и по транспортно-эксплуатационным показателям использует укрупненные показатели, позволяющие оценить степень выполнения дорогой основных функций: обеспечение удобного и безопасного движения автомобилей с высокими скоростями и установленными нагрузками. В качестве комплексного показателя заданных в ходе проектирования параметров принимается скорость движения автомобилей [3].

Для оценки влияния отдельных параметров и характеристик дорог на комплексный показатель потребительских свойств каждого характерного участка определяют частные коэффициенты обеспеченности расчетной скорости, учитывающие:

– ширину основной укрепленной поверхности и ширину габарита моста;

– ширину, состояние укреплений и обочин;

– интенсивность и состав движения;

– продольные уклоны и видимость поверхности дороги;

– радиусы кривых в плане и уклон виража;
– продольную ровность покрытия;
– коэффициент сцепления колеса с покрытием;
– состояние и прочность дорожной одежды;
– ровность в поперечном направлении (глубину колеи);
– безопасность движения [3].

Величина итогового коэффициента обеспеченности расчетной скорости на каждом участке принимается равной минимальному частному коэффициенту на участке.

Преимущество данного метода состоит в том, что можно оценить влияние каждого частного коэффициента на комплексный показатель.

Зная степень влияния различных параметров и характеристик на потребительские свойства, можно обоснованно назначать эффективные мероприятия по их улучшению.

Технические данные, включаемые в паспорт дороги, и документы технического учета получают по результатам полевых и камеральных работ. Полевые работы выполняются специализированными изыскательскими партиями, создаваемыми дорожными управлениями, организациями и подразделениями.

К полевым работам относят: натурные обследования, обмер дорог и дорожных сооружений. Следует разделять первичные и ежегодные натурные обследования. Первичные обследования выполняют не чаще чем через 15 лет или в тех случаях, когда в состоянии дороги произошли такие изменения, выявить которые без натурных обследований невозможно. Ежегодные обследования (паспортизацию) сети дорог проводят в целях выявления изменений, произошедших на дорогах и сооружениях за истекший год, для того чтобы внести эти изменения в документы технического учета и паспортизации по состоянию на 1 января следующего года [5].

Технический учет и паспортизацию вновь построенных или реконструированных дорог проводят не позднее чем через полгода после утверждения актов государственной приемочной комиссией.

К камеральным работам при проведении паспортизации относят обработку материалов полевых обследований, на основании которых оформляют документы технического учета.

При изменении каких-либо данных технического учета дорожная организация ежегодно вносит поправки в документацию, представляемую в дорожное управление, которое корректирует свой обменный

экземпляр паспорта и направляет его в Росавтодор [1]. Получив обменный экземпляр, Росавтодор сверяет его со своим экземпляром и последний высылает в дорожное управление для внесения изменений.

При проведении паспортизации автомобильных дорог для определения параметров элементов земляного полотна, конструктивных слоев дорожной одежды, элементов водоотвода и инженерных сооружений следует руководствоваться требованиями ОДМ 218.4.039-2018 [9].

Современные методы диагностики основаны на использовании мобильных дорожных видеолабораторий (рис. 1.1). Рабочая скорость дорожной лаборатории составляет от 30 до 100 км/ч. Оборудование передвижной видеолаборатории состоит из следующих основных функциональных блоков:

– базового автомобиля;

– комплекса видеофиксации с цифровой записью до четырех потоков видео;

– системы позиционирования;

– лазерного регистратора колейности;

– вспомогательных приспособлений, кабелей и монтажного оборудования;

– программного обеспечения.

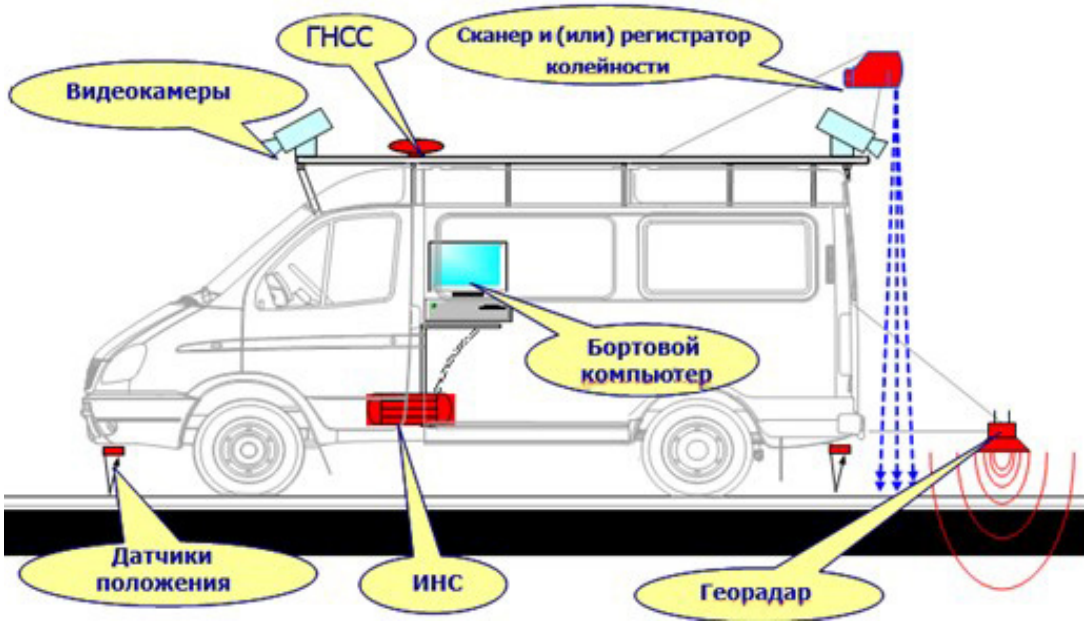


Рис. 1.1. Передвижная дорожная видеолаборатория, оснащенная комплексом дополнительного оборудования

Может также применяться дополнительное оборудование, значительно расширяющее функциональные возможности дорожных лабораторий. Благодаря его использованию можно не только выполнять автоматическую регистрацию дефектов, но и проводить определение их формы и размеров в системе географических координат, например WGS-84.

Появляется возможность перейти от субъективных, качественных методов к количественным методам оценки состояния дорог. К дополнительным средствам измерений можно отнести:

– георадары;

– высокоточные гироинерциальные комплексы, интегрированные с ГНСС;

– системы лазерного сканирования;

– системы высокоточной видео- и фотосъемки дорожных покрытий;

– профилометры;

– дополнительные измерители колейности;

– измерители шероховатости покрытия;

– программные комплексы распознавания линейных и площадных дефектов на основе технологий автоматического определения координат и внешнего вида объектов произвольной формы.

Структурная схема основных и дополнительных рабочих элементов и средств измерения дорожной передвижной видеолаборатории представлена на рис. 1.2. В рамках проведения работ по диагностике с помощью передвижной видеолаборатории выполняются следующие полевые работы:

– визуальное обследование;

– фотовидеофиксация состояния автомобильной дороги;

– измерение продольной ровности проезжей части с помощью установки IRI диагностической лаборатории путем проезда по полосам движения.

Визуальное обследование выполняется операторами дорожной лаборатории в ходе движения по дороге. В случае необходимости производятся остановка и визуальная оценка исследуемого элемента автомобильной дороги.

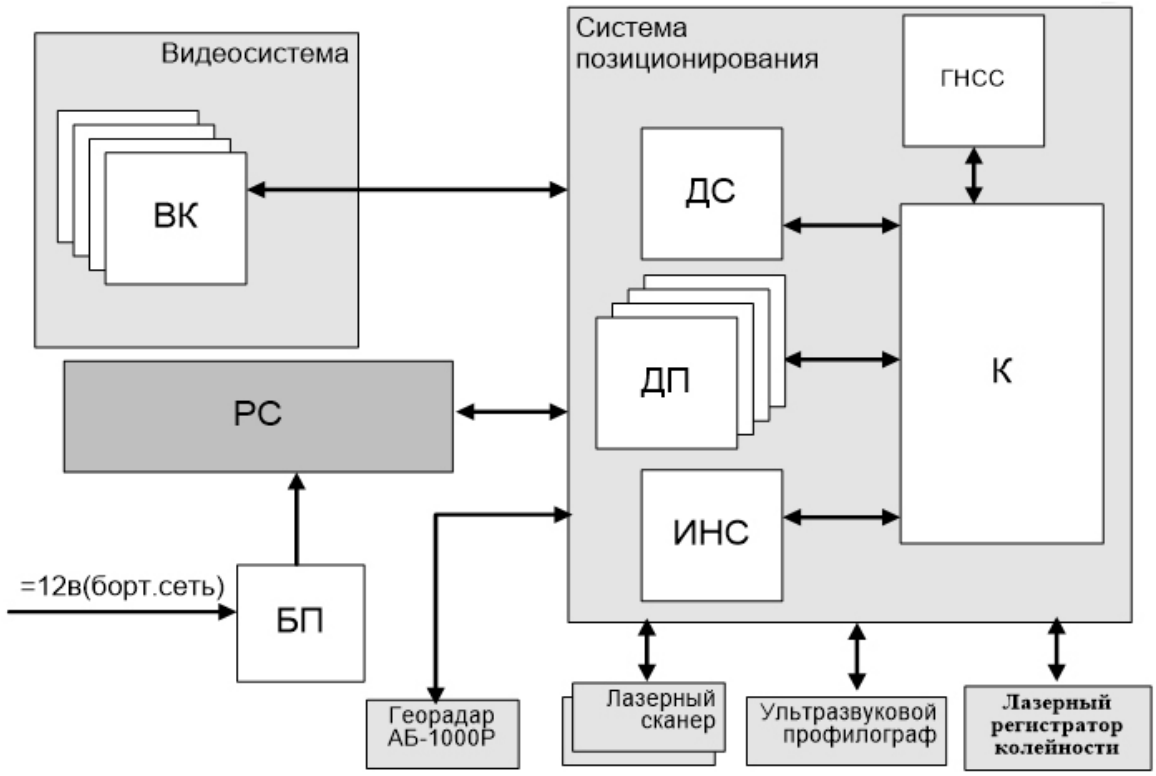


Рис. 1.2. Структурная схема видеолаборатории ДВК-05:
РС – промышленный компьютер; ВК – видеокамеры;
К – спец. контроллер; БП – блок питания;
ИНС – инерциально-навигационный блок; ДС – датчик скорости;
ДП – датчики положения платформы автомобиля;
ГНСС – спутниковый приемник ГЛОНАСС/GPS

При оценке дефектов дорожного покрытия необходимо руководствоваться требованиями ОДМ 218.4.039-2018 «Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог» [9]. Визуальная регистрация параметров обследуемой дороги выполняется с привязкой к километровым столбам, при их отсутствии – по линейной привязке к пройденному пути. При этом условные километры устанавливаются через 1000 м. На каждом участке фиксируются наличие, вид деформаций и разрушений на дорожном покрытии. В полевой журнал заносят обнаруженные дефекты в прямом и обратном направлениях. Балльная оценка дефектов дорожного покрытия выставляется согласно требованиям, указанным в ОДМ 218.4.039-2018 [Там же].

Исходя из выявленных повреждений дорожного покрытия для каждой автомобильной дороги визуально определяются виды возможных дефектов, представленных в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Таблица видов и кодов дефектов покрытия

Вид дефекта	Оценка, балл	Код дефекта
Без дефектов и поперечные одиночные трещины на расстоянии более 40 м (для переходных покрытий – отсутствие дефектов)	5,0	1
Поперечные одиночные трещины на расстоянии 20 – 40 м (для переходных покрытий – отдельные выбоины)	4,9	2
То же на расстоянии 10 – 20 м	4,6	3
Поперечные редкие трещины (для переходных покрытий выбоины) на расстоянии 8–10 м	4,3	4
То же на расстоянии 6 – 8 м	3,9 (3,5)	5
То же на расстоянии 4 – 6 м	3,6 (2,5)	6
Поперечные частые трещины на расстоянии между соседними трещинами 3 – 4 м	3,2	7
То же на расстоянии 2 – 3 м	2,9	8
То же на расстоянии 1 – 2 м	2,6	9
Продольная центральная трещина	4,5	10
Продольные боковые трещины	3,5	11
Одиночная сетка трещин на площади до 10 м с крупными ячейками (сторона ячейки более 0,5 м)	3,0	12
Одиночная сетка трещин на площади до 10 м с мелкими ячейками (сторона ячейки менее 0,5 м)	2,5	13
Густая сетка трещин на площади до 10 м	2,0	14
Сетка трещин на площади более 10 м при относительной площади, занимаемой сеткой, 30 – 10 %	2,3	15
То же 60 – 30 %	1,9	16
То же 90 – 60 %	1,6	17
Просадки (пучины) при относительной площади просадок 20 – 10 %	1,2	18
То же 50 – 20 %	0,9	19
То же более 50 %	0,5	20
Проломы дорожной одежды (вскрывшиеся пучины) при относительной площади, занимаемой проломами, 10 – 5 %	1,2	21
То же 30 – 10 %	0,9	22

Окончание табл. 1.1

Вид дефекта	Оценка, балл	Код дефекта
То же более 30 %	0,5	23
Одиночные выбоины на покрытиях, содержащих органическое вяжущее (расстояние между выбоинами более 20 м)	4,5	24
Отдельные выбоины на покрытиях, содержащих органическое вяжущее (расстояние между выбоинами 10 – 20 м)	3,5	25
Редкие выбоины в тех же случаях (расстояние 4 – 10 м)	2,7	26
В тех же случаях (расстояние 1 – 4 м)	2,2	27
Карты заделанных выбоин, залитые трещины	3,0	28
Поперечные волны, сдвиги	2,4	29

Фото- и видеофиксация параметров обследуемой автомобильной дороги и элементов обстановки производится при помощи видеокамер, установленных на передвижной лаборатории. Для привязки к системе географических координат и отслеживания точного местоположения конкретных участков и отдельных элементов обследуемой дороги используются системы спутникового позиционирования (GPS, Глонасс и др.), а также инерциальные гироскопы, установленные непосредственно в передвижной лаборатории.

Большое значение в ходе обследований имеет оценка ровности дорожного покрытия. Ровность – один из важнейших показателей транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог. От нее зависит удобство, безопасность и скорость движения автомобилей, а также транспортные расходы, в том числе расход топлива и себестоимость перевозок.

Продольная ровность является основной качественной характеристикой состояния поверхности дорожного покрытия по геометрическим параметрам, способным оказывать влияние на колебания движущегося транспортного средства. Международный индекс ровности IRI (International Roughness Index) представляет собой отношение величины суммарного перемещения неподрессоренной массы автомобиля (колеса) относительно подрессоренной массы (кузова) к длине участка дороги (м/км или мм/м) [2]. Чем выше ровность, тем ниже воздействие

на дорожную конструкцию, что объясняется ударной формой взаимодействия колеса автомобиля с неровным покрытием. При этом влияние основания на этот показатель в наибольшей степени проявляется именно при росте нагрузки от динамического воздействия колес.

В соответствии с требованиями ГОСТ 50597-2017 [3] работы по оценке ровности дорожного покрытия производятся с применением универсальной трехметровой рейки (рис. 1.3). Ровность может определятся также толчкомером, установленным непосредственно на подвеске передвижной лаборатории (рис. 1.4) или смонтированным на динамометрической прицепной установке ПКРС-2у, предназначенной для определения ровности и величины сцепления дорожного покрытия с колесом автомобиля (рис. 1.5).

Рис. 1.3. Универсальная трехметровая рейка

Кроме того, продольная ровность (микропрофиль дороги) может регистрироваться с помощью лазерного профилометра (рис 1.6.) и (или) датчиков системы позиционирования с последующей оценкой как по международному индексу ровности IRI, так и по методу продольного нивелирования (амплитудный метод) на базах 5, 10 и 20 м. При расчете значений продольной ровности возможно приведение результатов к соответствующим показаниям толчкомера и трехметровой рейки.

Определение ровности покрытий можно выполнять с помощью ультразвукового профилометра. Он позволяет регистрировать показа-

тели продольной и поперечной ровности покрытия дороги и представляет собой три поперечные измерительные балки с установленными на них ультразвуковыми датчиками, каждый из которых определяет расстояние до поверхности дорожного покрытия.

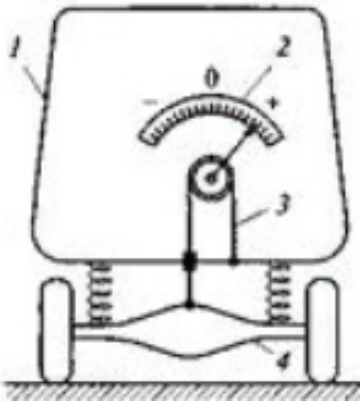


Рис. 1.4. Толчкомер ТХК-2:
1 – кузов автомобиля; 2 – шкала замера неровностей;
3 – трос; 4 – задний мост автомобиля

Рис. 1.5. Динамометрический прицеп ПКРС 2У

Рис. 1.6. Лазерный профилометр

Поперечная ровность регистрируется в миллиметрах глубины колеи. В табл. 1.2 приведены значения предельно допустимых показателей ровности для различных категорий автомобильных дорог. Участки дороги, на которых значение показателя ровности ниже допустимого, находятся в ненормативном состоянии.

В зависимости от дополнительно определяемых показателей прочности покрытия и конструкции дорожной одежды в целом определяется перечень мероприятий, необходимых для приведения дороги в нормативное состояние. Прочность дорожной одежды определяется двумя основными способами, основанными на сопоставлении фактического упругого прогиба слоев дорожной одежды с эталонными значениями.

Таблица 1.2. Значения показателей продольной ровности покрытия при измерении профилометром по ГОСТ Р 50597-2017

Категория дороги	Группа улиц	Ровность по индексу IRI, м/км, не более		
		Тип дорожной одежды		
		Капитальный	Облегченный	Переходный
IА, IБ, IВ	А	4,0	–	–
IВ, II	Б	4,5	–	–
III	В	5,0	5,5	
IV	Г, Д	6,0	6,5	
V	Е	–	7,5	8,0

В первом случае величина прогиба контролируется при статическом, во втором – при динамическом нагружении. При испытаниях статической нагрузкой может использоваться как жесткий штамп (ОДМ 218.5.007-2016) [10] (рис. 1.7), передающий нагрузку на дорожную одежду, так и гибкий штамп – колесо грузового автомобиля, непосредственно взаимодействующее со слоем покрытия (рис. 1.8).

При проведении испытаний с помощью жесткого штампа можно ступенчато создавать высокие нагрузки, получая точные параметры величины разрушающей нагрузки для испытуемой дорожной одежды. Но эти испытания трудоемки и занимают много времени, поэтому более востребованы статические испытания с помощью гибкого штампа, в роли которого выступает двухскатное колесо грузового автомобиля (рис. 1.7).

Недостатки данного метода: меньшая точность, отсутствие возможности испытаний ступенчатой нагрузкой и невозможность проведения испытаний с приложением высоких нагрузок.

Наиболее распространенными установками динамического нагружения следует назвать установки с жестким штампом типа ДИНА (рис. 1.9, 1.10). Они представляют собой устройство с механизмом подъема груза массой 160 кг на заданную высоту и последующим сбросом его на штамп, установленный на испытываемом слое дорожной одежды.

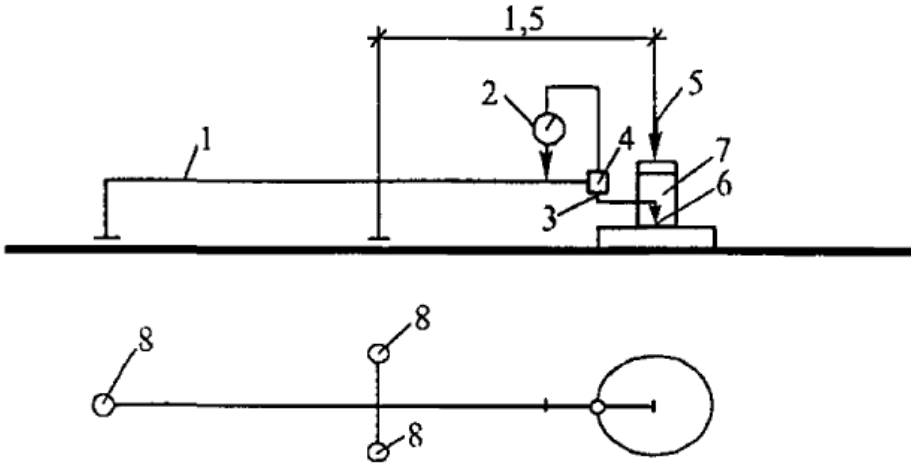


Рис. 1.7. Общая схема статической установки с жестким штампом:
1 – несущий каркас выдвижной штанги; 2 – индикатор часового типа;
3 – измерительная планка; 4 – линейный подшипник; 5 – нагрузка от упора;
6 – центральная точка штампа; 7 – цоколь штампа с прорезью;
8 – опоры штанги (размер дан в метрах)

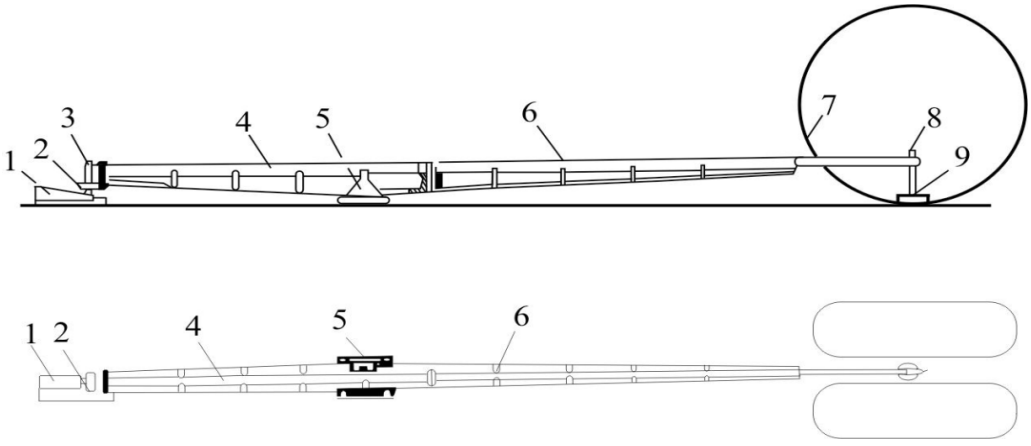


Рис. 1.8. Длиннобазовый рычажный прогибомер
МАДИ-Гипродорнии (КП-204):
1 – клиновидная опорная прокладка; 2 – кронштейн; 3 – индикатор;
4 – измерительное плечо рычага; 5 – опорная часть; 6 – грузовое плечо рычага;
7 – колесо автомобиля; 8 – измерительный штырь; 9 – подпятник

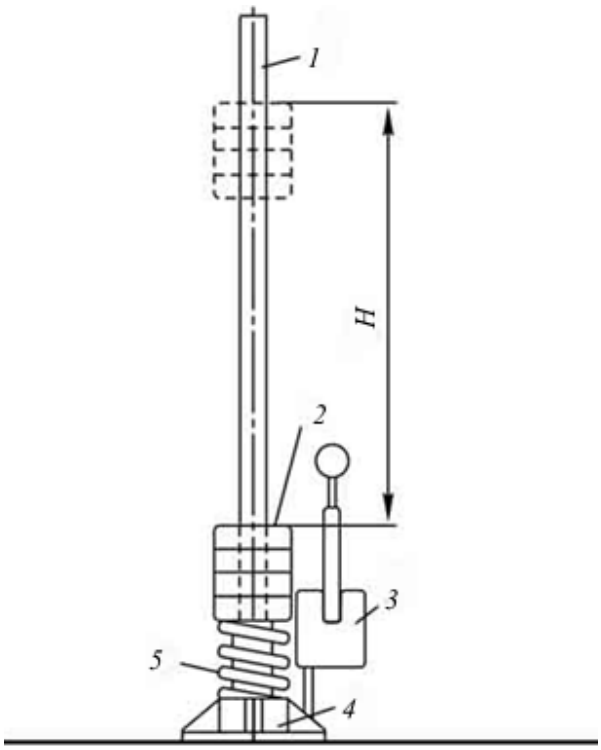


Рис. 1.9. Принципиальная схема установки динамического нагружения (УДН): 1 – направляющая; 2 – груз; 3 – измеряющее устройство; 4 – штамп; 5 – амортизирующее устройство

Определение прочностных характеристик дорожной одежды осуществляется путем сопоставления полученного в результате испытания упругого прогиба с эталонным и значением упругого прогиба для испытуемой дорожной конструкции.

Установки динамического нагружения с гибким штампом представляют собой двигающийся автомобиль со смонтированным на его базе лабораторным оборудованием. В качестве штампа выступает пневматик (спаренное колесо, играющее роль упругого элемента (рис. 1.11). Контрольно-измерительная аппаратура установлена непосредственно на автомобиле, что позволяет получать динамическую оценку прочности испытываемого покрытия непосредственно в процессе проведения испытаний.

Для определения толщины конструктивных слоев дорожных одежд, особенно покрытия, наиболее эффективным способом считается использование георадаров (рис. 1.12), входящих в состав дополнительного оборудования передвижной видеолаборатории.

Рис. 1.10. Установка динамического нагружения с жестким штампом в ДИНА-3М

Обработка данных, полученных с помощью дорожной лаборатории, проводится с использованием программных продуктов в камеральных условиях. Материал на конечном этапе обработки подготавливается к интеграции в измерительную систему.

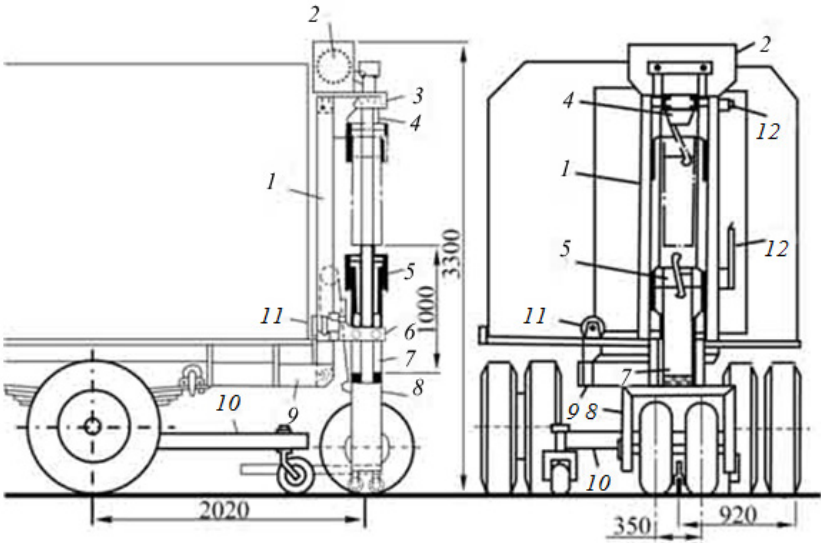


Рис. 1.11. Установка для динамического нагружения (навесная УДН-НК):
1 – несущая рама; 2 – электроталь; 3 – верхний кронштейн;
4 – ограничитель подъема; 5 – зацепное устройство;
6 – нижний кронштейн; 7 – испытательный груз; 8 – штамп;
9 – опорная рама; 10 – измерительная тележка;
11 – лебедка для подъема штампа; 12 – прибор управления электроталью

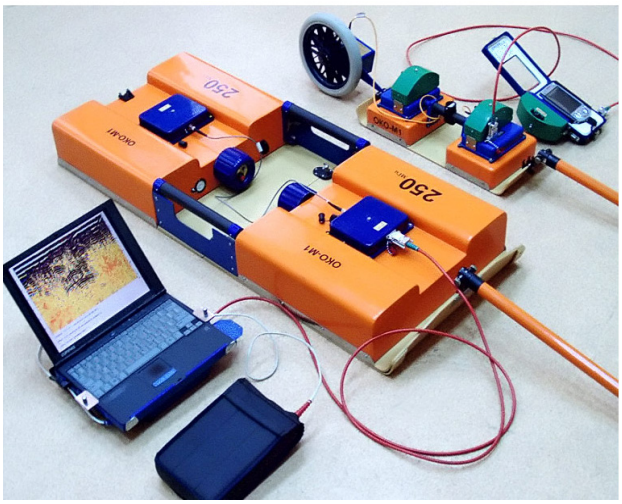


Рис. 1.12. Георадар ОКО

Записанные в исходный файл сигналы анализируются и преобразуются программой-конвертером в удобную для работы форму. Представлены примеры работы программы-конвертора (рис. 1.13 – 1.20).

Фактическое состояние обследуемой дороги оценивается по степени соответствия полученных в ходе ее паспортизации значений нормативным требованиям, предъявляемым к транспортно-эксплуатационным показателям дороги.

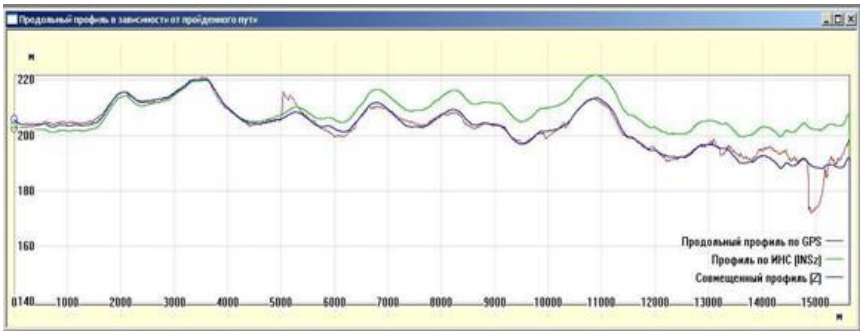


Рис. 1.13. Продольный профиль дороги в абсолютных отметках

Рис. 1.14. Продольный профиль дороги в относительных отметках

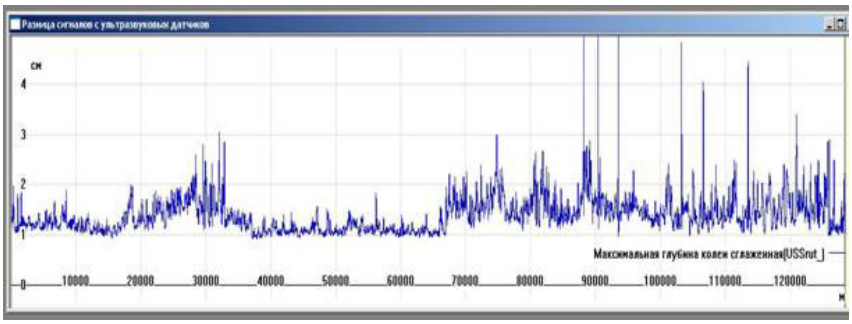


Рис. 1.15. График глубины колеи

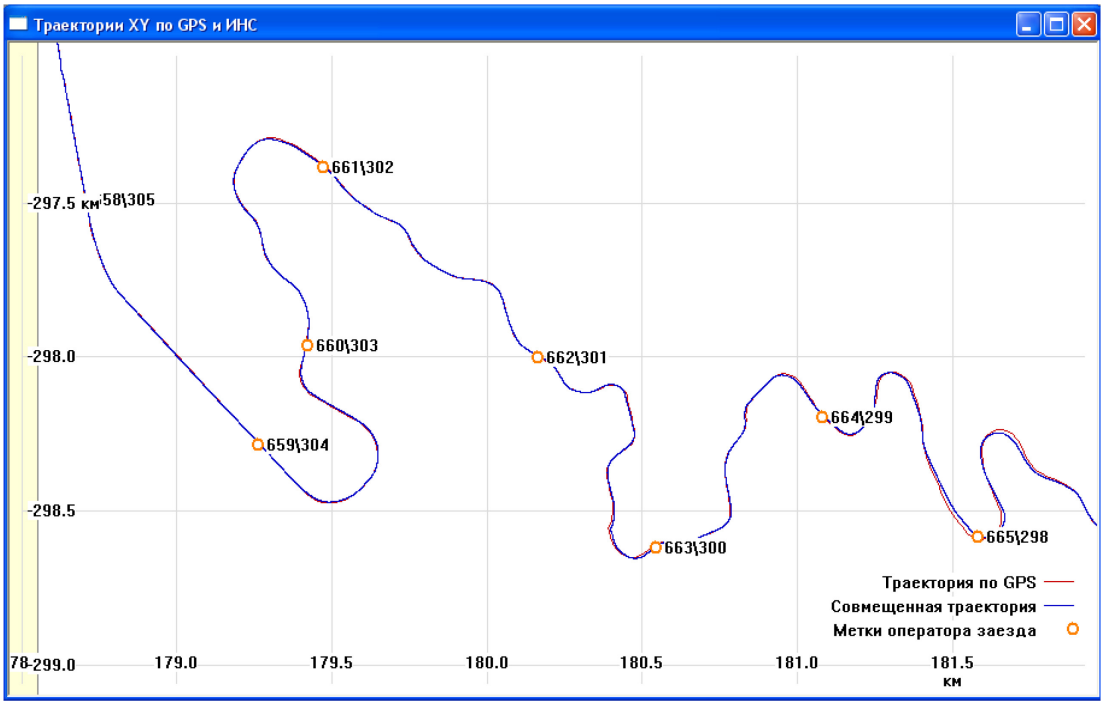


Рис. 1.16. Траектория проезда лаборатории

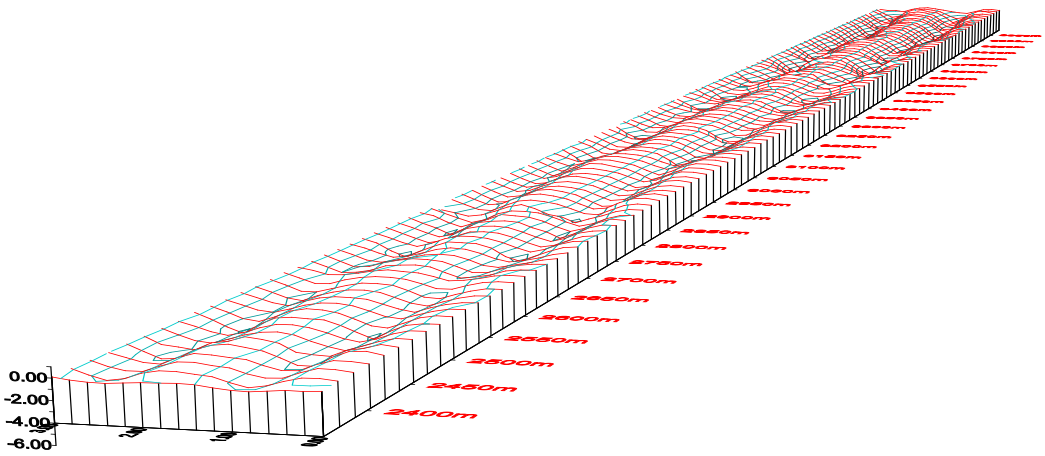


Рис. 1.17. Модель поверхности покрытия полосы движения в изолиниях

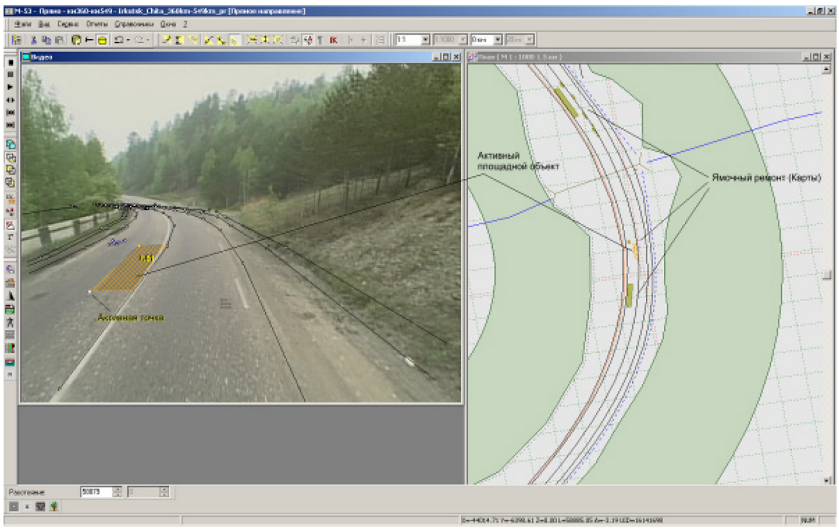


Рис. 1.18. Пример оцифровки площадных объектов

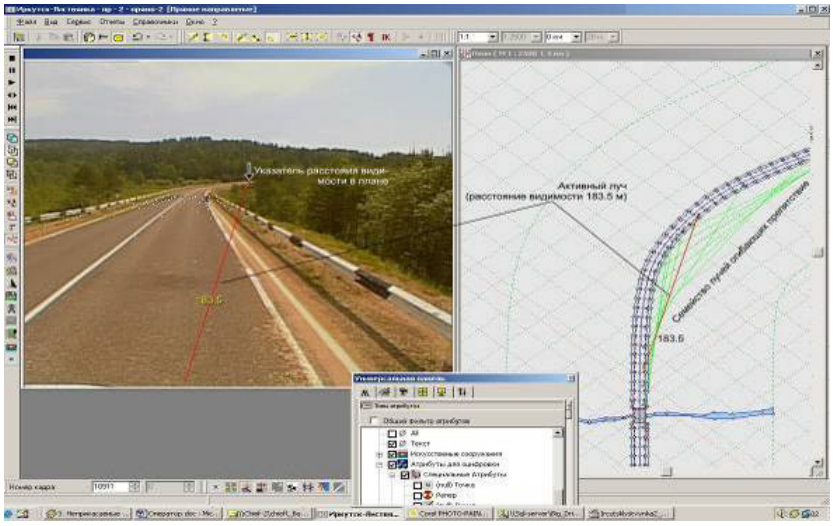


Рис. 1.19. Измерения расстояния видимости дороги в плане

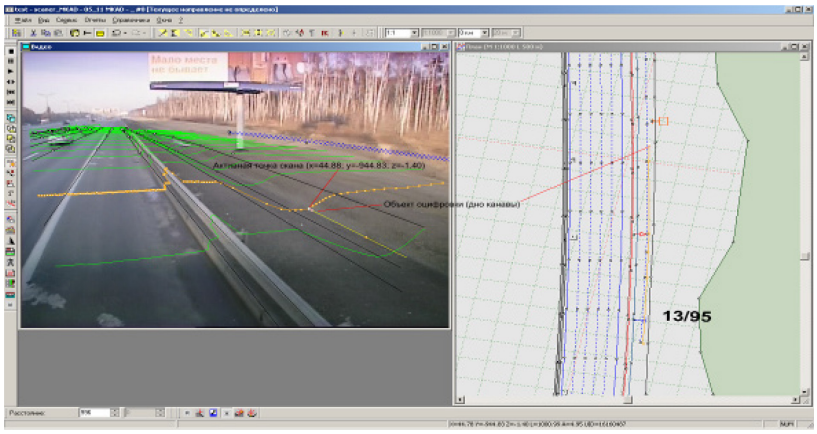


Рис. 1.20. Идентификация объектов при использовании данных лазерного сканера

На основании собранных и обработанных сведений разрабатывается электронный паспорт, содержащий схему обследуемой автомобильной дороги, общие данные о ней, характеристики основных конструктивных элементов и инженерных сооружений, экономическую и техническую характеристики, денежные затраты и основные объемы выполненных работ, линейный график.

В раздел паспорта «Общие данные об автомобильной дороге» вносят все сведения о ней, предусмотренные соответствующими графами. В разделе «Экономическая характеристика» отражают данные экономических обследований, изысканий, учета движения, статистических и экономических обзоров. В разделе «Техническая характеристика» приводят данные, характеризующие наличие и состояние отдельных сооружений и конструктивных элементов автомобильной дороги (земляное полотно, проезжая часть, искусственные сооружения и т. д.). В разделе «Денежные затраты и основные объемы выполненных работ» приводят данные о денежных затратах на ремонт, содержание и реконструкцию автомобильной дороги с момента ввода в эксплуатацию. При этом необходимо приводить данные об основных проведенных работах по реконструкции и ремонтам, которые меняют транспортно-эксплуатационные характеристики автомобильной дороги.

По результатам проведенной диагностики определяют участки дорог, не отвечающие нормативным требованиям, принимают решения о плановых мероприятиях по содержанию и ремонту дороги, в том числе выявляют дороги, нуждающиеся в полной или частичной реконструкции.

1.3. Особенности технических изысканий при реконструкции автомобильных дорог

Состав технических изысканий при реконструкции дорог, особенности трассирования и разбивки пикетажа

Инженерные изыскания, выполняемые в рамках разработки проекта реконструкции автомобильной дороги, имеют существенные отличия от аналогичных работ при разработке проектов для нового строительства. В ходе проведения изысканий необходимо руководствоваться требованиями СП 47.13330.2016 [21].

Основной особенностью изысканий при разработке инженерного

проекта реконструкции автомобильной дороги следует считать соблюдение требований по максимальному использованию существующего направления трассы. Это обусловлено необходимостью рационального использования ранее вложенных в строительство дороги средств. Отклонения от существующего направления трассы влекут за собой изменение параметров существующей полосы отвода земель и все связанные с этим сопутствующие затраты [12]. Поэтому любые изменения в проложении трассы должны быть тщательно проработаны и обоснованы.

Изыскания, проводимые для разработки проекта реконструкции автомобильных дорог, выполняются в два этапа:

1) рекогносцировка с целью сбора общих данных для уточнения параметров существующей дороги и придорожной полосы;

2) основные изыскания.

Изыскания имеют значительные отличия от аналогичных работ, проводимых для нового строительства. Основным требованием при проложении оси реконструируемой дороги является максимальное использование существующей дороги с минимизацией отвода новых занимаемых земель. Исключение из данного правила составляют обходы населенных пунктов.

В ходе проведения предпроектных изысканий значительное внимание уделяется изучению архивных материалов, которые можно получить, используя:

– данные изысканий, выполненных при разработке первоначального проекта;

– аэро- и космические снимки местности;

– данные регулярно проводимой паспортизации дорог;

– паспорта карьеров песка, разрабатываемых при первоначальном строительстве;

– отчеты эксплуатирующей организации по ранее проведенным капитальному и текущему ремонтам, а также работам по содержанию дороги;

– данные мониторинга интенсивности и состава движения по дороге;

– данные ГАИ об аварийности и местах концентрации ДТП.

В ходе изысканий на участках дороги, идущих по существующему направлению, требуется провести значительно большее, чем при

изысканиях для нового строительства, число промеров поперечных профилей дороги и собрать максимально полную информацию об обстановке в предполагаемой полосе уширения земляного полотна.

Проводятся обследования имеющейся на момент проведения изысканий дорожной одежды с выявлением ее геометрических и прочностных характеристик. Рассматривается возможность повторного использования дорожно-строительных материалов, которые будут получены после разборки существующей дорожной одежды.

Изучается сложившаяся система водоотвода. Детально обследуются существующие инженерные сооружения, в первую очередь водопропускные трубы.

Обследуются существующие пересечения и примыкания автомобильных дорог, железнодорожные переезды, пересечения реконструируемой дороги с подземными и надземными инженерными коммуникациями, находящиеся в непосредственной близости от реконструируемой дороги жилые и производственные здания.

При проведении изысканий необходимо использовать современные геодезические приборы и оборудование с применением систем спутниковой навигации, геоинформационных систем (ГИС) и объектно-ориентированных моделей строительного объекта (БИМ-технологий).

Перед проведением изысканий для выявления местоположения проблемных с точки зрения содержания и аварийности участков реконструируемой дороги необходимо тесное сотрудничество с организацией, эксплуатирующей дорогу, и органами ГАИ.

В связи со значительным объемом изыскательских работ, выполняемых в стесненных условиях на функционирующей дороге, для обеспечения безопасности их проведения следует выполнить все требования «Рекомендаций по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ» ОДМ 218.6.019–2016 [12].

Геодезические изыскания проводятся с помощью современных цифровых тахеометров (рис. 1.21) с использованием спутниковых навигационных систем GPS, Глонасс и др. Все большее распространение получают системы лазерного сканирования (рис. 1.22).

В ходе проведения полевых работ геодезические приборы по возможности размещаются за пределами проезжей части. Рабочий транспорт, временный склад и не задействованное в работе оборудование должны располагаться за пределами полосы отвода.

На первом этапе изысканий в случае сохранения существующего местоположения дороги производятся восстановление и закрепление оси трассы с разбивкой пикетажа, местоположений вершин углов поворота, а также параметров всех закруглений.

Рис. 1.21. Электронный тахеометр

Рис. 1.22. Мобильный лазерный сканер

Для закрепления местоположения восстановленной трассы и инженерных сооружений в качестве реперов рекомендуется использовать капитальные сооружения, например фундаменты придорожных капитальных построек, фундаменты опор ЛЭП и линий связи и т. п.

Разбивка пикетажа осуществляется по бровке существующего земляного полотна. Съемка поперечных профилей производится с шагом не более 20 м не менее чем в пяти точках. Ширина снимаемой полосы составляет 50 – 100 м.

Особое внимание в ходе проведения изысканий уделяется обеспечению поверхностного отвода дождевых и талых вод. Выявляются места застоев воды, функционирующие с нарушением расчетных параметров боковые канавы, трубы и другие элементы водоотвода. Собираются данные для определения площади водосборного бассейна, определяются естественные уклоны местности и другие характеристики, необходимые для выполнения гидравлических расчетов.

Отличительной особенностью инженерных изысканий для разработки проекта реконструкции автомобильной дороги следует назвать проведение работ по обследованию существующей дорожной одежды. Эти работы заключаются в выявлении состояния имеющейся дорожной одежды на всем протяжении трассы, измерении ее геометрических параметров, включая ширину и толщины конструктивных слоев.

Устанавливаются характеристики материалов, из которых устроены слои дорожной одежды, выявляются участки, на которых проводился ее текущий и капитальный ремонт с указанием сроков его производства (по данным эксплуатирующей дорогу организации).

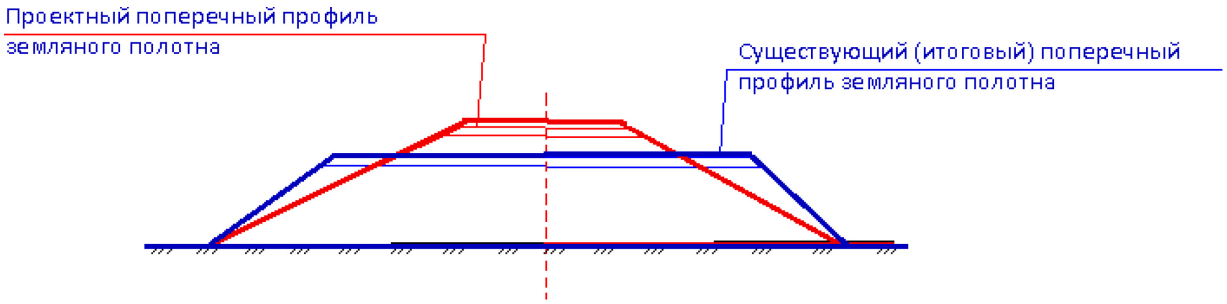


Рис. 1.23. Эффект расползания земляного полотна и дорожной одежды в период эксплуатации

Определяется изменение геометрических параметров поперечного профиля земляного полотна и слоев дорожной одежды в период эксплуатации автомобильной дороги (рис. 1.23).

Обследование состояния существующей дорожной одежды

Приведенным показателем, позволяющим судить о качестве имеющейся на реконструируемой дороге дорожной одежды, является состояние ее покрытия. Состояние существующего на момент проведения изысканий покрытия устанавливается:

– по соответствию параметров поперечного профиля проектным характеристикам и наличию возможных дефектов;

– ровности покрытия;

– наличию и объему дефектов на покрытии.

В ходе проведения изысканий описываются тип и параметры каждого вида обнаруженного дефекта дорожного покрытия; указываются факторы, следствием которых может являться описываемый дефект.

В том случае, если в ходе предпроектных изысканий не удается установить все виды дефектов и выявить факторы, приведшие к их появлению, недостающие данные могут быть получены от эксплуатационной организации, обслуживающей дорогу. Оценка состояния покрытия должна определяться в момент наибольшего ослабления конструкции дорожной одежды – весной. В этот период наблюдается максимальное количество дефектов, связанных с морозным пучинообразованием, а прочность дорожной одежды имеет минимальные значения.

В зависимости от параметров выявленных в ходе изысканий дефектов состояние дорожного покрытия может быть оценено как:

– хорошее – поперечный профиль сохранил проектные параметры, покрытие не имеет разрушений, скорость движения соответствует расчетным значениям;

– удовлетворительное – поперечный профиль может иметь локальные отклонения от проектных значений, на покрытии имеются незначительные дефекты, объем которых не превышает 10 % от площади покрытия, значительные повреждения встречаются редко, наблюдается снижение скорости движения;

– неудовлетворительное – поперечный профиль повсеместно отличается от проектных параметров, объем повреждений превышает 10 % от площади покрытия, скорость движения значительно меньше расчетной.

Съемка поперечных профилей

В ходе проведения изысканий для разработки проекта реконструкции автомобильной дороги требуется выполнение значительного объема работ по фиксации параметров поперечных профилей существующей дороги в пределах полосы отвода занимаемых земель. Это связано с наличием уже имеющегося земляного полотна, параметры которого значительно варьируются на протяжении всей трассы.

Съемка поперечных профилей с допустимой погрешностью не более 0,1 м в обязательном порядке выполняется на каждом пикете.

Кроме того, параметры поперечных профилей дополнительно определяются в характерных точках (места перехода из выемки в насыпь, места пересечений и примыканий автомобильных и железных дорог, места расположения существующих водопропускных труб, мостов, путепроводов и т. д.).

В пределах снимаемого поперечного профиля фиксируются фактические высотные отметки не менее чем в трех точках для проезжей части у щебеночных и гравийных покрытий и не менее чем в пяти точках для усовершенствованных дорожных покрытий. В обязательном порядке определяются высотные отметки точек по оси трассы и полосам наката, расположенным на расстоянии 0,8 – 1,0 м от края проезжей части. У существующих на момент проведения изысканий усовершенствованных дорожных покрытий дополнительно находится местоположение кромки проезжей части и обочины.

Минимальная ширина полосы, на которой производятся обследования, составляет 20 м в каждую сторону от оси проектируемой дороги. При прохождении трассы через населенные пункты дополнительно фиксируется линия застройки (красная линия). Если на значительном протяжении рельеф местности носит однообразный характер, объем съемки может быть сокращен до 10 поперечных профилей на один километр трассы.

Гидрологические изыскания

Обследование сложившейся к моменту проведения изысканий системы водоотвода осуществляется для оценки ее общего состояния и состояния отдельных конструктивных элементов: боковых канав водопропускных труб, лотков, перепадов, быстротоков и т. д. В ходе обследований выясняются возможные причины нарушения водоотвода с существующей дорожной одежды, земляного полотна и придорожной полосы.

К основным факторам, вызывающим нарушение водоотвода на существующей дороге, относятся:

– нарушение правил размещения водопропускных труб и регуляционных сооружений;

– необеспеченность заданных проектом продольных уклонов у водоотводных канав;

– несоответствие установленным в зависимости от величины продольного уклона требованиям, предъявляемым к материалам, использованным для укрепления дна водоотводных канав;

– засорение и заиливание элементов поверхностного водоотвода и дренажных систем.

Проведение обследований рекомендуется выполнять в период прохождения паводковых вод или в летний период с сильными дождевыми осадками.

В ходе гидрологических изысканий выполняются:

– камеральное изучение имеющихся проектных решений по обеспечению водоотвода на существующей дороге;

– съемка отметок конструктивных элементов водоотвода: боковых и нагорных канав, водного и выходного оголовков водопропускных труб, берм, водосбросных лотков и т. д.;

– определение параметров водосборных бассейнов для существующих водоотводных сооружений и на перспективу.

Фиксируются также повреждения и разрушения всех исследуемых элементов поверхностного водоотвода и подземных дренажей.

Инженерно-геологические изыскания

Перед проведением инженерно-геологических изысканий необходимо изучить соответствующие разделы инженерного проекта на существующую автомобильную дорогу.

В ходе изысканий для определения характеристик подстилающих грунтов на обочинах проводится устройство шурфов глубиной 0,5 – 1,0 м, и геологических скважин. На равнинных участках при высоте насыпи до 2,0 м на один километр дороги обычно устраиваются 1 – 2 шурфа. При высоте насыпи более 2,0 м предусматриваются геологические скважины, глубина которых зависит от места расположения, характеристик грунтов и необходимости выявления параметров залегания грунтовых вод.

Количество отбираемых из шурфов и скважин грунтовых образцов должно обеспечивать потребности грунтовой лаборатории, исследующей их физико-механические и строительные свойства. В лаборатории определяются гранулометрический состав, влажность, плотность грунта и его твердых частиц, рассчитываются число пластичности, модуль упругости и др.

В ходе геологических изысканий уточняются границы притрассовых резервов грунта и грунтовых карьеров, в которых будет разрабатываться грунт для производства работ по уширению земляного полотна в процессе реконструкции. Визуально исследуются грунты в придорожной полосе, а в случае необходимости в ее пределах могут быть устроены дополнительные шурфы и буровые скважины. Особое внимание уделяется свойствам исследуемых грунтов в период их максимального увлажнения.

В случае прохождения трассы по заболоченной территории определяются границы и тип болот, а также мощность торфяного слоя. Имеющиеся на момент изысканий насыпи на болтах обследуются на предмет возможности их реконструкции и способов проведения мероприятий по проведению выторфовки для уширения насыпи или ее прохождения по новому направлению.

Изучаются материалы дорожной организации, эксплуатирующей существующую дорогу, по оценке величины осадки насыпей на болотах в период эксплуатации, а также поведению имеющихся «висячих» насыпей под воздействием автомобильной нагрузки и т. д.

Для обследования заболоченных территорий через каждые 50 – 100 м перпендикулярно к оси трассы устраиваются буровые и зондовые скважины диаметром 115 – 127 мм с обязательным их погружением в минеральное дно на глубину не менее 0,50 м. После отбора проб скважины должны быть законсервированы.

Обследование пучинистых участков земляного полотна

При проведении предпроектных изысканий особое внимание уделяется обследованию пучинистых участков, расположенных на существующей дороге. С целью выявления их основных характеристик и местоположения у эксплуатирующей дорогу организации запрашиваются основные данные по содержанию пучиноопасных участков, полученные за последние пять лет. Устанавливаются наличие и характеристики устроенного на этих участках дренажа и других специальных устройств.

В ходе изысканий:

– проводятся углубленные гидрогеологические обследования существующего земляного полотна и придорожной полосы с устройством дополнительных шурфов и скважин, позволяющих получить более полное представление о параметрах пучиноопасных участков;

– в особо сложных случаях с помощью устроенных методом треугольников с длинами сторон 50 – 75 м буровых скважин определяется направление тока грунтовых вод.

Выполняются дополнительные обследования существующей дорожной одежды, направленные в первую очередь на определение дренирующих подстилающих слоев из песка и нижних слоев основания из щебня или гравия.

На пучиноопасном участке в обязательном порядке производится съемка не менее чем одного поперечного профиля. На особо сложных участках может выполняться тахеометрическая съемка с последующим построением плана и нанесением на него горизонталей высотой сечения 0,25 – 0,5 м и гидроизогипсов.

По результатам полевых обследований водно-теплового режима существующего земляного полотна и прилегающей территории составляется предварительный план противопучинных мероприятий, которые могут быть предусмотрены при разработке проекта реконструкции автомобильной дороги.

Выявленные параметры пучиноопасных участков фиксируются на продольном профиле дороги.

Обследование искусственных и специальных инженерных сооружений

Важнейшим разделом предпроектных изысканий является обследование инженерных сооружений, расположенных на реконструируемой дороге. В ходе этих работ изучаются мостовые переходы, водопропускные трубы, подпорные стены, объекты придорожного обустройства (АЗС, площадки отдыха и т. д.).

При проведении обследований уточняются тип сооружения и его размеры. Обследования имеют целью установить местоположение и тип сооружений, их основные размеры и фактическое состояние. Фиксируются имеющиеся дефекты с указанием возможных причин их возникновения.

Повышенное внимание при обследованиях инженерных сооружений следует уделять состоянию фундаментов и опор пролетных строений мостовых объектов. Составляются эскизы конструктивных элементов с разработкой спецификации и указанием размеров узлов и деталей сооружений.

Полученные в ходе обследования инженерных сооружений, испытывающих гидравлическое воздействие (водопропускные трубы, мосты, плотины и т. д.), результаты выступают в качестве исходных данных для проведения последующих гидравлических расчетов.

При обследовании существующих инженерных сооружений в зависимости от фактических условий работы, степени соответствия современным нормативным требованиям и существующего состояния рассматривается вопрос о целесообразности их дальнейшего использования или выполнения полного переустройства в ходе проведения реконструкции дороги. В случае необходимости полной перестройки имеющегося в настоящее время инженерного сооружения осуществляется сбор всех необходимых данных для выполнения расчетов в ходе проектирования.

По завершению обследования инженерных сооружений, совместно с организацией, эксплуатирующей дорогу, по каждому сооружению в отдельности и по автомобильной дороге в целом составляются и подписываются акты на проведенные работы.

В случае необходимости перестройки сооружения дополнительно производится тахометрическая съемка участка производства работ с составлением топографического плана масштабом 1:500 и нанесением горизонталей высотой сечения 0,25 м. В пределах участка и прилегающей к нему территории проводятся также дополнительные геологические и гидрологические изыскания.

Обследование полосы отвода

В большинстве случаев в ходе реконструкции дорог увеличивается ширина полосы постоянного отвода земель, занимаемых автомобильной дорогой. Вопросы юридического оформления полосы отвода связаны с передачей ее из одной формы собственности в другую. Поэтому при проведении изысканий важно уточнить и юридически правильно оформить границы полосы отвода.

Ширина полосы отвода земель зависит от категории дороги. При реконструкции следует стремиться сохранить ее существующие границы, если это не противоречит требованиям, установленным для данной категории дорог.

Особое внимание уделяется установлению границ полосы отвода

в пределах городских и сельских поселений, а также в местах пересечений с автомобильными и железными дорогами. Детально рассматриваются участки, на которых полоса отвода существующей дороги пересекается с полосой отвода других линейных сооружений.

Возможность сноса существующих построек, размещенных в проектируемой полосе отвода, допускается только в случае, если они препятствуют размещению основной дороги или элементов ее обустройства.

В ходе изысканий детально исследуются состав и структура надземных и подземных коммуникаций и выявляются необходимость и объем работ по их переносу в связи с реконструкцией. Надземные и подземные коммуникации, расположенные в полосе отвода, должны отвечать всем требованиям, предъявляемым к ним в соответствии с категорией дороги после ее реконструкции [14]. В случае необходимости переноса коммуникаций эти действия должны быть согласованы с их владельцами.

В ходе изысканий изучаются имеющиеся в распоряжении эксплуатационной организации схемы дислокации дорожных знаков и ограждений. В полевых условиях фиксируются места установки дополнительных элементов дорожного обустройства.

Изучаются наличие и состояние зеленых насаждений, фиксируются снегозаносимые участки, рассматриваются дополнительные мероприятия по обеспечению снегонезаносимости.

Отдельно прорабатываются вопросы по строительству временных объездных дорог, устраиваемых на период производства работ по реконструкции автомобильной дороги.

Камеральная обработка результатов полевых работ

Камеральная обработка результатов изысканий, полученных в ходе проведения полевых работ, выполняется путем переноса цифровой базы данных, загруженной в электронный тахеометр и другие современные геодезические приборы и оборудование, имеющие связь со спутниковыми навигационными системами (GPS, Глонасс и др.), в оболочку какого-либо специализированного программного продукта (например, «Credo» или «IndorRoad:») для дальнейшей первоначальной обработки и проектирования.

2. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ В ХОДЕ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ИЗЫСКАНИЙ

При проведении полевых работ в рамках изысканий для разработки проекта реконструкции автомобильной дороги необходимо руководствоваться требованиями ОДМ 218.6.019-2016 «Рекомендации по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ» [12].

При выполнении изысканий на дорогах без остановки существующего движения транспорта необходимо проведение инструктажа по соблюдению требований техники безопасности всеми участниками изыскательской партии, принимающими участие в полевых работах. Места проведения изысканий в установленном порядке следует согласовать с территориальными органами ГАИ и эксплуатирующими обследуемую дорогу организациями. При производстве работ нужно минимизировать нахождение участников изыскательской партии на проезжей части автомобильной дороги. Работы следует вести максимально близко к бровке земляного полотна.

В соответствии с требованиями ОДМ 218.6.019-2016 [Там же] рабочие, занятые на производстве работ, должны быть одеты в светоотражающие желтые жилеты (рис. 2.1).

Рис. 2.1. Дорожный жилет сигнальный со светоотражающими вставками

В соответствии с указанными рекомендациями разрабатывается схема установки временных дорожных знаков, разметки и ограждений (рис. 2.2). Место производства работ оборудуется техническими средствами регулирования движения: временными дорожными знаками, ограждениями, а в случае необходимости светофорными объектами, освещением и временной горизонтальной разметкой (рис. 2.3 – 2.5).

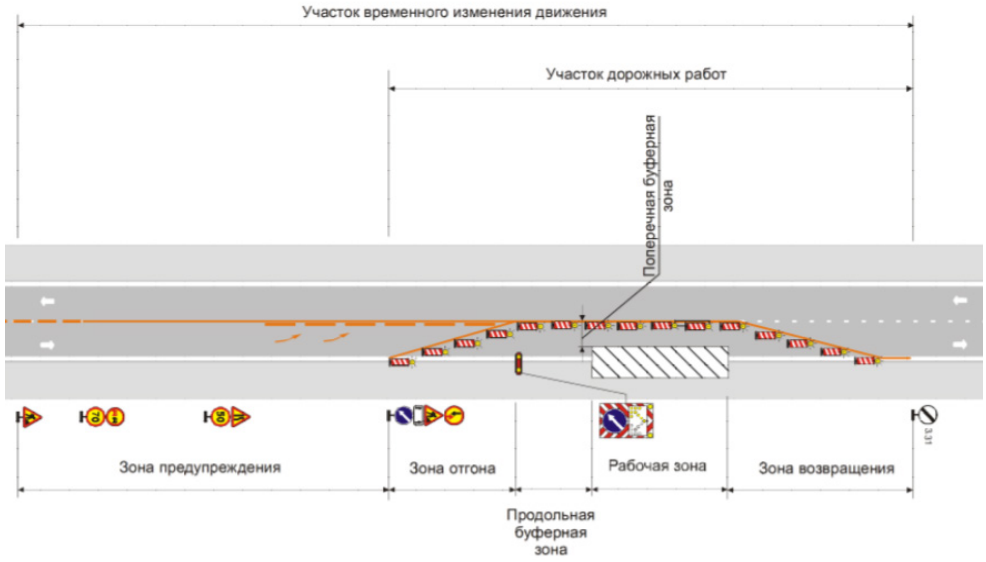


Рис. 2.2. Функциональное зонирование участка временного управления транспортными потоками в местах производства работ

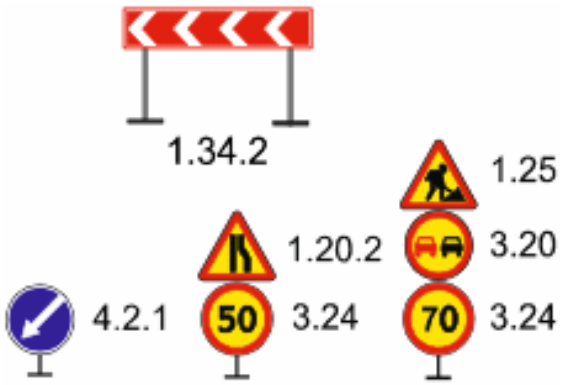


Рис. 2.3. Временные дорожные знаки

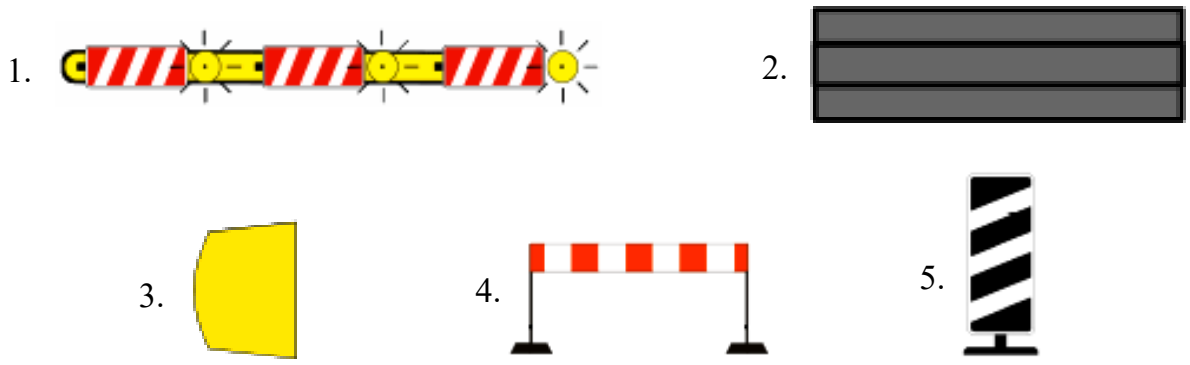


Рис. 2.4. Ограждающие устройства: 1 – делиниаторы с пластинами; 2 – защитные блоки; 3 – буфер дорожный; 4 – заградительное устройство (барьер перильно-стоечный); 5 – временный сигнальный столбик

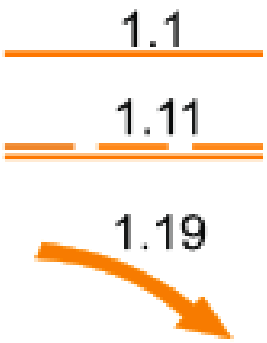


Рис. 2.5. Дорожная разметка

При выполнении работ в пределах дорожной полосы устанавливается автомобиль дорожной службы с предупреждающим многопозиционным информационным знаком, выполненным в виде светодиодного табло, хорошо читаемого в любое время суток (рис. 2.6).

Рис. 2.6. Многопозиционный предупреждающий знак

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГИ В ПЛАНЕ И ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ

3.1. Исправление плана автомобильной дороги при реконструкции

Разработка проекта реконструкции автомобильной дороги, как правило, начинается с анализа плана существующей автомобильной дороги. При составлении проекта реконструкции плана трассы существующей дороги необходимо рассматривать несколько альтернативных вариантов (вариантное проектирование).

В качестве конечного принимается план трассы:

– обладающий наименьшей протяженностью и минимальными объемами работ по реконструкции основной дороги и инженерных сооружений;

– максимально использующий существующее земляное полотно и дорожную одежду;

– предусматривающий минимальное увеличение ширины полосы постоянного отвода земель существующей дороги.

Обычно в план реконструируемой дороги вносятся изменения и корректировки, обусловленные повышением категории существующей дороги. Однако существует и ряд других факторов, требующих корректировки плана.

Нормы, по которым запроектирована существующая автомобильная дорога, за время ее эксплуатации существенно изменились и возникла необходимость приведения плана к действующим требованиям СП 34.13330.2021. «Автомобильные дороги» [20], которые при разработке проектов реконструкции рекомендуют проводить трассирование в обход населенных пунктов в том случае, если большую часть транзитного потока, проходящего через них, составляет транзитный транспорт.

Существуют и другие возможные причины, повлекшие изменения в плане, например, возникновение новых точек экономического и транспортного притяжения, строительство новых мостовых переходов и т. д.

Имеющаяся на большинстве старых дорог избыточная извилистость, обусловленная тем, что исторически дороги прокладывались по водоразделам, сухим местам, в обход естественных водоемов и заболоченных участков, вызывает значительные перепробеги транспорта, влечет за собой ухудшение видимости в плане, комфортности движения и повышение аварийности. Извилистость на таких участках должна быть ликвидирована в ходе изменения плана трассы [Там же].

Таким образом, при разработке проекта реконструкции автомобильной дороги план трассы необходимо исправлять, если:

– характеристики горизонтальных кривых не отвечают актуальным нормативным требованиям для категории автомобильной дороги, предусмотренной в техническом задании [18];

– в связи со сложившимися и перспективными условиями движения транспорта требуется устраивать обходы населенных пунктов;

– имеется необоснованная извилистость трассы;

– требуется увеличить расстояние видимости в плане.

К числу важнейших задач дорожного строительства относится возможность обеспечения движения транспорта с заданными скоростями при высокой степени безопасности и комфорта. Эту задачу невозможно решить без обеспечения комфортного движения транспорта на горизонтальных закруглениях. Для этого в ходе реконструкции плана существующей дороги необходимо предусмотреть увеличение радиусов горизонтальных кривых с доведением их до нормативных значений СП 34.13330.2021 [20].

При реконструкции радиусы горизонтальных кривых назначаются в соответствии с требованиями СП 34.13330.2021. «Автомобильные дороги» в зависимости от расчетной скорости движения после реконструкции (табл. 3.1 и 3.2). При этом рекомендуется избегать закруглений с радиусами, близкими к минимальным значениям, что благоприятно отражается на условиях движения.

Таблица 3.1. Требования к минимально допустимым горизонтальным радиусам в плане дороги

Расчетная скорость, км/ч	Минимальный радиус закругления, м	
	основных дорог	дорог в горной местности
150	1200	1000
120	800	600
100	600	400
80	300	250
60	150	125
50	100	100
40	60	60
30	30	30

Таблица 3.2. Допустимые сочетания параметров кривых в плане и продольном профиле

Расчетная скорость, км/ч	Наибольшие продольные уклоны, ‰	Наименьшие радиусы кривых, м				
		В плане		В продольном профиле		
		Основные	В горной местности	Выпуклые	Вогнутые	
					Основные	В горной местности
150	30	1200	1000	30000	8000	4000
120	40	800	600	15000	5000	2500

Окончание табл. 3.2

Расчетная скорость, км/ч	Наибольшие продольные уклоны, ‰	Наименьшие радиусы кривых, м				
		В плане		В продольном профиле		
		Основные	В горной местности	Выпуклые	Вогнутые	
					Основные	В горной местности
100	50	600	400	10000	3000	1500
80	60	300	250	5000	2000	1000
60	70	150	125	2500	1500	600
50	80	100	100	1500	1200	400
40	90	60	60	1000	1000	300
30	100	30	30	600	600	200

При оценке зрительной ясности дороги учитывается расстояние, позволяющее участникам движения оценивать и прогнозировать дорожные условия. Рассматриваемые участки и окружающая обстановка должны способствовать зрительному ориентированию и давать недвусмысленное представление об изменениях направления дороги. Расстояние, обеспечивающее зрительную ясность дороги, должно превышать расстояние видимости при обгоне [18].

Для обеспечения наиболее четкого представления о характеристиках зрительной ясности в ходе разработки проекта реконструкции рекомендуется построение с помощью средств визуализации 3D-моделей особо сложных участков, выполненных с помощью различных средств визуализации (рис. 3.1).

В стесненных условиях, как правило, невозможно увеличить радиусы горизонтальных кривых в плане до требуемых по условиям зрительной ясности, значений. В таких случаях при разработке проекта реконструкции рекомендуется:

– проектировать кривые малых радиусов без прямых вставок в виде клотоид;

– предусматривать плавный переход от кривых большого радиуса к кривым малого радиуса;

– радиусы кривых на смежных углах поворота не должны различаться более чем в 1,3 раза;

– предусматривать сочетание смежных элементов в плане трассы,

обеспечивающее равномерное движение транспорта с постоянной скоростью, меняющейся не более чем на 20 % (клотоидная трасса).

Устранение избыточной извилистости в плане трассы может быть выполнено за счет ее спрямления или уменьшения количества кривых в плане путем объединения, в том числе с использованием метода клотоид.

При проектировании плана дороги, расположенной в пересеченной местности, для минимизации визуального эффекта «перелома» трассы рекомендуется заменять короткие кривые, расположенные между длинными прямыми вставками в плане, одной или несколькими кривыми большого радиуса.

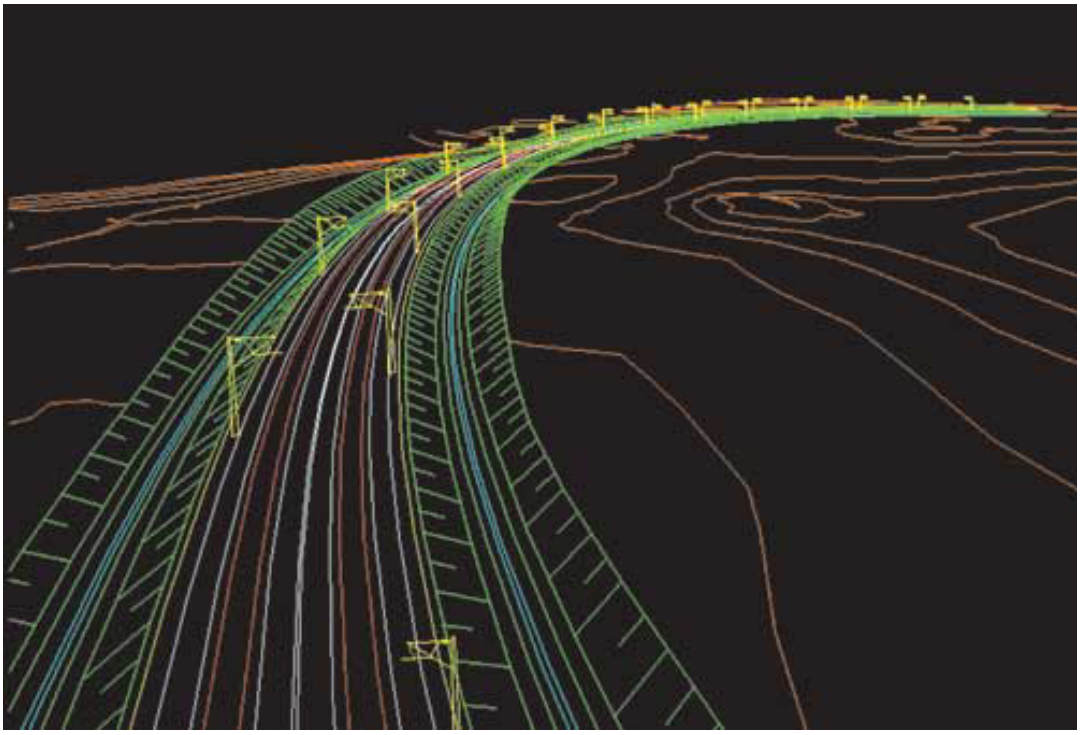


Рис. 3.1. Визуализация плана опасного участка дороги средствами программного комплекса AutoCAD Civil 3D

Особое внимание следует уделять неблагоприятному с точки зрения обеспечения зрительной ясности сочетанию горизонтальных кривых в плане и вертикальных кривых в продольном профиле. Необходимо выполнять требования СП 34.13330.2021 (см. табл. 3.1) [20].

Улучшение зрительной плавности реконструируемой трассы достигается путем рационального сочетания элементов плана и продольного профиля дороги. Количество кривых в плане должно соответствовать количеству кривых в продольном профиле, а их длина на выпуклых

участках профиля должна превышать длину вертикальной кривой.

На вогнутых участках продольного профиля длины вертикальных и горизонтальных кривых должны совпадать. Допускается смещение вершин кривых в плане и профиле не более чем на четверть длины, меньшей из них.

3.2. Методы исправления плана реконструируемых дорог

При определении методов улучшения местоположения оси автомобильной дороги в ходе выполнения проектных работ необходимо учитывать большое многообразие внешних факторов: категория дороги после реконструкции, наличие и размеры населенных пунктов, через которые проходит дорога, характеристики пересекаемых водотоков, наличие и расположение пересекаемых надземных и подземных коммуникаций, рельеф местности, климатические условия и др.

Несмотря на разнообразие внешних факторов, можно выделить три типовых решения по улучшению плана существующей трассы.

1. Устранение необоснованной извилистости трассы путем выполнения значительной ее части в виде круговых кривых с радиусами, превышающими требования СП 34.13330.2021. «Автомобильные дороги», и устройством прямых вставок между ними [20]. Реализация этого решения целесообразна только при наличии свободного пространства в равнинной местности при малых углах поворота и отсутствии препятствий.

2. Проектирование плана трассы с преобладанием закруглений в виде круговых кривых с допустимыми нормами радиусов, сопрягающихся с прямыми вставками с помощью переходных кривых клотоид или клотоид. Данное решение наиболее универсально и может быть использовано в большинстве случаев при разработке проекта реконструкции [14].

3. Замена большей части имеющихся на существующей дороге круговых кривых на биклотоиды (парные клотоиды различной длины и радиусов, соединенные между собой без прямых вставок).

Указанное решение целесообразно в стесненных условиях и при пересеченном рельефе местности.

В случае переноса трассы на новое направление, например, при обходе населенных пунктов, при проектировании плана, к нему применяются те же требования, что и при проектировании плана для нового строительства [19].

При проложении оси трассы повышенного внимание требует размещения вновь запроектированных углов поворота. Не допускается их смещение за пределы полосы постоянного отвода. Если новое положение какой-либо кривой находится вне границ полосы отвода, необходимо предусмотреть альтернативные решения.

Различные варианты запроектированного плана трассы сравниваются по основным технико-техническим параметрам. Важнейшим показателем в ходе сравнения вариантов является максимально возможное использование существующего земляного полотна.

Пример реконструкции плана трассы путем замены трех углов поворота малого радиуса на два угла поворота большого радиуса с прямой вставкой приведена (рис. 3.2).

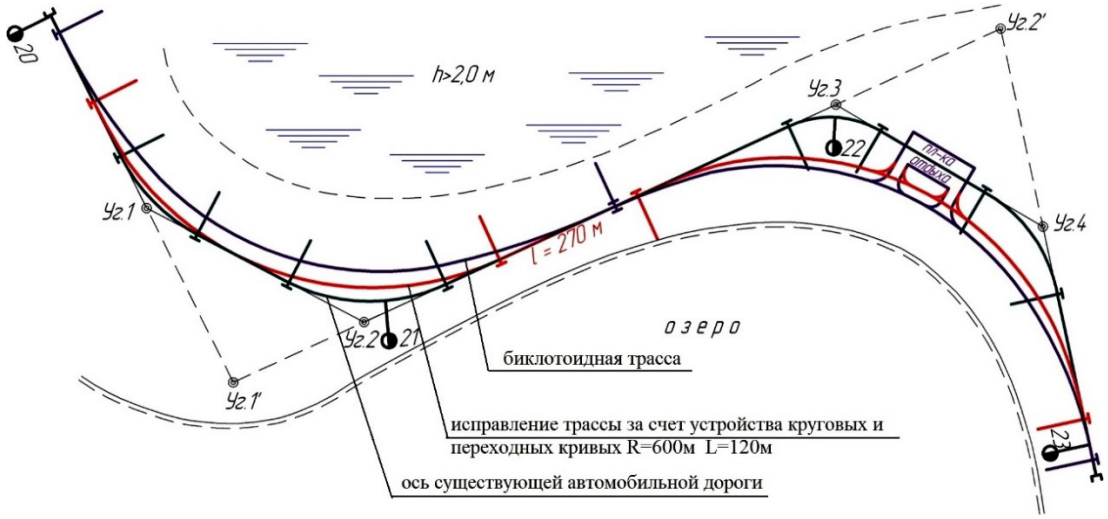


Рис.3.2. Исправление извилистой трассы:
1 – ось существующей автомобильной дороги; 2 – исправление трассы за счет устройства круговых и переходных кривых (R = 600 м, L = 120 м);
Уг.1, Уг.2, Уг.3, Уг.4 – углы поворота существующей дороги с закруглениями из круговых кривых радиусом 400, 400, 200, 300 м соответственно;
Уг.1 и Уг.2 – новые углы поворота по проектируемым вариантам

При выборе решений по реконструкции плана существующей трассы необходимо предусмотреть все мероприятия по устранению необоснованной извилистости, обеспечению требуемой видимости, выводу высокоинтенсивных транспортных потоков за пределы населенных пунктов.

При реконструкции плана трассы необходимо учитывать:

– соответствие нормативным требованиям геометрических элементов существующего плана трассы;

– состояние существующего земляного полотна и дорожной одежды;

– предполагаемую величину уширения земляного полотна и дорожной одежды в ходе реконструкции;

– наличие и фактическое состояние имеющихся на автомобильной дороге инженерных сооружений;

– принадлежность и ценность занимаемых и предполагаемых к отводу в ходе реконструкции земель.

Результаты проведенных изысканий учитываются при определении возможности использования в ходе реконструкции существующего земляного полотна и дорожной одежды.

В том случае, если высота существующего земляного полотна не соответствует нормативным требованиям хотя бы по одному из условий: снегонезаносимости, возвышению над грунтовыми водами или длительно стоящими водами, а также при необеспеченном водоотводе, пучинистости и т. д., сохранять существующее земляное полотно нецелесообразно [18]. Рекомендуется его полное переустройство или проложение дороги по новому направлению.

При сохранении существующего направления трассы ее ось обычно совпадает с осью существующей дороги. Однако в случае необходимости для обеспечения нормативных требований [16] и устранения необоснованной извилистости в план трассы вносятся изменения. Более жесткие ограничения местоположения оси дороги при реконструкции накладываются при наличии на ней мостов, путепроводов и эстакад. Обычно местоположение оси дороги на таких сооружениях сохраняется, но в особо сложных ситуациях вместе с осью трассы может изменять ось инженерного сооружения и даже выполнять его полный перенос (рис. 3.3).

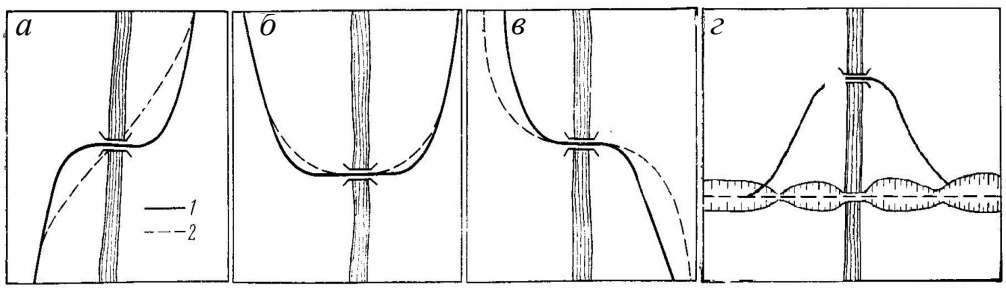


Рис. 3.3. Способы исправления оси трассы в плане на мостовых переходах:
а – косой переход моста; б – мост на кривой;
в – увеличение радиусов кривых на подходах – сохранение моста;
г – устройство нового мостового перехода

В случае проложения плана реконструируемой трассы по новому направлению данное решение детально обосновывается в ходе проведения технико-экономического обоснования (ТЭО) вариантов.

При невозможности или технико-экономической нецелесообразности устройства обходов населенных пунктов допускается изменение схем движения транспорта по улично-дорожной сети.

При значительном количестве участков дороги, на которых наблюдаются отклонения от нормативных требований, предъявляемых к плану трассы, внесение локальных изменений нецелесообразно. Рекомендуется полный перевод трассы на новое направление.

Особое внимание в ходе реконструкции плана существующей дороги уделяется соблюдению принципов зрительного ориентирования. Суть их заключается в том, что элементы трассы (ограждения, дорожные знаки, краевые полосы, вертикальная и горизонтальная дорожные разметки) и окружающая обстановка (ЛЭП, лесонасаждения, рекламные щиты) создают у водителей однозначное и четкое представление о выбранном направлении движения.

Одним из факторов, вызывающих ошибки в ориентировании водителей, является неудачное расположение пересечений и примыканий дорог, дающее неверное представление о выбранном направлении движения (рис. 3.4).

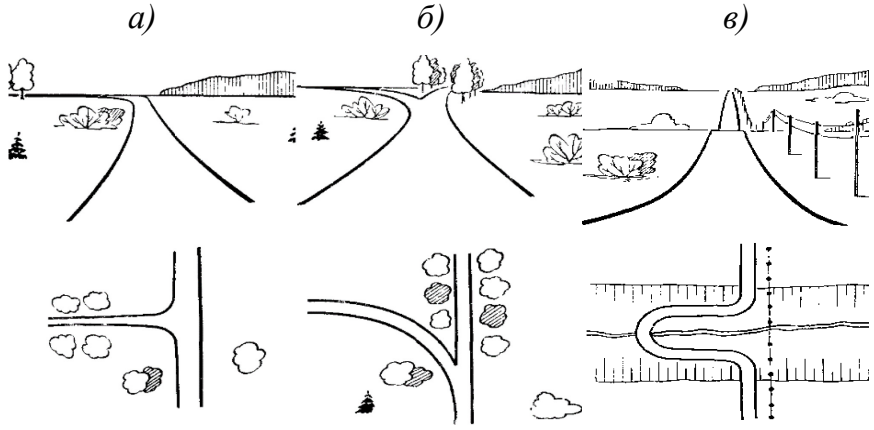


Рис. 3.4. Примеры участков дорог с необеспеченной зрительной ясностью: а – ложный ход; б – кажущийся поворот; в – поворот, невидимый водителю

Затруднения могут возникнуть при выборе водителями правильного направления движения по дороге. Они вызываются резким неравномерным изменением направления трассы при обходе препятствия

с последующим возвращением дороги на существующее направление (рис. 3.5).

Такие участки при разработке проекта реконструкции автомобильной дороги должны быть исправлены. В ходе проведения проектных работ необходимо широкое применение средств 3D-визуализации проектных решений, позволяющих гарантировать зрительный контроль видимости на наиболее сложных с точки зрения обеспечения ориентирования водителей участках дороги.

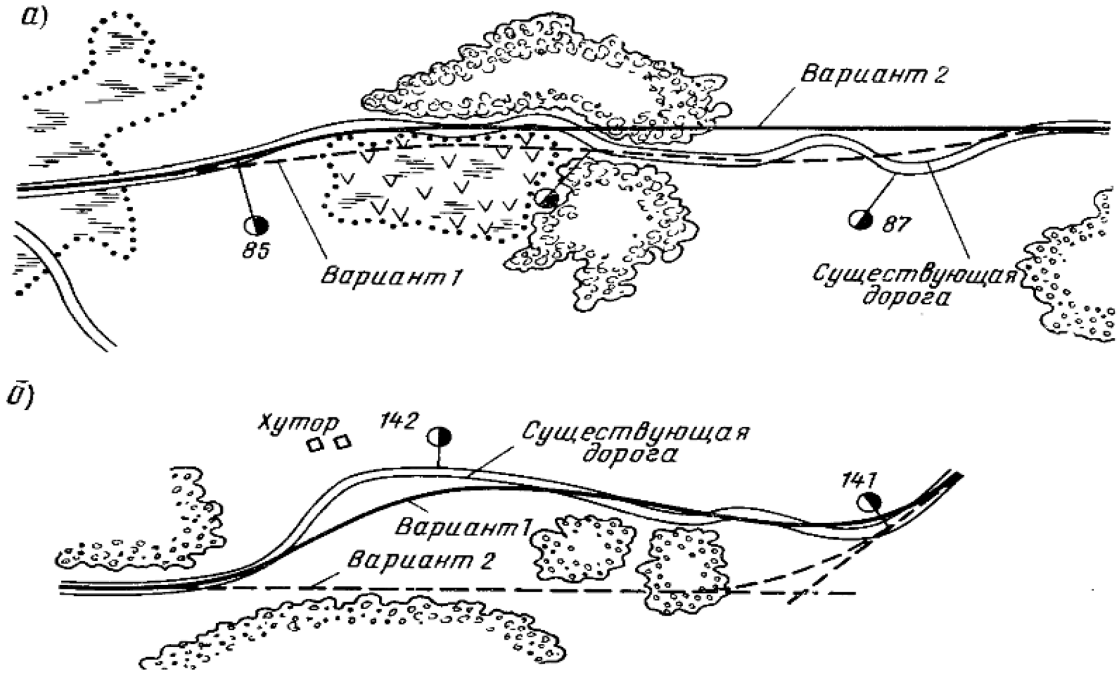


Рис. 3.5. Способы улучшения зрительной ясности трассы дороги в плане: а – на прямом участке; б – на сопряжении кривых

3.3. Реконструкция дорог в продольном профиле

Одной из важнейших задач при разработке проекта реконструкции автомобильной дороги является приведение к нормативным значениям [16] всех параметров продольного профиля:

– на снегозаносимых участках дороги производится повышение проектной отметки бровки земляного полотна до высоты, обеспечивающей снегонезаносимость дороги;

– на участках с высоким залеганием грунтовых или длительно стоящих вод для предотвращения пучинообразования также выполняется подъем бровки земляного полотна.

При наличии на существующей дороге насыпей с высотой более

3 м увеличение проектной отметки предусматривают только в исключительных случаях. Для смягчения значения продольного уклона и улучшения параметров видимости увеличивают глубину существующих выемок. Выемки могут углубляться также в случае проектирования путепровода, располагаемого над существующей дорогой.

Повышение проектных отметок в продольном профиле приводит к изменению ширины насыпи по ее подошве. Кроме того, при изменении в продольном профиле высотных отметок насыпей и выемок также могут меняться заложения их откосов и ширина других конструктивных элементов дороги. Схема определения геометрических параметров реконструируемой насыпи приведена на рис. 3.6.

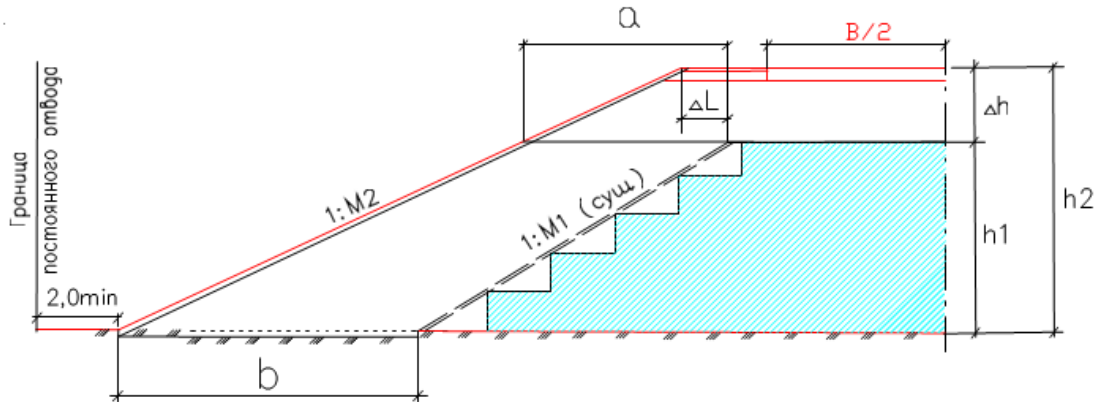


Рис. 3.6. Схема определения геометрических размеров реконструируемой насыпи

У большинства существующих дорог, построенных по устаревшим нормам, крутизна откосов невысоких насыпей составляет 1:1 или 1:1,5. При этом на основании требований СП 34.13330.2021 [20] крутизну откосов насыпей высотой до 3 м на дорогах категорий I-III назначают с учетом обеспечения безопасного съезда транспортных средств в аварийных ситуациях, как правило, не круче 1:4, а для дорог остальных категорий при высоте откоса насыпи до 2 м – не круче 1:3 [16].

Параметры земляного полотна после увеличения отметки бровки и уширения определяются по формулам (3.1) и (3.2):

$$a = {}_{\Delta}L + (M_2 \cdot {}_{\Delta}h), \text{ м}, \qquad (3.1)$$

где ${}_{\Delta}L$ – увеличение ширины дорожного полотна проектируемой насыпи, м;

M_2 – заложение откоса насыпи после увеличения высоты насыпи;

${}_{\Delta}h$ – увеличение высоты насыпи, м.

Величина уширения по подошве насыпи составит

$$b = (M_2 \cdot h_2 - M_1 \cdot h_1) + {}_{\Delta}L, \qquad (3.2)$$

где h_1 – высота насыпи до реконструкции, м; h_2 – общая высота насыпи после реконструкции, м;

M_1 – заложение откоса насыпи до реконструкции.

Одновременно с внесением корректировок в продольный профиль может быть изменено и положение оси дороги в плане.

Выбор технологии производства работ при поднятии бровки земляного полотна определяется различными факторами: высотой существующей насыпи, крутизной откосов, наличием боковых водоотводных канав, характеристиками водопропускных труб, конструкцией и состоянием существующей дорожной одежды и т. д.

В ходе реконструкции земляного полотна, как правило, стараются сохранять существующую дорожную одежду, используя ее в качестве основания для новой конструкции или применяя строительные материалы, полученные в ходе ее разборки, для укрепления обочин и других работ.

При незначительном (до 50 см) увеличении высоты насыпи предусматривается следующая технология производства работ:

– снятие почвенно-растительного грунта с существующих обочин и откосов насыпи;

– послойная разборка и удаление материалов старой дорожной одежды с устройством корыта;

– послойная засыпка и уплотнение грунта в корыте;

– послойное устройство новой дорожной одежды;

– устройство и укрепление присыпных обочин.

В случае использования существующей дорожной одежды в качестве слоя основания при изменении высоты насыпи выполняют только досыпку присыпных обочин. Если рабочая отметка насыпи повышается более чем на 0,5 м, то досыпку производят снизу от подошвы существующей насыпи вверх к бровке.

При наличии существующих боковых канав непосредственно после срезки почвенно-растительного грунта с обочин, откосов насыпи, кюветов и новой полосы отвода занимаемых земель канавы засыпают.

При уширении существующей насыпи для обеспечения наилучшего сцепления и предотвращения сползания уширяемой части по старому откосу в обязательном порядке предусматривается рыхление откосов или нарезка на них уступов. В случае нарезки уступов для обеспечения нормальной работы построечной техники их ширина принимается 0,3 – 0,5 м при высоте отсыпаемого слоя 0,25 – 0,35 м.

Если уширяемая часть насыпи составляет меньше 1,5 – 2,0 м, то этого недостаточно для размещения на полосе уширения построечной техники. В таком случае нарезают уступы на ширину, обеспечивающую возможность работы дорожных машин; увеличивают ширину досыпки земляного полотна с последующей срезкой и перемещением излишков грунта на расположенные далее по ходу трассы участки работ.

Особенностью проектирования продольного профиля при разработке проекта реконструкции следует назвать наличие нехарактерных для нового строительства участков. Серьезную сложность представляет разбивка продольного профиля на характерные участки при реконструкции существующих выемок (рис. 3.7).

Уширение выемки по верху с одной стороны рассчитывается по формулам (3.3) – (3.5).

$$a = {}_{\Delta}h \cdot M_4 + h_к(M_4 + M_3 - M_2 - M_1) + {}_{\Delta}L, \text{ м}, \qquad (3.3)$$

где $h_к$ – глубина существующего и проектного кювета;
M_1 и M_2 – заложение откосов до реконструкции;
M_3 и M_4 – заложение откосов после реконструкции;
${}_{\Delta}L$ – увеличение ширины дорожного полотна проектируемой выемки, м;
${}_{\Delta}h$ – увеличение глубины выемки, м.

$${}_{\Delta}h = h_2 - h_1, \text{ м}, \qquad (3.4)$$

где h_1 и h_2 – глубина выемки до и после реконструкции, м.

Увеличение ширины выемки (по верху существующей выемки) с одной стороны

$$b = a + h_1(M_4 - M_2), \text{ м}. \qquad (3.5)$$

Перед проведением работ по углублению выемок устраивается временная объездная дорога, снимается почвенно-растительный слой с откосов существующей выемки и полосы уширения. После этого

выполняются основные работы по уширению выемки в соответствии со схемой, приведенной на рис. 3.8.

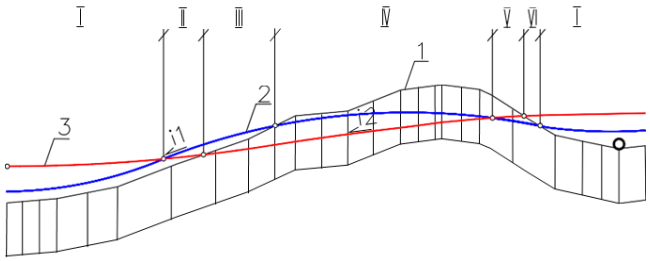


Рис. 3.7. Схема расположения смежных участков изменения глубины выемки и высоты насыпи при смягчении продольного уклона: 1 – линия поверхности земли (линия быта); 2 – положение красной линии до реконструкции; 3 – то же после реконструкции; i1, i2 – максимальный продольный уклон до и после реконструкции; I – участок увеличения высоты насыпи; II – участок уменьшения высоты насыпи; III – участок, где выемка заменяется насыпью; IV – участок увеличения высоты насыпи; V – участок уменьшения глубины выемки; VI – участок, где выемка заменяется насыпью

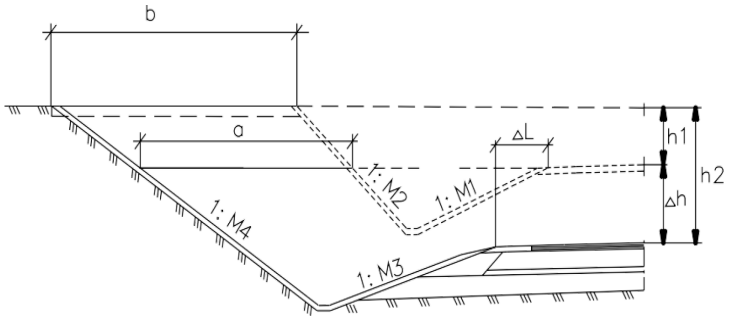


Рис. 3.8. Схема определения геометрических размеров углубляемой выемки

4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

4.1. Подготовительные работы

Как и при новом строительстве основным работам по реконструкции автомобильной дороги предшествуют подготовительные работы. К подготовительным работам относятся:

– создание геодезической разбивочной основы;
– перенос и переустройство коммуникаций;
– подготовка полос постоянного и временного отвода земель;
– строительство временных и объездных дорог.

Кроме того, в ходе подготовки к реконструкции дороги проводятся дополнительные мероприятия по снятию дорожных знаков, разборке ограждений, элементов обустройства дороги и т. д. На этом этапе в обязательном порядке разрабатываются временные схемы организации движения транспорта.

Элементами геодезической разбивочной основы в плане служат закрепительные знаки, фиксирующие местоположение начала и конца трассы, вершин углов поворота, элементы круговых и переходных кривых и точки на прямых участках, расположенные не реже чем через 500 м. Высотные отметки закрепляются с помощью реперов, устраиваемых не реже чем через 800 м.

Закрепительные знаки и реперы должны устанавливаться за пределами полосы отвода и иметь надежную долговечную конструкцию, отвечающую требованиям СП 126.13330.2017 «Геодезические работы в строительстве» [22].

Непосредственно перед началом земляных работ выполняется детализация геодезической разбивочной основы:

– за пределами полосы отвода разбиваются пикеты и плюсовые точки;

– на насыпях высотой более 3 м и у выемок глубиной более 3 м за пределами устраиваемого земляного полотна устраиваются дополнительные реперы;

– разбиваются и закрепляются кривые в плане дороги.

Производится предусмотренная проектом разборка дорожных знаков, мачт освещения, автопавильонов и других элементов обустройства существующей дороги, затрудняющих производство работ по реконструкции. В зависимости от выбранного способа уширения земляного полотна подготовительные работы могут проводиться поочередно с каждой стороны дороги или одновременно по всей ее ширине.

В ходе проведения реконструкции существует риск повреждения коммуникаций, расположенных в полосе отвода дороги. Это относится к воздушным (рис. 4.1) и подземным (рис. 4.2) коммуникациям. Поэтому их перенос должен быть выполнен в строгом соответствии с проектными решениями, согласованными с владельцами данных коммуникаций и эксплуатирующими организациями. Наряду с переносом коммуникаций существует вариант их сохранения в случае смещения оси дороги в ходе реконструкции (рис. 4.2, 4.3).

Для обеспечения беспрепятственной прокладки подземных коммуникаций по согласованию с их владельцами в ходе подготовительных работ на новых пересечениях, примыканиях и съездах устраиваются защитные кожухи из асбоцементных или полимерных труб диаметром 100 – 200 мм. По окончании устройства земляного полотна в кожухах неинвазивными методами без разрушения земляного полотна прокладываются необходимые коммуникации (рис. 4.3).

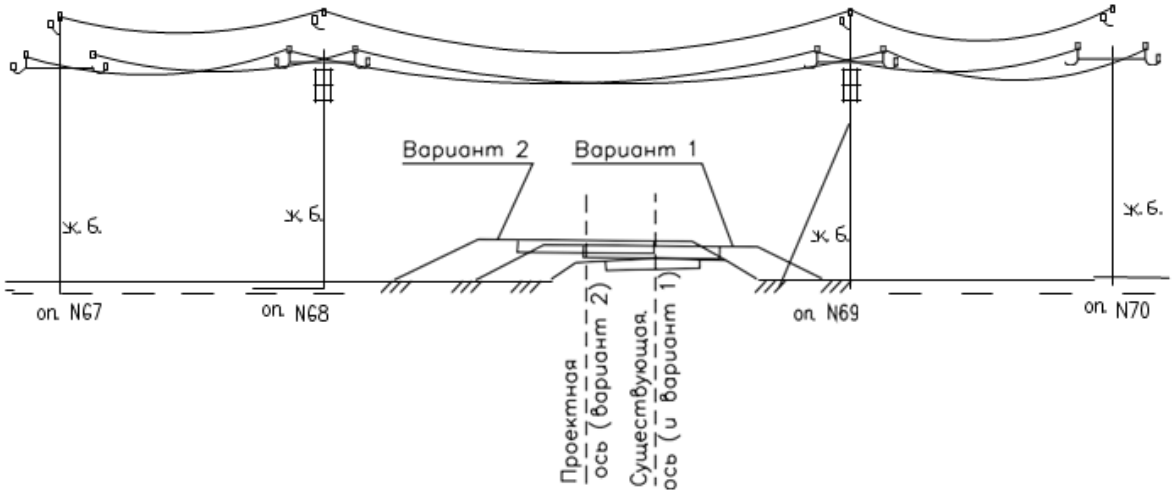


Рис. 4.1. Варианты пересечения дорогой высоковольтной линии: 1 – с переустройством, 2 – без переустройства

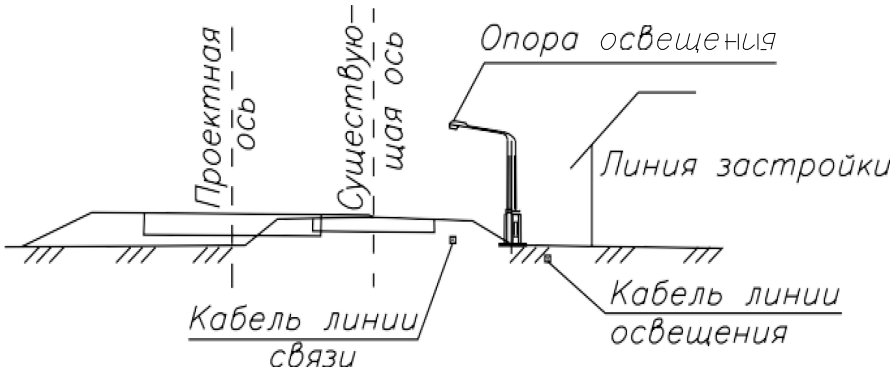


Рис. 4.2. Схема сохранения коммуникаций в полосе отвода при несимметричном уширении

Перед проведением основных работ по устройству земляного полотна полосы постоянного и временного отвода земель расчищают от леса, мелколесья и кустарников, выкорчевывают пни, убирают камни, строительный мусор и т. д. Работы по расчистке полосы отвода проводят с разбивкой на сменные захватки, длина которых соответствует

длине захваток при выполнении основных земляных работ. После расчистки полосы отвода земель с нее срезают почвенно-растительный слой на глубину, определенную проектом реконструкции.

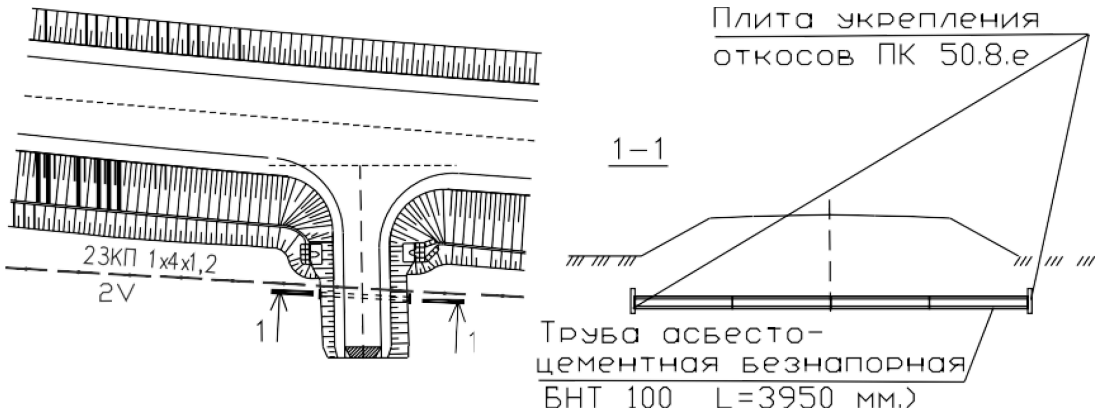


Рис. 4.3. Устройство резервных каналов (кожухов) из асбоцементных труб БНТ 100 (200) для последующей укладки дополнительных линий кабеля

Снятый плодородный слой грунта перемещают за пределы полосы отвода в кавальер с последующим использованием для рекультивации придорожной полосы.

Плодородный грунт, применяемый для рекультивации, не должен содержать опасных частиц и вредных примесей, которые могли попасть в него вместе с транспортными выбросами в период эксплуатации существующей дороги. При наличии указанных загрязнений плодородный слой складируют отдельно и впоследствии используют в нижних слоях засыпаемых резервов грунта, рекультивируемых карьерах и т. д.

Почвенно-растительный грунт срезают бульдозерами или автогрейдерами. В сложных условиях при большой крутизне откосов насыпей и выемок целесообразно применять экскаваторы-драглайны или экскаваторы с поворотной телескопической стрелой.

Важнейшей частью подготовительных работ будет реализация запланированных по ОДМ 218.6.019-2016 [12] мероприятий по организации движения транспорта в ходе проведения работ по реконструкции дороги. Наилучшим решением можно считать полный перенос существующего движения транспорта на альтернативные дороги в течение всего периода реконструкции. Если перенос движения невозможен, то наиболее рациональным представляется организация

движения по одной половине проезжей части с пропуском движения по другой половине. Независимо от выбранного способа пропуска транспорта, должна быть разработана схема организации движения.

4.2. Уширение земляного полотна при реконструкции

Выполнение работ по реконструкции чаще всего предполагает повышение категории автомобильной дороги [18], поэтому возникает необходимость уширения существующего земляного полотна с доведением его геометрических параметров до требуемых для новой категории дороги значений.

При реконструкции земляное полотно может проходить по новым, ранее не занятым под автомобильную дорогу участкам. Такая ситуация возникает в случае строительства обходов населенных пунктов, при увеличении радиусов горизонтальных кривых, исправлении необоснованной извилистости трассы и т. д. В этом случае технология возведения земляного полотна ничем не отличается от технологии, применяемой при новом строительстве.

При проложении дороги в существующей полосе отвода в соответствии с проектом реконструкции возникает необходимость изменения геометрических параметров земляного полотна. Приведение геометрических параметров к требуемым нормам [20] может быть достигнуто за счет его уширения. Недостатком уширения можно назвать сложность обеспечения совместной работы старого и уширенного земляного полотна.

Для уменьшения этого отрицательного эффекта при досыпке уширяемой части необходимо применять грунт, однородный грунту существующего земляного полотна, а при послойной отсыпке и уплотнении уширяемой части использовать специальные технологические приемы.

Существует два основных способа уширения земляного полотна. Оно может быть односторонним (рис. 4.4, а) или двухсторонним (рис. 4.4, б). При одностороннем (несимметричном) уширении ось существующего земляного полотна смещается в сторону. В случае уширения насыпи выполняется ее досыпка, а при уширении выемки – срезка, которые производятся с одной стороны.

К достоинствам одностороннего способа уширения можно отнести удобство проведения работ. Все технологические операции скон-

центрированы с одной стороны дороги, что облегчает работу строечной техники и создает оптимальные условия для пропуска существующего движения транспорта. Значительно сокращаются работы по переустройству коммуникаций, производимые с одной стороны.

При разработке временной схемы организации движения [12] по незадействованной в процессе уширения половине автомобильной дороги может осуществляться пропуск существующего движения транспорта.

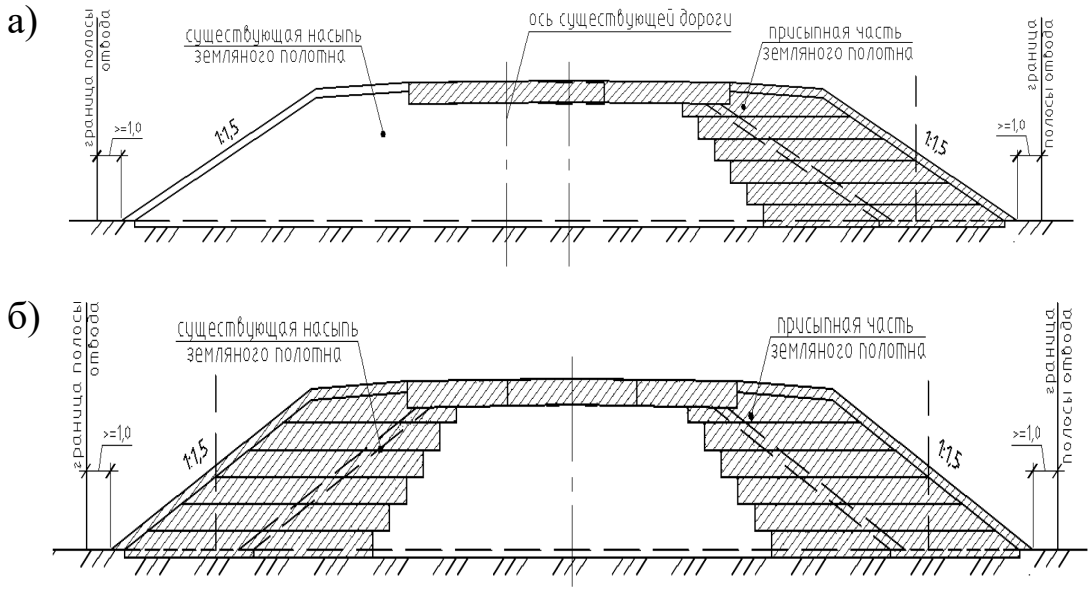


Рис. 4.4. Способы уширения существующего земляного полотна в ходе реконструкции дороги: а – одностороннее уширение; б – двухстороннее уширение

Основным недостатком одностороннего способа уширения земляного полотна следует считать смещение оси существующей насыпи, в результате чего нарушается сложившийся за время эксплуатации дороги водно-тепловой режим земляного полотна. Вновь отсыпанные полосы уширения, как правило, не удается уплотнить до состояния существующего земляного полотна, поэтому особенно в начальный период эксплуатации значительно возрастает вероятность его деформаций. Кроме того, в связи со смещением оси дороги устраиваются дополнительные выравнивающие слои дорожной одежды, приводящие к расчетным параметрам уклоны в поперечном профиле земляного полотна.

Для обеспечения качественного сопряжения уширяемой части с существующим земляным полотном необходимо предусмотреть специальные мероприятия. Наиболее простым из них представляется

рыхление откосов старой насыпи с помощью навесного рыхлителя, установленного на бульдозер или автогрейдер (рис. 4.5).

Более сложным с точки зрения технологии проведения работ, но эффективным мероприятием является нарезка уступов на откосах существующей насыпи с уширяемой стороны.

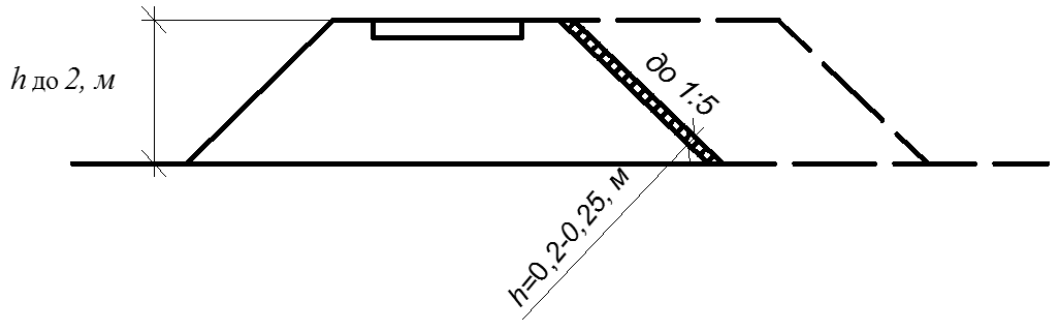


Рис. 4.5. Схема рыхления существующей насыпи

При двухстороннем (симметричном) уширении земляного полотна ось реконструированной дороги после реконструкции совпадает с осью существующей дороги, а уширение происходит в результате досыпки насыпи или срезки откосов выемки с обеих сторон.

Главное достоинство двухстороннего уширения – возможность размещения дорожной конструкции на сформировавшемся земляном полотне и прочном основании, состоящем из слоев существующей дорожной одежды. Кроме того, при этом способе сохраняются существующие поперечные уклоны, а значит, отсутствует необходимость строительства дополнительных выравнивающих слоев дорожной одежды.

Недостатки такого способа связаны с тем, что работы по уширению земляного полотна необходимо проводить с двух сторон. При этом значительно возрастает объем работ по переустройству инженерных коммуникаций, усложняется технология по реконструкции водопропускных труб, мостов и элементов обустройства дороги. Двухстороннее уширение, как правило, используется при реконструкции невысоких (до 2 м) существующих насыпей.

Перед производством работ по уширению земляного полотна непосредственно после срезки почвенно-растительного грунта требуется провести планировку прилегающей к дороге территории и нарезку водоотводных канав с целью обеспечения качественного поверхностного водоотвода на все время работ по реконструкции автомобильной дороги.

Работы по уширению невысоких насыпей, как правило, начинаются с засыпки боковых канав грунтом, родственным по составу грунтам существующего земляного полотна с коэффициентом уплотнения не ниже 1,0.

При одностороннем уширении полунасыпей-полувыемок на косогорах работы рекомендуется выполнять за счет срезки косогора и смещения оси трассы в его сторону (рис. 4.6). В этом случае удается обеспечить ненарушенность сложения грунта в уширяемой части и большую устойчивость земляного полотна в целом.

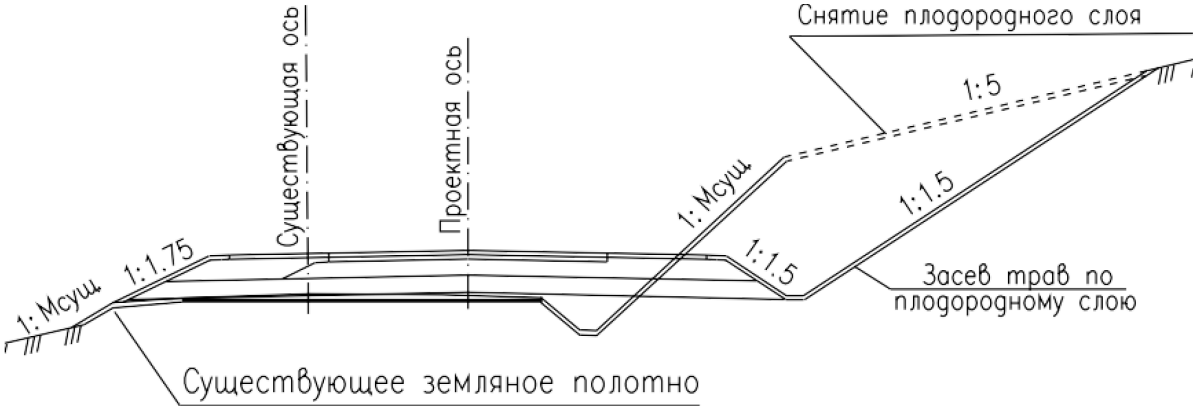


Рис. 4.6. Смещение проектной оси в сторону косогора и срезка косогора при реконструкции автомобильной дороги

При двухстороннем уширении земляного полотна, как правило, используются типовые схемы (рис. 4.7), предусматривающие выполнение рыхления или нарезку уступов на откосах уширяемой насыпи. Если ширина существующей насыпи превышает нормативные требования, целесообразно выполнить уполаживание ее откосов (рис. 4.8).

В ходе реконструкции автомобильных дорог особое внимание необходимо уделять устройству эффективной системы водоотвода с дороги и придорожной полосы. Несоблюдение нормативных требований по обеспечению водоотвода может привести к фильтрации воды в тело насыпи, ее миграции в слои дорожной одежды и вызывать их разрушение.

Работы по доведению параметров водоотводных сооружений до нормативных требований [5] выполняются на основании проведенных в ходе проектирования гидравлических расчетов с учетом фактических условий эксплуатации автомобильной дороги.

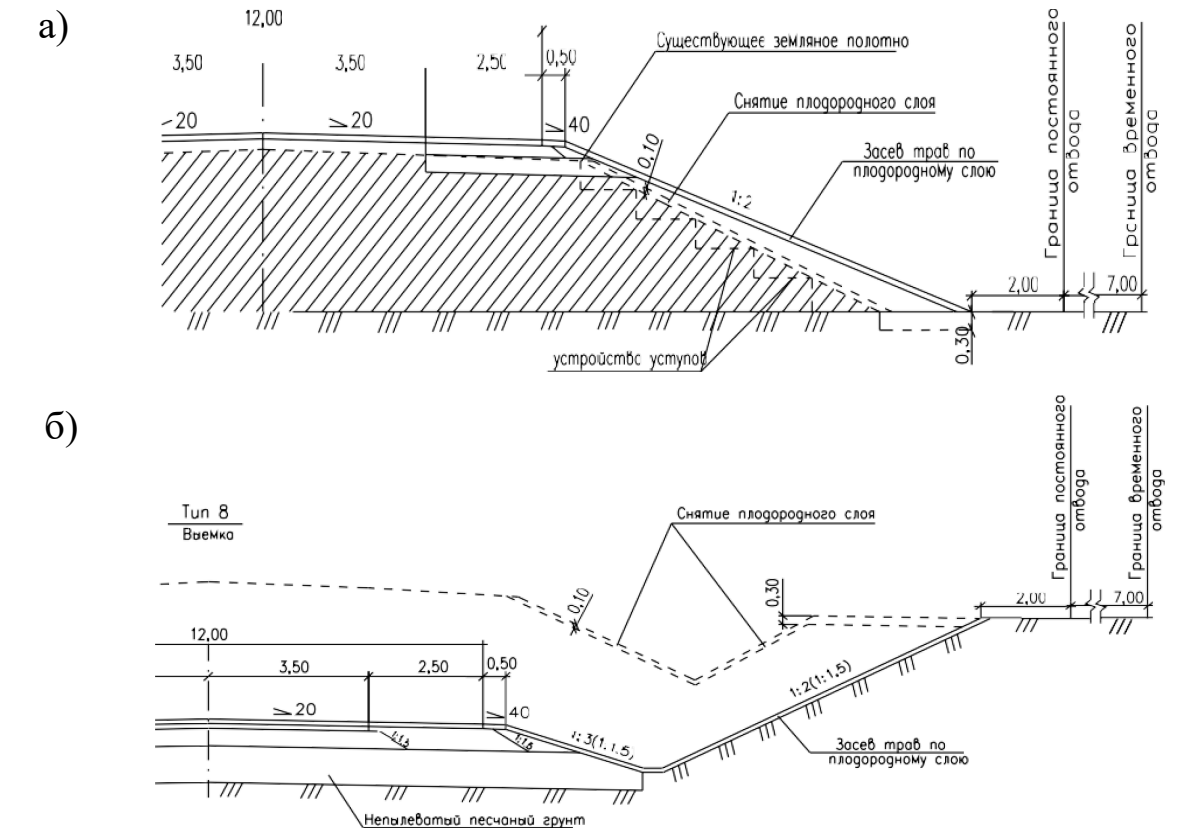


Рис. 4.7. Типовые поперечные профили автомобильной дороги при симметричном уширении земляного полотна насыпей (а) и выемок (б)

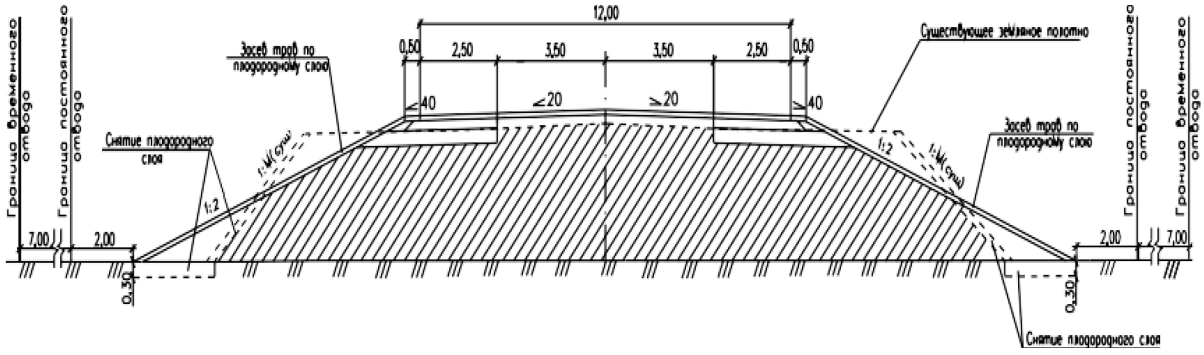


Рис. 4.8. Уполаживание откосов реконструируемой насыпи

Для минимизации ущерба от избыточного поверхностного увлажнения за счет воды, поступающей в слои дорожной одежды и земляное полотно через обочины, рекомендуется:

– устройство дренажных воронок или трубчатых дрен при уширении существующих покрытий;

– укрепление части обочин на полосе, прилегающей к покрытию,

минеральными материалами (песчано-гравийной или щебеночно-песчаной смесью), обработанными органическим вяжущим;

– укладка под проезжей частью поперечных дренажных трубок.

В случае невозможности обеспечения поверхностного водоотвода боковыми канавами осуществляются мероприятия в рамках общей мелиорации обводненных территорий.

При прохождении дороги через населенные пункты мероприятия по водоотводу необходимо предусматривать с учетом их интеграции в общегородскую водосбросную сеть с помощью поверхностных или подземных водоотводных сооружений.

5. РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

5.1. Общие положения

В ходе реконструкции автомобильной дороги вопрос о целесообразности реконструкции или полной замены расположенных на ней искусственных сооружений решается индивидуально с использованием материалов, полученных в ходе проведения предпроектных изысканий.

Наиболее распространенными искусственными сооружениями на автомобильных дорогах являются водопропускные трубы. На практике большой ассортимент труб, отличающихся по конструкции, размерам, характеристикам укреплений на входе и выходе, а также различные условия их эксплуатации приводят к разнообразным поверхностным и внутренним дефектам. Их можно сгруппировать по следующим основным признакам, перечисленным в ГОСТ 33146 – 2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Трубы дорожные водопропускные, методы контроля» [5]:

– смещение звеньев относительно друг друга на толщину стенки звена и более;

– расхождение звеньев, требующее их замены;

– расхождение звеньев с просыпкой грунта тела насыпи внутрь трубы;

– разрушение звеньев или оголовка, нарушающее сток воды.

Инженерные сооружения, находящиеся в удовлетворительном состоянии, при проведении реконструкции дороги могут быть сохранены и использованы в последующем без каких-либо изменений:

– если место пересечения водотока после реконструкции сохраняется;

– гидрологические характеристики сооружения не требуют улучшения;

– габариты и расчетная нагрузка соответствуют требованиям, предъявляемым к сооружению после реконструкции.

Давление по подошве существующих опор допускается повышать на 20 % по сравнению с максимальным давлением, имевшим место до реконструкции.

В случае если грузоподъемность или габариты мостовых сооружений не соответствуют нормативным требованиям ГОСТ 33384-2015 даже при их удовлетворительном состоянии, требуется их перестройка, усиление или реконструкция с доведением всех параметров до требований межгосударственного стандарта [6].

В обязательном порядке выполняется полная замена инженерных сооружений:

– если изменено место пересечения водотока;

– гидравлические характеристики сооружения не обеспечивают его нормальную работу;

– невозможно восстановить конструктивные параметры элементов существующего сооружения;

– проведение реконструкции на основании технико-экономических расчетов нецелесообразно.

Реконструкция инженерных сооружений проводится в составе комплекса работ, включающих реконструкцию земляного полотна и слоев дорожной одежды с обязательным проведением технико-экономического обоснования выбранного способа проведения работ.

Перед проведением реконструкции изучается проектная и исполнительная документация, а также исследуется фактическое состояние всех элементов инженерных сооружений, включая их фундаменты.

Состав и последовательность разработки проектной документации по реконструкции искусственных сооружений идентичны соответствующим документам по реконструкции дороги в целом, но имеют следующие особенности:

– проектная документация разрабатывается исключительно для конкретного инженерного сооружения;

– проводятся углубленные инженерно-геологические изыскания с построением геологического разреза, привязанного к инженерному сооружению.

Если местоположение мостового перехода в ходе реконструкции не изменяется, рекомендуется максимально использовать имеющиеся мостовые конструкции [6]. Как правило, существующие пролетные строения не могут быть использованы. В таком случае используются подходы к мосту, существующие опоры и фундаментная часть существующего моста.

5.2. Перестройка и удлинение водопропускных труб

Наиболее распространенным видом инженерных сооружений, подлежащих реконструкции, являются водопропускные трубы. В связи с увеличением ширины существующего земляного полотна и уполаживанием его откосов необходимо удлинение всех труб, выполняемое двумя возможными способами:

– полная перестройка трубы в связи с тем, что она не отвечает актуальным нормативным требованиям и не может обеспечить нормальную эксплуатацию до следующей реконструкции;

– сохранение существующей трубы с увеличением ее длины. Второй способ производится при условии, что труба находится в удовлетворительном состоянии и отвечает нормативным требованиям к дороге после реконструкции. Удлинение возможно как со стороны входного, так и со стороны выходного оголовков (рис. 5.1, 5.2.).

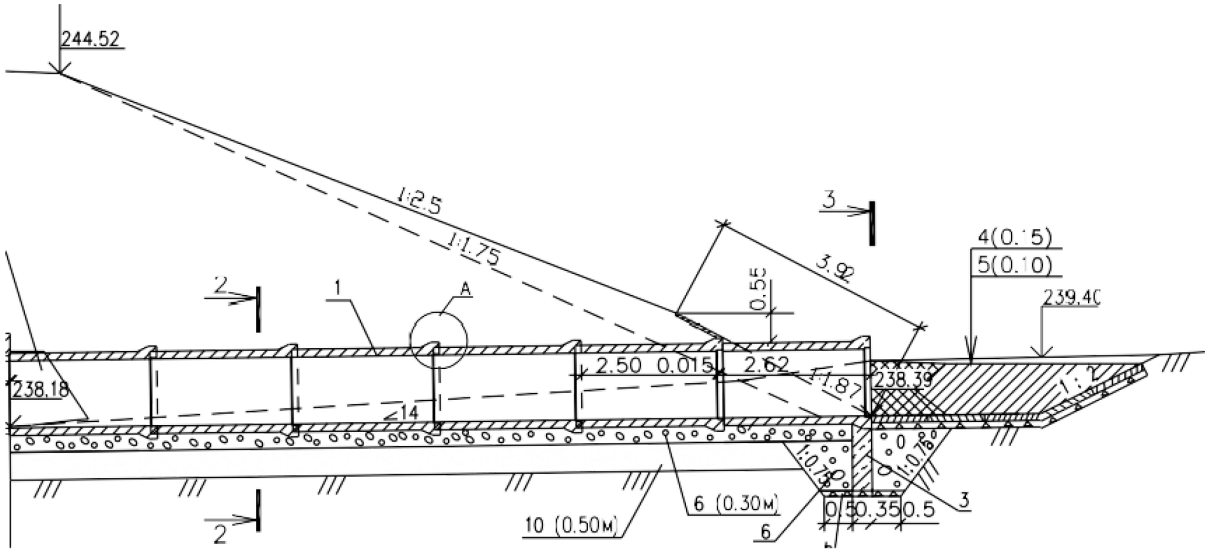


Рис. 5.1. Удлинение водопропускной трубы на входе

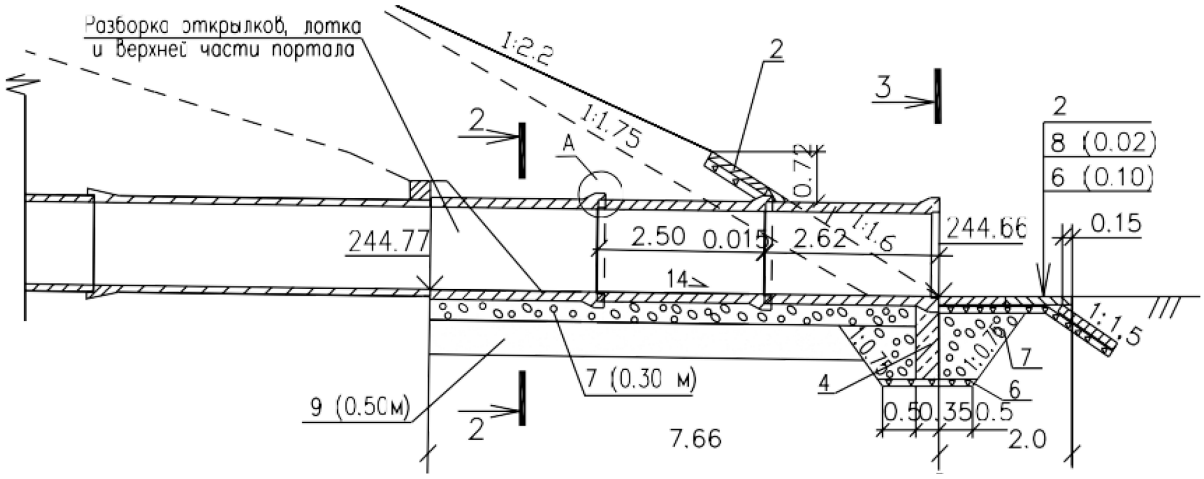


Рис. 5.2. Удлинение водопропускной трубы на выходе

При удлинении существующей трубы на выходе (рис. 5.2) для обеспечения необходимого пропуска существующего движения устраивается временная объездная дорога. В случае невозможности устройства временной объездной дороги организуется регулируемый пропуск существующего движения автомобильного транспорта по одной половине проезжей части (рис. 5.3, 5.4).

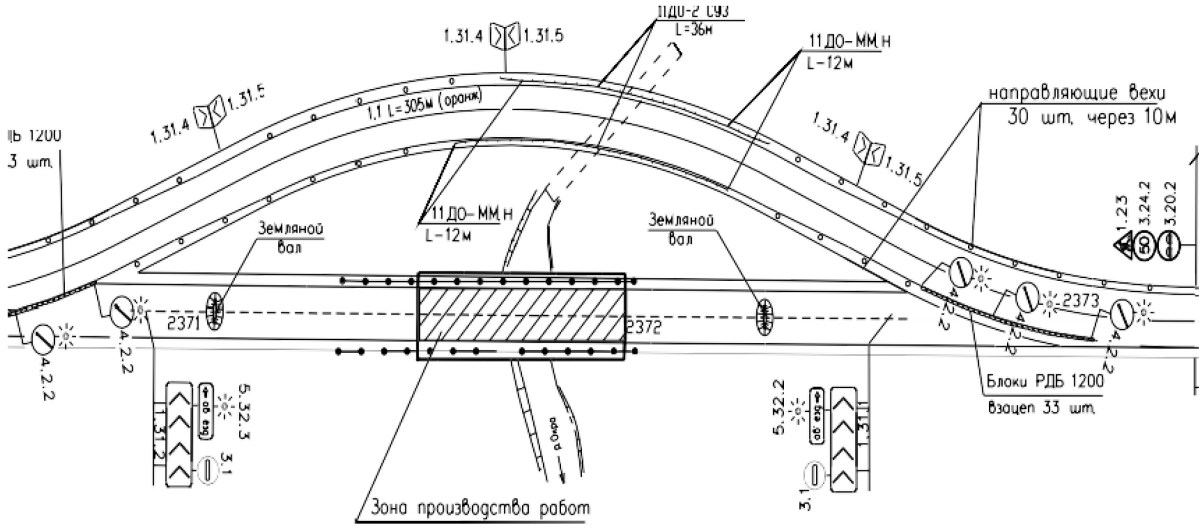


Рис. 5.3. Схема организации движения по временному объезду водопропускной трубы

В случае полного переустройства водопропускной трубы работы организуются в следующем порядке:

– установка предусмотренных проектом организации временного движения, временных дорожных знаков и временной дорожной разметки;

– разборка существующей дорожной одежды с транспортированием ее на временный склад с последующим использованием материала для устройства дорожной одежды на временной объездной дороге.

– отрывка тела существующей трубы экскаватором с устройством в котловане рабочего проезда шириной 3 м с одной стороны трубы и рабочего прохода шириной 1 м – с другой стороны. Если в период реконструкции предусматривается пропуск воды в пределах котлована, выполняется дополнительное уширение с устройством водоотводного канала.

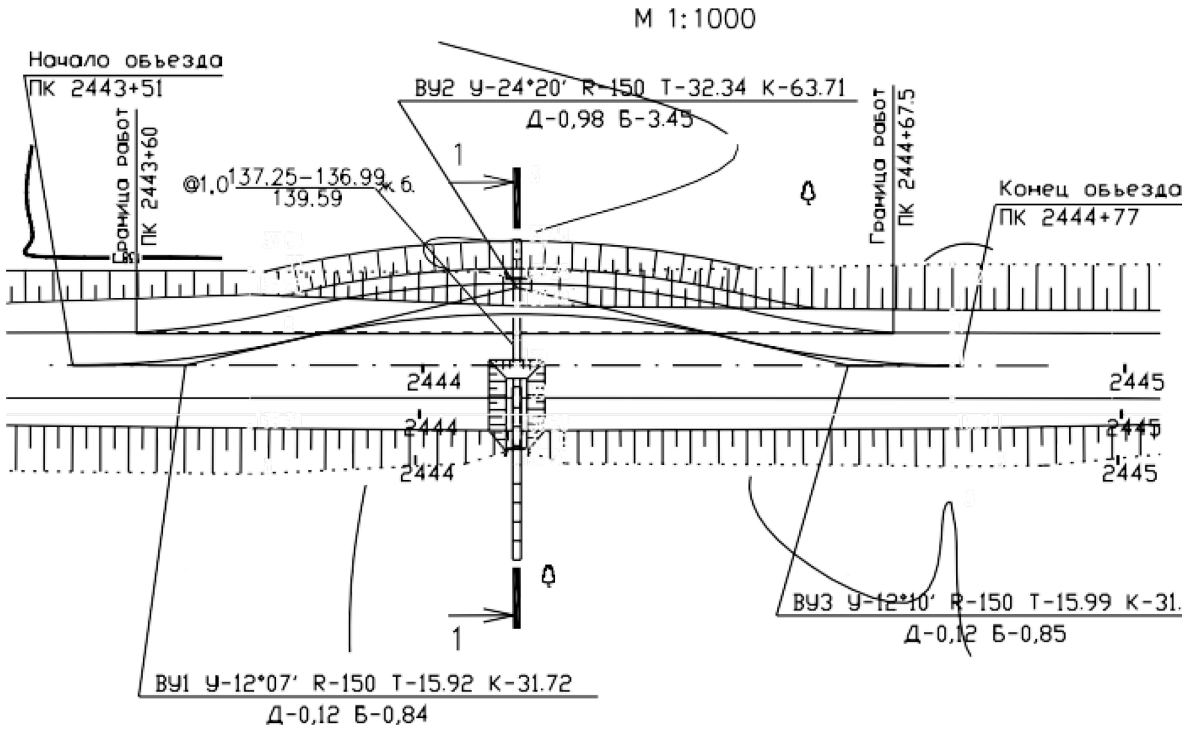


Рис. 5.4. Схема организации временного движения автотранспорта на период устройства новой круглой водопропускной трубы

При протекании воды действующего водотока через строительный котлован планируется его уширение за счет устройства временного обводного русла, параметры которого определяются гидрологическим расчетом. Для уменьшения трудозатрат и оптимизации временной схемы организации движения транспорта на время производства работ рекомендуется производить удлинение труб.

Технология удлинения водопропускных труб:

– при наличии постоянного водотока экскаватором с низовой

стороны котлована устраивается временное водоотводное русло, стенки которого укрепляются;

– удаление грунта экскаватором из русла выходного оголовка;

– разборка выходного оголовка с помощью автомобильного крана;

– откопка котлована под тело удлиняемой части трубы и выходной оголовок экскаватором;

– планировка и уплотнение дна котлована;

– устройство основания из песчано-гравийной или щебеночной смеси;

– укладка лекальных блоков под тело трубы;

– устройство выходного оголовка;

– монтаж звеньев удлиняемой части трубы;

– заделка швов;

– выполнение оклеечной и обмазочной гидроизоляции;

– устройство укрепления выходного русла трубы.

5.3. Реконструкция элементов обустройства дороги

Помимо основных работ в ходе реконструкции автомобильной дороги выполняются мероприятия по ее обустройству, включающие установку ограждений, противошумовых экранов, дорожных знаков, устройство автопавильонов, озеленение прилегающей территории и др.

При реконструкции дорог низких технических категорий необходимо стремиться максимально сохранять имеющиеся на них элементы обустройства в том случае, если они отвечают актуальным нормативным требованиям для дороги после ее реконструкции.

6. РЕКОНСТРУКЦИЯ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ И ПРИМЫКАНИЙ

6.1. Реконструкция пересечений в одном уровне

В случае повышения категории дороги в ходе реконструкции вплоть до перевода существующей дороги во II техническую категорию большая часть пересечений и примыканий сохраняется в одном уровне. Так, при пересечении дорог II категории с дорогами III – V категорий вопрос о переводе пересечения в двухуровневую развязку

рассматривается только в случае перспективной суммарной интенсивности движения на пересечении более 4 000 авт./сут. При суммарной интенсивности движения от 1000 до 4 000 авт./сут. предусматривается устройство переходно-скоростных полос с канализированием потоков.

Требования к геометрическим элементам плана и профиля при реконструкции пересечений и примыканий:

– для обеспечения видимости дороги в месте пересечения или примыкания величина продольного уклона не должна превышать 40 ‰.

– в случае невозможности устройства пересечений и примыканий на ровных участках они выполняются на вогнутых вертикальных кривых;

– для обеспечения обзорности продольный уклон второстепенной дороги на расстоянии 20 м от кромки проезжей части главной дороги не должен превышать 20 ‰;

– пересечения и примыкания рекомендуется предусматривать под углом близким к прямому (рис. 6.1);

– рекомендуется устраивать пересечения на прямолинейных участках главной дороги; сохранение пересечений на кривых участках значительно увеличивает риски ДТП;

– недопустимо сохранять пересечения на виражах главной дороги;

– необходимо обеспечивать видимость пересечения из условия обгона.

При наличии в зоне пересечения более четырех, а в зоне примыкания более трех подходов дорог следует привести сложный узел к основным простым схемам (рис. 6.2), изменяя расположение некоторых дорог. Расстояние l устанавливают из условия получения участка достаточного протяжения для автомобилей, ожидающих на второстепенной дороге, но не менее 20 м. При этом длина участков с твердыми покрытиями на подходах с каждой из местных дорог к главной должна быть не менее минимальной нормативной [16].

Приведение сложных схем к простым должно предусматривать мероприятия, предупреждающие движение автомобилей по кратчайшим направлениям с выездом в непредусмотренных местах.

При большой сложности приведения к простым схемам можно на отдельных дорогах организовать одностороннее движение.

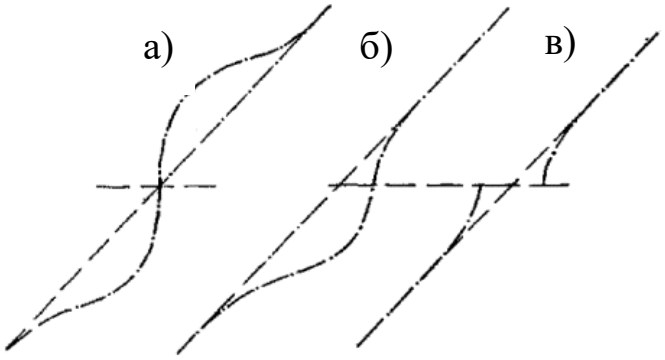


Рис. 6.1. Способы реконструкции пересечений в ходе реконструкции: а и б – рекомендуется; в – не рекомендуется

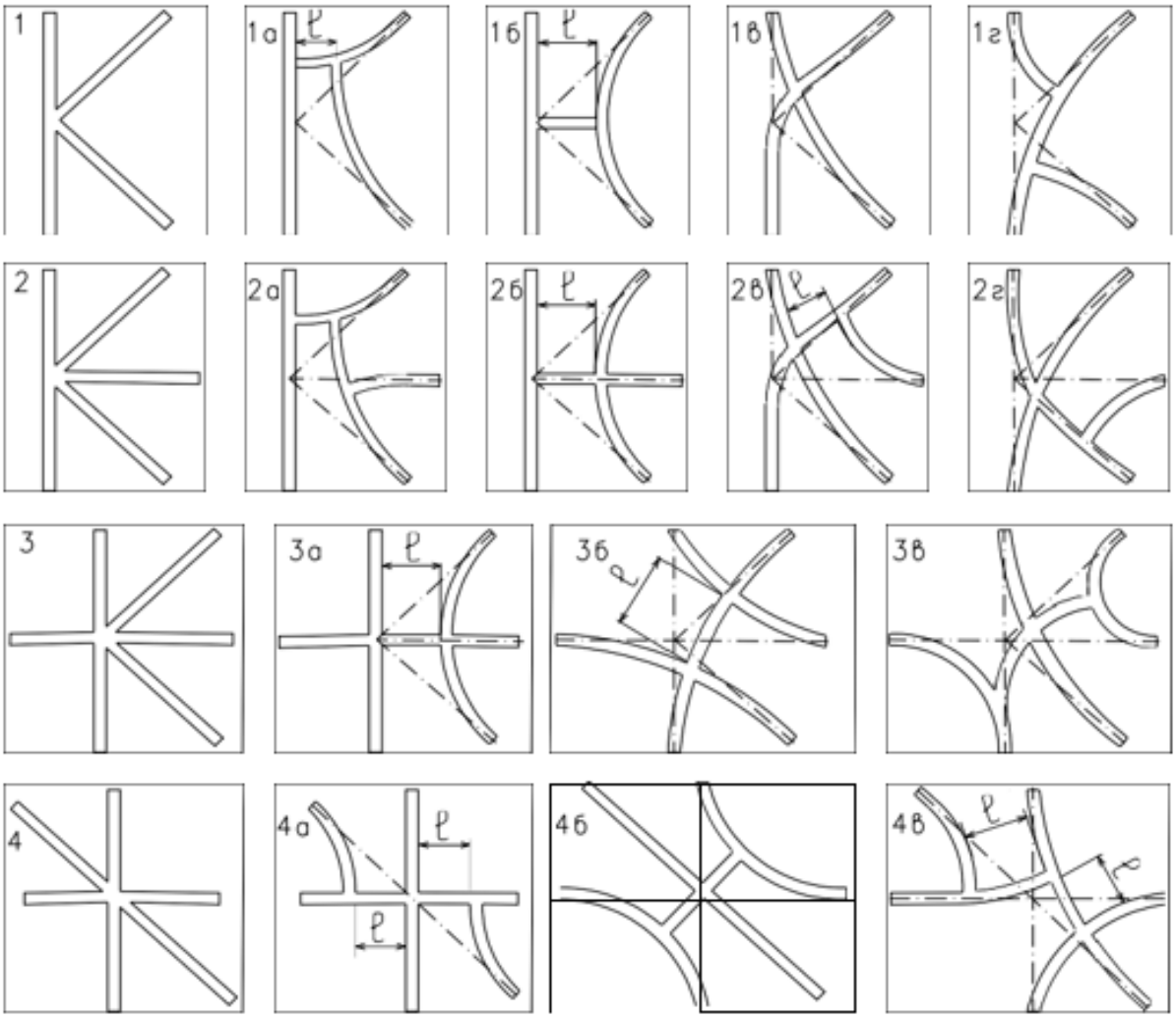


Рис. 6.2. Приведение сложных узлов (1 – 4) к простым схемам (а – г) с учетом прокладывания главной дороги

В случае перевода существующего пересечения автомобильных дорог в два смещенных относительно друг друга примыкания для устройства левого поворота предусматриваются выделенные левоповоротные полосы разгона и торможения, обеспечивающие безопасность при проведении маневра. В связи со сложностями маневрирования особое внимание при устройстве разнесенных примыканий необходимо уделять информированности водителей с помощью легкочитаемых указателей, маршрутных схем, дорожных знаков и разметки (рис. 6.3, 6.4).

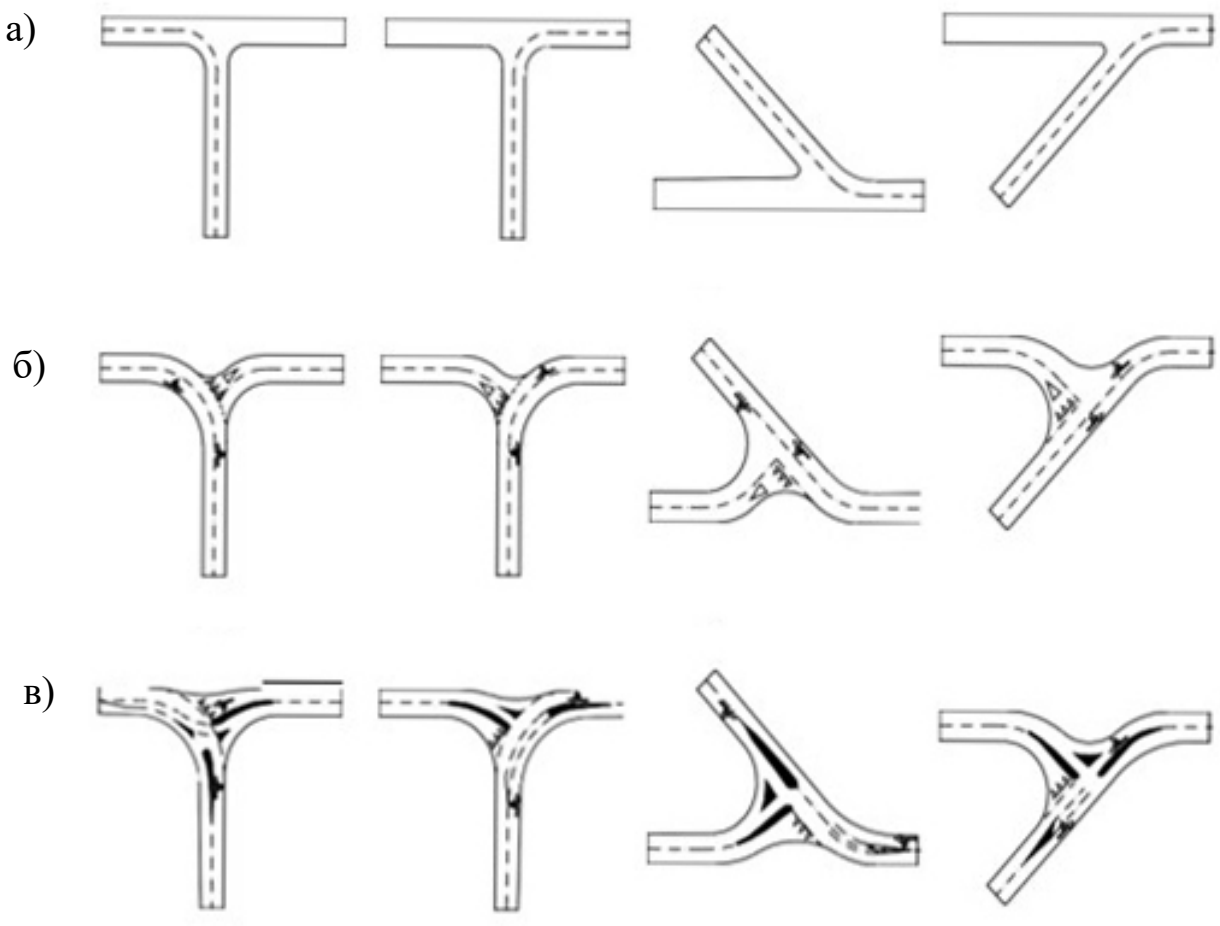


Рис. 6.3. Реконструкция примыканий с улучшением условий движения на главной дороге: а – до реконструкции; б – реконструкция без островков и переходно-скоростных полос; в – реконструкция с островками и полосой торможения для левого поворота

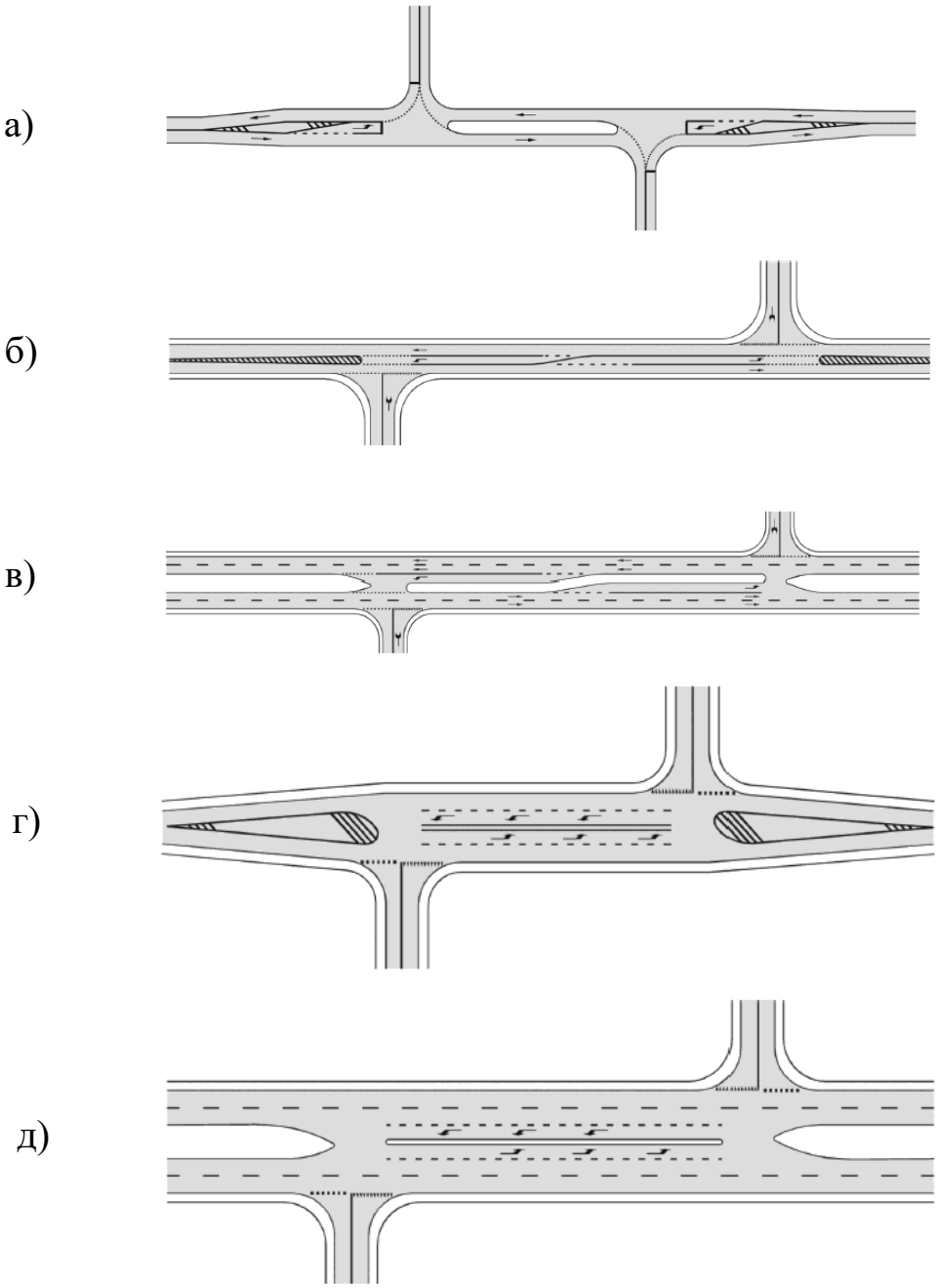


Рис. 6.4. Варианты смещения примыканий второстепенных дорог: а – левое смещенное пересечение; б – правое смещенное пересечение при отсутствии центральной разделительной полосы с последовательным расположением левоповоротных полос; в – правое смещенное пересечение при наличии центральной разделительной полосы с последовательным расположением левоповоротных полос; г – правое смещенное пересечение при отсутствии центральной разделительной полосы; д – правое смещенное пересечение при наличии центральной разделительной полосы с параллельным расположением левоповоротных полос

6.2. Реконструкция пересечений в разных уровнях

В соответствии с требованиями ПНСТ 270-2018 взаимное расположение транспортных развязок должно обеспечивать минимальное влияние въезжающего и съезжающего транспортного потока на движение транзитных транспортных средств; с этой целью транспортные развязки в разных уровнях необходимо располагать на достаточном расстоянии друг от друга [16]. Расстояния между транспортными развязками рекомендуется принимать не менее 5 000 м – на автомагистралях, 3 000 м – на скоростных автомобильных дорогах. При обосновании допускается расположение транспортных развязок на расстоянии не менее 1000 м [Там же].

Для обеспечения оптимальных условий движения транспорта на основании данных по учету параметров существующего движения выбирается оптимальный тип многоуровневой транспортной развязки. Наиболее простыми и удобными для водителей принято считать развязки, выполненные по схемам «неполный клеверный лист» (рис. 6.5), а также «разделенный ромб» (рис. 6.6).

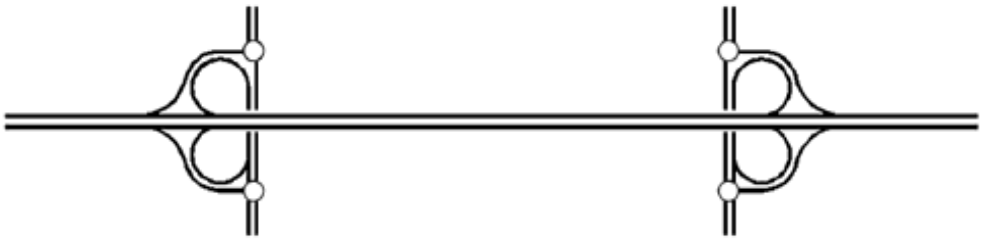


Рис. 6.5. Схема последовательного расположения транспортных развязок «неполный клеверный лист»

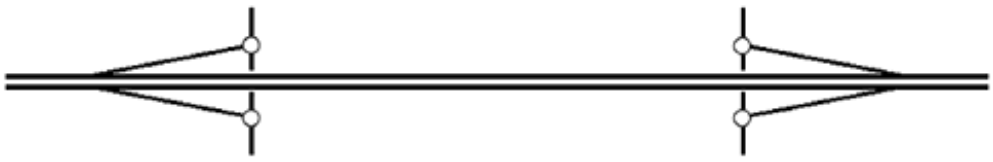


Рис. 6.6. Схема последовательного расположения транспортных развязок «разделенный ромб»

В сложных условиях при невозможности обеспечения минимально допустимого расстояния 1000 м между транспортными развязками их необходимо объединять посредством устройства общих участков

переплетения [16]. Они могут быть организованы на основном направлении движения (рис. 6.7, а) или входить в состав транспортных развязок (рис. 6.7, б). Длина этих участков определяется в зависимости от расчетной скорости и интенсивности движения по ним в соответствии с табл. 6.1.

Таблица 6.1. Длина участков переплетения транспортных потоков

Расчетная скорость движения *V*, км/ч	Длина зоны переплетения, м	Расчетная скорость движения *V*, км/ч	Длина зоны переплетения, м	Расчетная скорость движения *V*, км/ч	Длина зоны переплетения, м
150	900	120	450	100	350

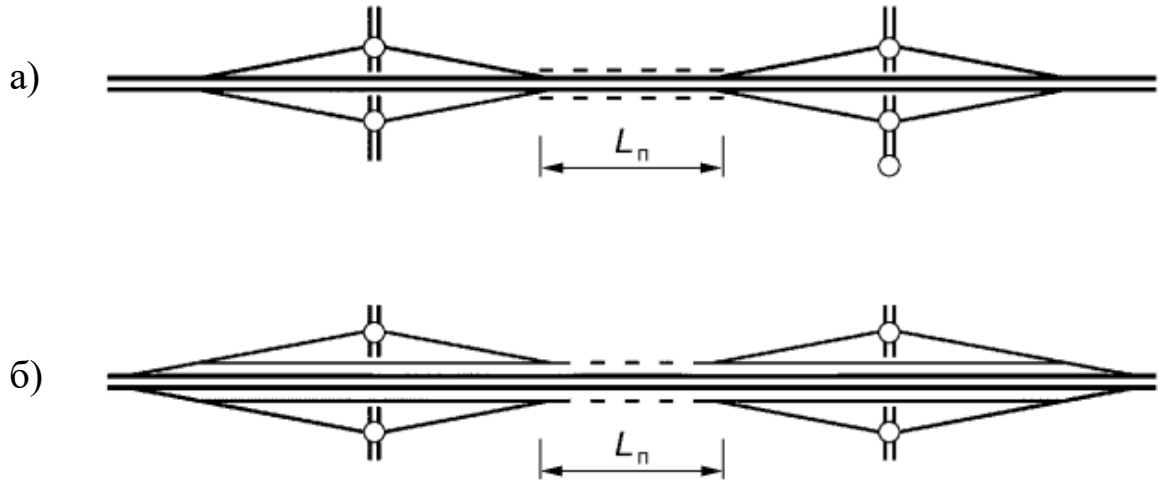


Рис. 6.7. Схема расположения общих участков переплетения: а – на основном направлении; б – в составе распределительных проезжих частей; $L_п$ – длина участка переплетения

Если интенсивность движения не позволяет организовать участок переплетения достаточной длины, может быть использовано планировочное решение с пересекающимися съездами, которое приводит к минимально возможному расстоянию между транспортными развязками [16].

При таком решении транспортные потоки пересекаются на разных уровнях посредством устройства путепровода (рис. 6.8) [Там же].

Оптимальная схема многоуровневой транспортной развязки выбирается с использованием типовых решений [Там же].

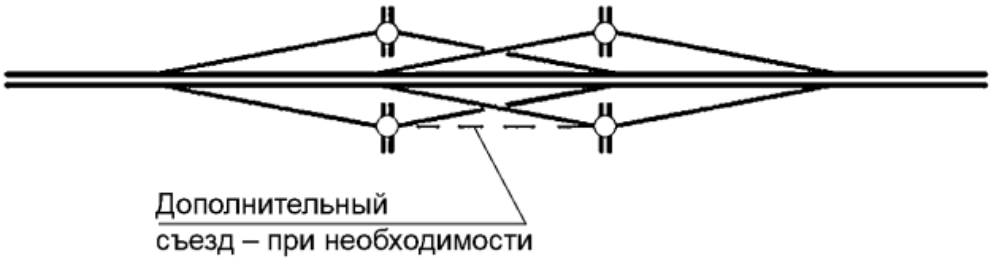


Рис. 6.8. Схема планировочного решения с пересекающимися съездами

6.3. Пересечение автомобильных дорог с железными дорогами

В ходе реконструкции повышенное внимание уделяется соответствию параметров автомобильных дорог нормативным требованиям пересечений с железными дорогами. Способ пересечения определяется характеристиками как автомобильной, так и железной дороги на основании СП 227.1326000.2014 «Пересечения железнодорожных линий с линиями транспорта и инженерными сетями» [23].

При определении местоположения и конструкции каждого пересечения необходимо руководствоваться технико-экономическим обоснованием, в котором рассматриваются альтернативные варианты. Пересечения железнодорожных путей с магистральными дорогами городских и сельских поселений и магистральными улицами общегородского значения по СП 42.13330.2016 [24], а также с автомобильными дорогами I, II и III категорий по СП 34.13330.2021 [20] следует проектировать в разных уровнях.

Кроме того, пересечения в разных уровнях предусматриваются:

– если реконструируемая автомобильная дорога или улица пересекает три и более главных железнодорожных пути;

– в месте пересечения может быть реализована скорость движения пассажирских поездов более 120 км/ч или интенсивность движения составляет более 100 поездов в сутки;

– железнодорожный путь проложен в выемке, а также в случае, когда на подъезде к железнодорожному переезду не может быть обеспечена видимость для водителя автомобиля, находящегося от железнодорожного переезда на расстоянии приближающегося к железнодорожному переезду поезда не менее чем за 400 м, а машинист приближающегося поезда мог видеть середину железнодорожного переезда на расстоянии не менее 1000 м [Там же], (табл. 6.2).

Таблица 6.2. Расстояния видимости

Расчетная скорость движения автомобиля, км/ч	Наименьшее расстояние видимости для остановки автомобиля, м
80	150
60	85
50	75
40	55
30	45

Примечание. Наименьшее расстояние видимости для остановки должно обеспечивать видимость любых предметов, имеющих высоту 0,2 м и более, находящихся на середине полосы движения, с высоты глаз водителя автомобиля, равной 1,2 м от поверхности проезжей части.

Железнодорожные переезды рекомендуется проектировать на прямых участках железнодорожного пути и автомобильных дорог. В ходе реконструкции необходимо обеспечить пересечение с железнодорожными путями под углом 90°. Подходы к переезду должны быть выполнены так, чтобы на протяжении не менее 10 м от крайнего рельса дорога имела горизонтальную площадку. Перед площадкой на протяжении не менее 50 м продольный уклон дороги не должен превышать 30 ‰.

Автомобильные дороги на подходах к железнодорожному переезду на протяжении не менее 10 м от головки крайнего рельса (исключая настил железнодорожного переезда) в обе стороны должны иметь жесткую дорожную одежду, отвечающую требованиям СП 34.13330.2021 [20]. Ширина проезжей части железнодорожного переезда должна быть равной ширине проезжей части автомобильной дороги, но не менее 6 м.

Габариты путепроводов через железнодорожные пути назначаются в зависимости от категории автомобильной дороги, определенной на перспективу 20 лет. На подходах к путепроводам через железные дороги с двух сторон проезжей части устраиваются раздельные или совмещенные пешеходные и велосипедные дорожки. Минимальная длина дорожек должна быть равна расстоянию от путепровода до начала развития насыпи подходов к путепроводу.

7. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ В ХОДЕ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Организация производства работ в ходе реконструкции автомобильных дорог имеет существенные отличия от организации работ при новом строительстве.

К важнейшим отличиям относятся:

– организация пропуска существующего движения транспорта в период производства работ;

– необходимость использования нетиповых дорожных машин и средств механизации;

– применение индивидуальных технологических решений в ходе производства работ.

Указанные особенности в значительной мере усложняют технологию производства работ, а также увеличивают сроки их производства и стоимость.

Организация работ возможна несколькими способами:

1. Работы по реконструкции автомобильной дороги могут выполняться силами одной дорожно-строительной организации (в рамках генерального подряда). Работы в этом случае проводятся одним комплексным механизированным потоком. Мероприятия по организации пропуска движения транспортного потока осуществляются организациями, обслуживающими дорогу. Данный способ актуален при относительно небольших объемах работ, выполняемых в течение 2 – 3 лет.

2. В случае реконструкции протяженных дорог высоких технических категорий в связи с большим объемом работ, проводимых одной подрядной организацией в течение нескольких лет, целесообразно разбивать работы на несколько отдельных участков (пусковых комплексов).

3. При недостаточном объеме финансирования и ограниченных материально-технических ресурсах возможно поэтапное (стадийное) проведение реконструкции, выполняемое средствами дорожно-эксплуатационных организаций. В этом случае работы начинаются с наиболее неблагоприятных с точки зрения состояния автомобильной дороги и организации движения участков.

Способ организации работ по реконструкции автомобильной дороги выбирается на основании сравнения экономической эффективности с учетом условий производства работ, наличия необходимой технической базы и людских ресурсов в подрядных организациях.

В проектах организации работ учитываются потребности транспорта и необходимость создания благоприятных условий для производства работ дорожно-строительными организациями. При любом варианте организации работ необходимо предусматривать мероприятия по повышению производительности труда и снижению себестоимости реконструкции.

Для снижения необоснованных затрат на передислокацию необходимо:

– обеспечивать максимальную загрузку дорожно-строительной техники и рабочих ресурсов на участках работ в течение всего строительного сезона;

– проводить передислокацию в периоды, когда основные работы не выполняются (зима);

– проводить подготовительные работы на следующем по очередности участке работ в конце строительного сезона по завершении работ на предыдущем участке.

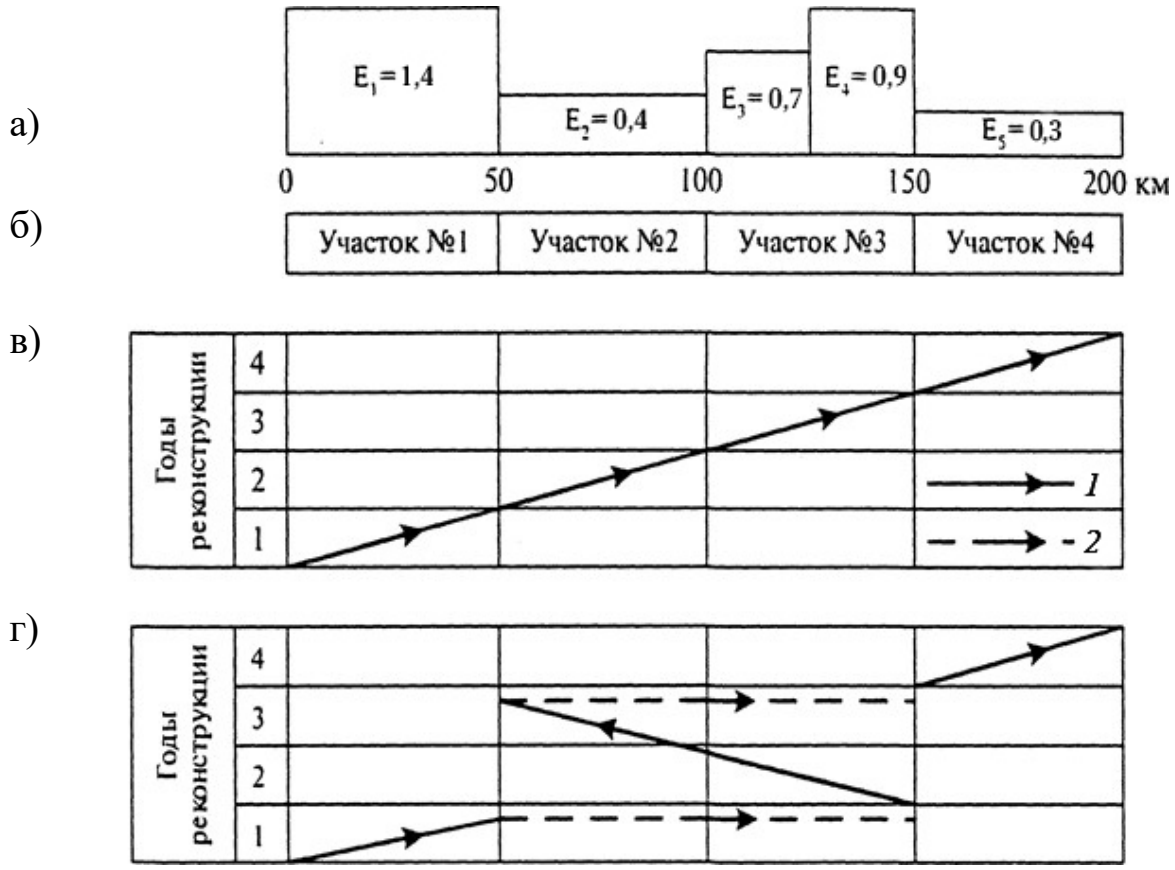
Однако не везде можно полностью соблюдать подобную схему организации работ.

8. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

При выборе схемы организации работ по реконструкции автомобильной дороги следует анализировать расходы подрядной организации, обусловленные необходимостью передислокации на отдельные участки, и экономический эффект от ускоренного приведения наиболее проблемных участков дороги к нормативному. Необходимо учитывать только передислокации, не относящиеся к общему комплексному потоку. Дополнительно учитываются транспортные и командировочные расходы, связанные с передислокацией.

В качестве примера определения экономической эффективности реконструкции дороги можно рассмотреть два варианта организации работ: разбивка всей дороги на пять участков по различной экономической эффективности реконструкции (рисунок, а); разбивка дороги на четыре годовых участка в соответствии с объемами работ, которые может выполнить строительная организация в течение года (рисунок, б). В принятой организации работ сохранена разбивка на четыре годовых участка, но очередность работ в основном увязана с эпюрой эффективности

реконструкции (рисунок, г). При этом возникает необходимость дополнительной передислокации всего комплексного потока на расстояние 100 км дважды – в конце первого года строительства и в конце третьего.



Варианты организации комплексного потока, учитывающие и не учитывающие экономическую эффективность реконструкции дороги: а – эпюра экономической эффективности реконструкции (в условных единицах); б – разбивка на участки пропорционально годовым объемам работ; в – схема комплексного потока, действующего в одном направлении (вариант 1); г – схема комплексного потока, направление которого определяется экономической эффективностью реконструкции отдельных участков (вариант 2); 1 – направление действующего потока; 2 – направление передислокации дорожно-строительных подразделений

Важно учитывать, что изменение скоростного режима, себестоимости перевозок и количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в период реконструкции автомобильной дороги зависит от выбранной схемы организации работ.

При выполнении работ одним потоком от города N к городу М на первом по порядку участке выгоды реконструкции реализуются в течение трех лет, на втором – в течение двух лет, а на третьем – в течение

одного года. По второму варианту выгоды реконструкции реализуются на втором участке в течение одного года, на третьем – в течение двух лет.

Экономический эффект, выражающийся в снижении себестоимости перевозок, уменьшении количества ДТП и прочего, за счет принятия более рациональной схемы организации реконструкции дороги [18] будет равен

$$_{\Delta}\sum Э = {}_{\Delta}\sum Э_1 - {}_{\Delta}\sum Э_2 ,$$

где $\sum Э_1$ и $\sum Э_2$ – суммарный экономический эффект за период производства работ благодаря ежегодному вводу в эксплуатацию законченных участков дороги соответственно для вариантов 1 и 2 организации реконструкции.

Передислокация будет экономически оправдана, если

$$_{\Delta}\sum Э \geq \sum С_{п.к.п} ,$$

где $\sum С_{п.к.п.}$ – сумма всех расходов на передислокацию комплексного потока.

При окончательном решении необходимо анализировать структуру сумм получаемой экономии. В общем случае ее величина, вычисленная по основным показателям, равна:

$$\sum Э = Э_v \, Э_п ,$$

где $Э_v$ – экономический эффект от снижения себестоимости перевозок грузов в результате повышения скорости движения;

$Э_п$ экономический эффект от уменьшения количества ДТП.

Таким образом, методы оценки технико-экономической эффективности реконструкции автомобильной дороги основываются на комплексе показателей, учитывающих изменение размеров текущих расходов в зависимости от скорости движения потоков автомобилей и обеспечения безопасности движения [7].

ТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Общие понятия о реконструкции автомобильных дорог.
2. Основные виды и способы реконструкции дорог.
3. Выбор эффективных способов реконструкции автомобильных дорог.
4. Согласование мероприятий по реконструкции автомобильной дороги.

5. Определение очередности мест проведения работ по реконструкции автомобильных дорог.

6. Эффективность капиталовложений в реконструкцию дорог.

7. Связь вопроса о необходимости реконструкции автомобильной дороги или сети дорог с экономическими характеристиками района тяготения.

8. Выбор оптимального направления реконструируемой трассы.

9. Состав проектно-изыскательских работ при реконструкции автомобильных дорог.

10. Виды и особенности проведения изыскательских работ, предшествующих разработке проекта реконструкции автомобильных дорог.

11. Состав и особенности проведения проектных работ для разработки проекта реконструкции дорог.

12. Реконструкция автомобильных дорог, проходящих через населенные пункты.

13. Схемы реконструкции автомобильных дорог, проходящих через населенные пункты при малой и большой ширине улиц.

14. Обходы населенных пунктов при реконструкции автомобильных дорог.

15. Мероприятия по выравниванию скоростей транспорта при реконструкции автомобильных дорог.

16. Способы реконструкции кривых в плане автомобильной дороги.

17. Способы исправления продольного профиля при реконструкции автомобильных дорог.

18. Технология производства работ при одно- и двухстороннем уширении земляного полотна.

19. Технология проведения работ по уплотнению уширяемых элементов земляного полотна.

20. Укрепление обочин в ходе реконструкции автомобильных дорог.

21. Технология производства работ по реконструкции дорожных одежд.

22. Реконструкция оснований дорожных одежд из каменных материалов, не обработанных вяжущими.

23. Реконструкция оснований дорожных одежд из каменных материалов, обработанных органическими, неорганическими или комплексными вяжущими.

24. Реконструкция асфальтобетонных покрытий.

25. Реконструкция цементобетонных покрытий с повышением их шероховатости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предусмотренное учебным пособием комплексное изучение вопросов применения современных приемов по проектированию и технологии производства работ, выполняемых в ходе реконструкции автомобильных дорог и расположенных на них инженерных сооружений, формирует необходимые знания для инженерной подготовки будущих бакалавров.

Актуальные задачи современного дорожно-строительного комплекса – внедрение прогрессивных проектных решений и повышение технологической гибкости производства в ходе выполнения работ по реконструкции автомобильных дорог и расположенных на них инженерных сооружений. Для их решения необходимы системные экологические, экономические и технические знания в области научно-технического прогресса.

Проектные и технологические процессы по реконструкции автомобильных дорог проводятся с учетом современных нормативных требований, с применением актуальных дорожно-строительных машин, механизмов и приборов для контроля качества выполненных работ.

В пособии систематизированы сведения об этих документах, машинах и механизмах, составлены рекомендации по технологии их применения в различных условиях, указаны базовые параметры расчетов технико-экономической эффективности мероприятий по реконструкции автомобильных дорог и расположенных на них инженерных сооружений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 33388-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению диагностики и паспортизации. – М. : Стандартинформ, 2016. – 16 с.
2. ГОСТ Р 59120-2021. Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Общие требования. – М. : Стандартинформ, 2021. – 22 с.
3. ГОСТ Р 50597-2017. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля. – М. : Стандартинформ, 2017. – 28 с.
4. ГОСТ Р 58653-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Пересечения и примыкания. Технические требования. – М. : Стандартинформ, 2019. – 55 с.
5. ГОСТ 33146-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Трубы дорожные водопропускные, методы контроля. – М. : Стандартинформ, 2016. – 37 с.
6. ГОСТ 33384-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование мостовых сооружений. Общие требования – М. : Стандартинформ, 2015. – 20 с.
7. Еремин, А. В. Изыскания автомобильных дорог на стадии разработки проекта реконструкции : учеб. пособие / А. В. Еремин, О. А. Волокитина, В. П. Волокитин. – Воронеж : Изд-во ВГТУ, 2021. – 96 с.
8. ОДМ 218.2.101–2019. Методические рекомендации по проектированию элементов плана, продольного и поперечного профиля автомобильных дорог. – М. : Информавтодор, 2023. – 120 с.
9. ОДМ 218.4.039-2018. Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог (взамен ОДН 218.0.006 – 2002). – М. : Информавтодор, 2018. – 60 с.
10. ОДМ 218.5.007-2016. Методические рекомендации по определению модуля упругости статическим штампом. – М. : Информавтодор, 2016. – 24 с.
11. ОДМ 218.11.006-2021. Методические рекомендации по оценке эффективности использования в дорожном хозяйстве инноваций и достижений научно-технического прогресса. – М. : Информавтодор, 2021. – 47 с.
12. ОДМ 218.6.019-2016. Рекомендации по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ. – М. : Информавтодор, 2016. – 66 с.

13. Приказ Министерства транспорта РФ от 30 июля 2020 г. № 274 «Об утверждении Правил подготовки документации по организации дорожного движения» (с изм. и доп.). – М. : Минтранс России, 2021. – 26 с.

14. Булдаков, С. И. Особенности проектирования автомобильных дорог : учеб. пособие / С. И. Булдаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. – 271 с.

15. Лазарев, Ю. Г. Реконструкция автомобильных дорог : учеб. пособие / Ю. Г. Лазарев, Г. И. Собко. – СПб. : СПбГАСУ, 2013. – 93 с.

16. ПНСТ 270-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Транспортные развязки. Правила проектирования. – М. : Стандартинформ, 2018. – 20 с.

17. Реконструкция автомобильных дорог. Технология и организация работ : учеб. пособие / А. П. Васильев [и др]. – М. : МАДИ, 1998. – 125 с.

18. Петрович, П. П. Реконструкция дорожных одежд автомобильных дорог : учеб.-метод. пособие / П. П. Петрович. – М. : МАДИ, 2021. – 154 с.

19. Свод правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог и транспортных пересечений. Ч. 1. Свод правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог 2013. – М. : Информавтодор, 2021. – 270 с.

20. СП 34.13330.2021. Автомобильные дороги. – М. : Кодекс, 2021. – 94 с.

21. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. – М. : Кодекс, 2020. – 122 с.

22. СП 126.13330.2017. Геодезические работы в строительстве. – М. : Кодекс, 2018. – 72 с.

23. СП 227.1326000.2014. Пересечения железнодорожных линий с линиями транспорта и инженерными сетями. – М. : Кодекс, 2015. – 62 с.

24. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция. – М. : Кодекс, 2016. – 125 с.

25. Федеральный закон № 257 «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [принят Гос. Думой 18 окт. 2007 г. : одобр. Советом Федерации 26 окт. 2007 г.] – М. : Кремль, 2016. – 80 с.

Учебное электронное издание

ВИХРЕВ Александр Владимирович
ПРОВАТОРОВА Галина Владимировна

РЕКОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Учебное пособие

Редактор А. П. Володина
Технический редактор Ш. Ш. Амирсейидов, Н. В. Пустовойтова
Корректор О. В. Балашова
Компьютерная верстка Д. В. Лавровой
Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Системные требования: Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10; Adobe Reader; дисковод CD-ROM.

Тираж 9 экз.

Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
Изд-во ВлГУ
rio.vlgu@yandex.ru

Институт архитектуры, строительства и энергетики
кафедра автомобильных дорог
user1268@gmail.com