

А. В. Еремин, О. А. Волокитина, В. П. Волокитин

**ИЗЫСКАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
НА СТАДИИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА
РЕКОНСТРУКЦИИ**

Учебное пособие



Воронеж 2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

А. В. ЕРЕМИН, О. А. ВОЛОКИТИНА, В. П. ВОЛОКИТИН

**ИЗЫСКАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
НА СТАДИИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА
РЕКОНСТРУКЦИИ**

Учебное пособие

Воронеж 2021

УДК 625.7.004.68(07)

ББК 39.311я7

Е70

Рецензенты:

*кафедра изыскания и проектирования аэродромов ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж);
Н. И. Паневин, канд. техн. наук, директор ООО «Автодорис» (г. Воронеж)*

Изыскания автомобильных дорог на стадии разработки проекта реконструкции: учебное пособие / А. В. Еремин, О. А. Волокитина, В. П. Волокитин; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». – Воронеж, Изд-во ВГТУ, 2021. – 96 с.

ISBN 978-5-7731-0972-3

Учебное пособие содержит основные понятия, определения, теоретические положения и принципы разработки проекта реконструкции автомобильных дорог.

Издание предназначено для обучающихся по направлениям подготовки 08.03.01 «Строительство» (профиль «Автомобильные дороги»), 08.04.01 «Строительство» (программа «Современные технологии проектирования автомобильных дорог и мостов») и по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» (специализация «Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений») при курсовом проектировании, выполнении выпускной квалификационной работы, для самостоятельной и научной работы.

Ил. 51. Табл. 9. Библиогр.: 40 назв.

УДК 625.7.004.68(07)

ББК 39.311я7

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ISBN 978-5-7731-0972-3

© Еремин А. В., Волокитина О. А.,
Волокитин В. П., 2021

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет», 2021

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильные дороги имеют стратегическое значение для Российской Федерации, поэтому надежность работы всего комплекса, входящего в понятие автомобильной дороги как инженерного сооружения, зависит в случае нарушения работы от своевременного принятия решения о проведении ремонта или реконструкции.

В учебном пособии «Изыскания автомобильных дорог на стадии разработки проекта реконструкции» приведена краткая историческая справка развития сети автомобильных дорог на территории России, рассмотрены положения теоретического курса по оценке проектных решений методом коэффициентов безопасности и аварийности, представлены аспекты использования систем автоматизированного проектирования при решении поставленных задач. Имеются ссылки на действующие нормативные документы.

Учебное пособие соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов по направлениям подготовки 08.03.01 «Строительство» (профиль «Автомобильные дороги»); 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» (специализация «Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений»), 08.04.01 «Строительство» (программа «Современные технологии проектирования автомобильных дорог и мостов») и предназначено для студентов, изучающих дисциплины «Основы проектирования дорог», «Автомобильные дороги и технологии их строительства», «Автомобильные дороги и мосты», «Введение в специальность», «Геометрическое моделирование», «Изыскания и проектирование автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений», «Тенденции развития автомагистралей по территории Российской Федерации», «Современные технологии изысканий и проектирования транспортных сооружений», «Концептуальное проектирование транспортных сооружений на стадии предпроекта», «Пространственное моделирование транспортных сооружений», «Современные технологии пространственного моделирования транспортных сооружений», «Проектная деятельность». Может использоваться при курсовом проектировании, выполнении выпускной квалификационной работы, для самостоятельной и научной работы.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

1.1. Состояние дорожной сети Российской Федерации

Существующая в настоящее время дорожная сеть Российской Федерации сложилась в основном за послевоенные годы. Развитие автомобильного транспорта и рост автомобильных перевозок заставил резко повысить темпы строительства автомобильных дорог. Протяженность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием в России по состоянию на 1970 год составляла 209,7 тыс. км; на 1980 г. – 332 тыс. км; на 1990 г. – 399 тыс. км; на 1995 г. – 439,9 тыс. км; на 2002 г. – 537,3 тыс. км; на 2013 – 984 тыс. км. На момент 2018 года Россия занимает 5-ое место по общей длине дорог в мире (рис 1.1).



Рис. 1.1. Протяженность сети автомобильных дорог в различных странах

Так же значительно возросла плотность дорожной сети с твердым покрытием на 1000 км² (рис 1.2). Однако по качеству дорог, на общем мировом уровне Россия занимает 99-ое место.



Рис. 1.2. Плотность автомобильных дорог в различных странах [38]

Из общего количества автомобильных дорог с твердым покрытием, свыше 70 % автомобильных дорог относятся к дорогам низших технических категорий, то есть V и IV [13].

Помимо этого, автомобильные дороги, построенные до 1970 года, были запроектированы по старым нормам 1968 года, и не соответствуют, в настоящее время новым стандартам. Нормативы конца 60-х годов предусматривали: меньший радиус горизонтальных кривых, большие продольные уклоны, меньшие нагрузки на ось, соответственно меньшую прочность дорожной одежды и отсутствие укрепительных полос обочин. В то же время автодороги, построенные в 1970 годах, проектировались на перспективную интенсивность 20 лет и к настоящему времени выработали свои ресурсы.

Так же за последние годы изменились нормы проектирования автодорожных мостов в сторону увеличения габарита и расчетной нагрузки на ось. Большинство автодорожных мостов и путепроводов, построенных до 1970 года, не отвечают современным требованиям по габариту проезжей части, в результате износа из-за многочисленных дефектов некоторые требуют усиления. В течение последних 5 лет за год разрушились или закрылись для движения в России около 600 мостов. Такое состояние дорожной сети приводит к увеличению числа дорожно-транспортных происшествий.

Наряду с вышесказанным, в настоящее время отмечаются изменения в структуре грузовых перевозок по территории Российской Федерации. Произошло перераспределение объема перевозок в сторону автомобильного транспорта, который обладает большей мобильностью, гибкостью и может непосредственно контролироваться пользователем.

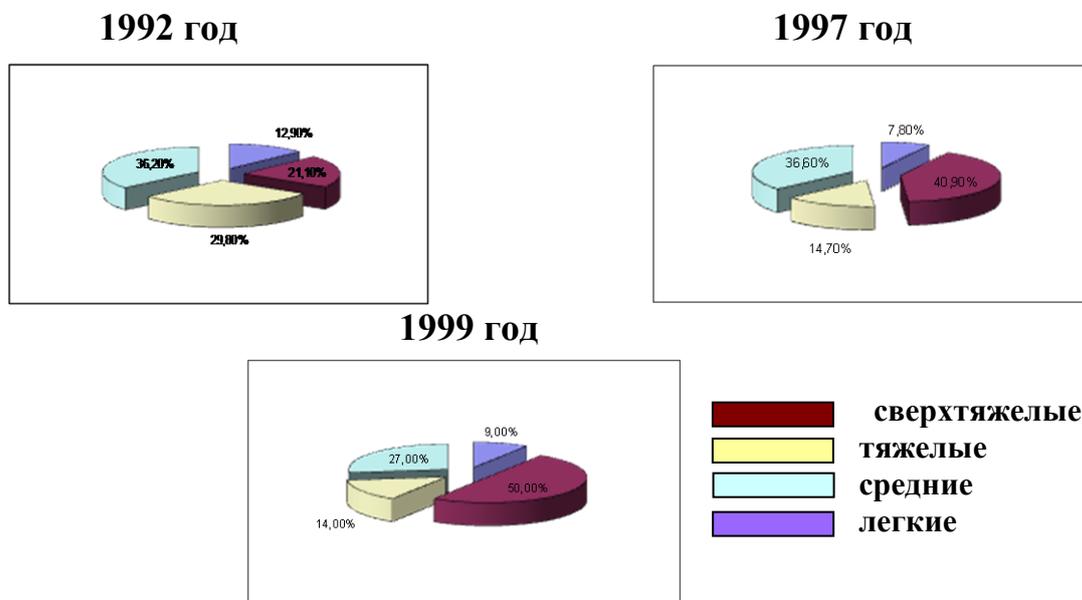


Рис. 1.3. Структура грузового движения на Федеральных автомобильных дорогах общего пользования в период 1992 – 1999 годов

Рассматривая структуру грузового движения на Федеральных автомобильных дорогах в период с 1992 по 1999 годы, можно отметить увеличение объема сверх тяжелых автомобилей в общем объеме транспортного потока (рис. 1.3).

Эта тенденция будет продолжаться и в дальнейшем. Вследствие этого большинство водителей как легковых, так и грузовых автомобилей ищут пути обхода наиболее загруженных автодорог и даже автомагистралей. То есть мероприятия по улучшению транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог необходимо проводить для всей дорожной сети России.

В итоге можно отметить, что основой для дальнейшего развития сети автодорог в будущем является существующая дорожная сеть, которую необходимо довести до требований современного автомобильного транспорта. Поэтому в настоящее время важнейшими являются вопросы содержания, ремонта и реконструкции автомобильных дорог.

1.2. Понятие о реконструкции автомобильных дорог

В широком смысле термину **реконструкция** соответствуют понятия: коренное переустройство, переоборудование и усовершенствование.

Применительно к автомобильным дорогам под **реконструкцией** понимают – коренное переустройство с существенным улучшением условий движения и повышением параметров автомобильной дороги до параметров следующей технической категории.

В соответствии с этим определением, все остальные ремонтные работы, в том числе и капитальный ремонт, выполняются в рамках той технической категории, которая присвоена автомобильной дороге. Однако присвоение технической категории автомобильной дороге производится в перспективе на 20 лет эксплуатации, а нормативные документы, устанавливающие те или иные требования к ее параметрам, обычно пересматриваются каждые 10 лет. Поэтому получается, что категория и соответственно технические требования для эксплуатируемой автодороги могут быть назначены на основе уже устаревшего или даже отмененного нормативного документа. То есть, оставаясь в той же технической категории, автомобильная дорога может не соответствовать новым требованиям. Таким образом, ремонтные работы могут включать в себя переустройство конструктивных элементов автомобильной дороги. Возьмем такую деталь как укрепительные полосы обочин. СНиПом 1962 года их устройство не предусматривалось. В 1972 году установлена необходимость их устройства по 0,5 м на автодорогах III технической категории и по 0,75 м на автодорогах I и II технических категориях. Причем их конструкция была значительно облегчена по отношению к основной проезжей части. В СНиП 2.05.02 – 85 «Автомобильные дороги» предусмотрено устройство укрепительных полос той же ширины, что и рекомендациями 1972 года, однако их конструкция должна полностью

соответствовать конструкции основной проезжей части. В настоящее время согласно СП 34.13330.2021 [34] приняты рекомендации для дорог I и II технических категории с требованием полностью укреплять обочины конструкцией аналогичной конструкции проезжей части – так называемые остановочные полосы.

Поэтому многие виды работ по капитальному ремонту и по реконструкции дорог совпадают. К числу таких работ относятся:

- поднятие земляного полотна на подтопляемых и снегозаносимых участках;
- перестройка пучинистых, оползневых и обвальных участков;
- усиление земляного полотна с заменой грунтов;
- устройство новых дренажей, систем водоотвода, берегозащитных и противозэрозийных сооружений;
- исправление геометрических параметров земляного полотна, плана и профиля трассы до норм соответствующей технической категории, устройство виражей;
- усиление дорожных одежд с повышением продольной и поперечной ровности;
- устройство совершенных типов покрытий с использованием существующих конструкций в качестве слоев основания;
- устройство дополнительных дренирующих, изолирующих и армирующих слоев дорожных одежд и в теле земляного полотна;
- уширение проезжей части до норм соответствующей технической категории, с устройством укрепительных полос и бордюров;
- новое строительство дорожных одежд в местах полного переустройства земляного полотна;
- увеличение габарита и усиление конструкции мостов и путепроводов до требований соответствующей технической категории, замена или ремонт изношенных пролетных строений и мостового полотна;
- замена или ремонт водопропускных труб; замена малых мостов водопропускными трубами;
- устройство водопропускных труб в местах необеспеченного водоотвода.

При капитальном ремонте не устраивают пересечения в разных уровнях и не выполняют работы по переустройству дорог IA или IB технических категорий.

В общем случае при капитальном ремонте и реконструкции повышаются транспортно-эксплуатационные характеристики дороги и, соответственно, безопасность движения. То есть разделение работ по реконструкции и капитальному ремонту, в большинстве случаев, носит формальный характер. Ранее разделение видов работ более четко регламентировалось характером и уровнем финансирования. Объемы работ устанавливались по результатам ежегодной диагностики и осмотра дорог. В настоящее время планирование проведения всех видов работ осуществляется только лишь на Федеральных дорогах, утверждается Федеральной дорожной службой и финансируется за счет Федерального бюджета. Для остальных дорог все виды работ финансируются за счет местного финансирования и утверждаются местными правительственными органами.

В итоге можно отметить, что под реконструкцией автомобильных дорог подразумевается перестройка дороги или отдельных ее участков с расчетом на изменившиеся условия движения с обязательным проведением комплекса работ повышающих транспортно – эксплуатационные качества, удобство и безопасность движения по дороге и переводом ее в более высокую техническую категорию.

1.3. Цель и задачи реконструкции автомобильных дорог

Автомобильная дорога представляет собой комплекс инженерных сооружений предназначенных для бесперебойного движения автомобилей с расчетными скоростями и заданной грузоподъемностью в любых погодных – климатических условиях [34]. Для обеспечения этих условий, все элементы трассы запроектированы с учетом расчетной скорости движения заданной технической категории. При формальном подходе, для перевода автодороги в высшую техническую категорию, необходимо перепроектировать и, соответственно, перестроить все элементы дороги, чтобы обеспечить более высокую расчетную скорость легкового автомобиля.

Однако реально этого требования, при движении автомобиля по всему протяжению автодороги, достичь не удастся. Во-первых, значительное влияние на движение оказывает неоднородность транспортного потока, а также различия в насыщенности транспортных средств на отдельных участках. Например, при движении потока автомобилей на подъем и наличия постоянного встречного движения, скорость легкового автомобиля будет ограничена скоростью самого медленного автомобиля в потоке. Во-вторых, скорость легкового автомобиля может ограничиваться в связи с погодными явлениями – гололедом, туманом.

В то же время, на прямолинейных участках при оптимальном для движения состоянии покрытия, скорость легкового автомобиля может превышать расчетную. Следовательно, расчетная скорость не является показателем транспортно-эксплуатационных качеств дороги, а является верхним пределом технически допустимой скорости движения на наиболее трудных и опасных участках вновь построенной дороги.

Поэтому во многих странах допускаемая скорость движения на отдельных участках дороги понижена по отношению к расчетной. Например, в России скорость движения транспортных средств по автомобильным дорогам ограничена 90 км/ч.

Таким образом, при проектировании автомобильной дороги, превышение расчетной скорости над допускаемой правилами дорожного движения характеризует определенный запас безопасности при движении по дороге. То есть превышение расчетной скорости легкового автомобиля не является задачей реконструкции автодороги. **Задачей реконструкции является повышение средней скорости транспортного потока.**

Вторым основным показателем технической категории автодороги является интенсивность движения, принимаемая при проектировании в перспективе на 20 лет [34]. Однако не всегда можно достоверно учесть изменение интенсивности, которое происходит за расчетный период. Не учитывается, в большинстве случаев, что вновь построенная автомобильная дорога притягивает транспортные потоки с параллельных направлений движения, а также значительное увеличение плотности транспортных средств на подходах к населенным пунктам.

В отдельных случаях, вновь построенная автодорога уже через несколько лет не удовлетворяет требованиям присвоенной ей технической категории. Особенно это проявляется в местах с предельно допустимыми параметрами для данной категории – минимальных радиусов кривых в плане и продольном профиле, предельных продольных уклонов, пересечений в одном уровне, около автодорожных мостов, запроектированных по старым нормам. Именно на этих участках сосредотачиваются дорожно-транспортные происшествия.

Помимо этого, в связи с удорожанием тарифов на железнодорожные перевозки, привели к увеличению числа большегрузных многоосных автомобилей. Увеличилась дальность перевозок автотранспортом крупногабаритных, сырьевых грузов. В качестве примера можно отметить то, что даже при дорожном строительстве экономически оправдана транспортировка щебня автотранспортом на расстояния до 300 – 500 км.

В итоге резкое увеличение транспорта на дорогах, особенно большегрузного и тихоходного, значительно снизили среднюю скорость движения транспортного потока и пропускную способность, особенно магистральных автомобильных дорог.

Следовательно, целями реконструкции автомобильных дорог являются – повышение транспортно-эксплуатационных качеств дороги, безопасности движения, пропускной способности и устранение мест затрудняющих движение транспортных средств.

Основными причинами, обуславливающими необходимость реконструкции, являются:

- рост интенсивности движения, приводящий к снижению скорости и возникновению заторов на отдельных участках дороги, к резкому ухудшению ее транспортных качеств;
- рост числа дорожно-транспортных происшествий;
- необходимость выноса дороги из населенного пункта;
- устранение пересечений в одном уровне с железными и автомобильными дорогами;
- необходимость обеспечения проезда по дороге транспортных средств с высокими скоростями;
- необходимость обеспечения движения по дороге автомобилей с большими габаритами и нагрузками на ось;
- учет требований охраны окружающей среды.

2. ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНО - ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ УЧАСТКОВ, НУЖДАЮЩИХСЯ В РЕКОНСТРУКЦИИ

2.1. Предварительная оценка транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги

Транспортно-эксплуатационные качества автомобильной дороги определяют удобство и безопасность движения, скорость и себестоимость перевозок, пропускную способность дороги.

Они не могут быть выражены каким - то единым, общим показателем.

Поэтому при оценке участка дороги необходимо выяснить: среднюю скорость движения по дороге и на отдельных ее участках, количество и возможность дорожно-транспортных происшествий, пропускную способность.

Наиболее важными показателями, оценивающими качество транспортно - эксплуатационного состояния дороги являются:

- рост и сосредоточенность на отдельных участках дорожно-транспортных происшествий;
- возникновение заторов на отдельных участках;
- резкое снижение скорости движения.

На практике качество транспортно-эксплуатационного состояния автодороги оценивают на основе контрольных проездов по дороге в целом или по отдельным ее участкам в различное время суток, определяют необходимость анализа и выявления причин снижения рассматриваемых показателей.

Предварительная оценка состояния дороги заключается в анализе проектной и исполнительной документации, материалов предыдущих обследований и информации содержащейся в автоматизированном банке данных.

Все материалы систематизируются и анализируются в следующей последовательности:

1. Автомобильную дорогу разбивают на отдельные характерные участки с разными сроками строительства, работы и реконструкции.

2. Выявляют участки и их пикетажное положение с особыми условиями и режимами движения, то есть прохождение дороги через населенные пункты, длительные подъемы и спуски, кривые малого радиуса, местоположение транспортных пересечений и примыканий, наличие мостов, сооружений дорожного сервиса – заправочных станций, остановок, кемпингов, площадок отдыха.

3. Выделяют участки по условиям водно-теплового режима.

4. Проводят сбор имеющихся данных по интенсивности и составу движения за последние 3 –5 лет.

5. Анализируют данные последних результатов диагностики и обследования дороги в целом и отдельных ее участков.

6. Анализируют данные о характеристике и состоянии мостов, путепроводов, такие как: местоположение, габарит, длина моста, год постройки, данные о материале пролетных строений и опор, расчетная нормативная нагрузка, фактическая грузоподъемность, характеристики моста по данным последнего обследования.

7. Проводят сбор данных о дорожно-транспортных происшествиях за последние 3 года и разбивают дорогу на участки по количеству ДТП.

8. Производят анализ погодно-климатических особенностей, за последние 2 – 3 года.

9. Определяют наличие и состояние оборудования и средств для организации и регулирования движения.

На первом этапе, на основании анализа проектной и имеющейся документации, предварительно устанавливают причины снижения транспортно-эксплуатационного состояния дороги. В дальнейшем принимается решение о детальном обследовании автодороги на предмет ее фактического транспортно-эксплуатационного состояния и возможности принятия мер по повышению ее эксплуатационных качеств.

2.2. Пропускная способность и скорость транспортного потока как критерии оценки состояния дорог

В основу классификации автомобильных дорог положены: интенсивность и скорость одиночного легкового автомобиля. Любая автомобильная дорога проектируется из условия обеспечения расчетной скорости легкового автомобиля, а также пропуска определенного количества автомобилей в сутки через любое сечение. Однако как показатели скорости, так и пропускной способности могут изменяться в широких пределах в зависимости от геометрических параметров, погодно-климатических условий и других факторов.

В настоящее время скорости движения автомобилей, в зависимости от элементов плана и продольного профиля, определяют по методикам, разработанным А. Е. Бельским, Н. Р. Хорошиловым. На основании расчетов возможно получение максимально допускаемой скорости расчетных автомобилей в любых сечениях трассы. Однако у этих методик есть ограничения. Так предельно-допустимая скорость расчетного автомобиля на спуске для асфальтобетонного и цементобетонного покрытия – 90 км/ч, для покрытий из щебня обработанного битумом – 70 км/ч. В итоге, по результатам расчетов, получаем эпюру теоретических максимальных скоростей движения одиночных автомобилей.

В транспортном потоке скорости движения изменяются в зависимости от интенсивности, плотности и состава транспортного потока.

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

$$v_{II} = v_0 \times Q - \alpha \times K_\alpha \times N \quad (2.1)$$

где v_0 – средняя скорость свободного движения легковых автомобилей при малом значении коэффициента загрузки и оптимальных условиях движения (то есть сухое покрытие на прямолинейном горизонтальном участке с шириной проезжей части 7,5 м, укрепленными полосами по 0,75 и укрепленными обочинами по 3,5 м). В расчетах обычно v_0 принимается 90 км/ч.

Q – итоговый коэффициент, учитывающий влияние геометрических элементов дороги, состава потока и средств организации движения;

$$Q = \tau_1 \times \tau_2 \times \tau_3, \quad (2.2)$$

где τ_1 – коэффициент, учитывающий влияние продольного уклона;

τ_2 – коэффициент, учитывающий влияние состава потока, а точнее процент легковых автомобилей в потоке;

τ_3 – коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий и средств организации движения;

α – коэффициент, зависящий от состава движения;

K_α – поправочный коэффициент, учитывающий влияние разметки, кривых в плане и продольных уклонов на скорости автомобилей при их высокой интенсивности;

N – интенсивность движения авт./час.

На основании вычисления скорости смешанного потока по отдельным участкам автодороги строится эпюра для обоих направлений движения.

Методика определения средней скорости потока и значения различных коэффициентов изложены в «Рекомендациях по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» [18, 21].

Интенсивность движения со скоростью потока связаны между собой соотношением:

$$N = v_{II} \times q, \quad (2.3)$$

где q – плотность потока, авт./км.

Данное уравнение называется основным уравнением транспортного потока. Зависимость интенсивности от плотности называют диаграммой транспортного потока (рис 2.1).

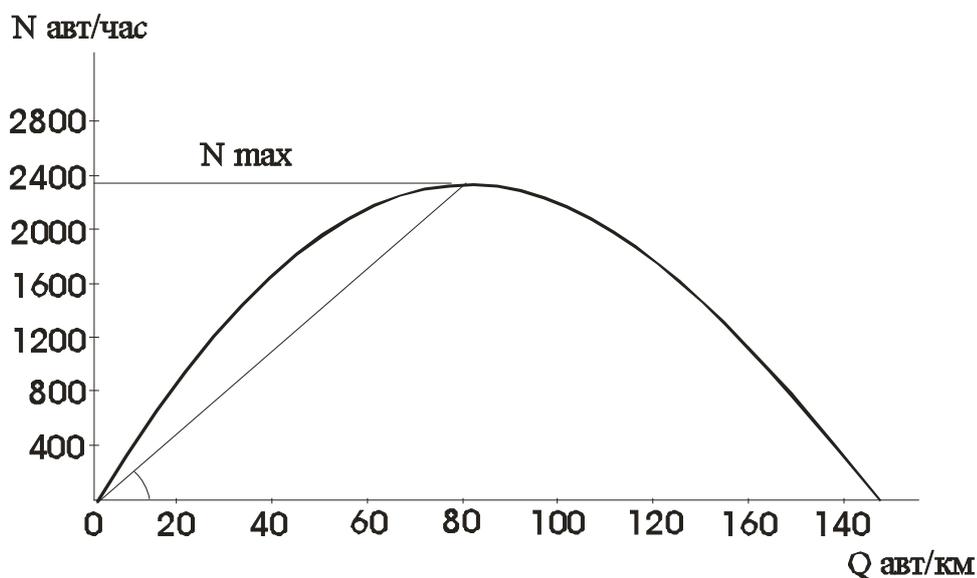


Рис. 2.1. Диаграмма транспортного потока [18]

При увеличении плотности потока интенсивность увеличивается и достигает максимальной величины – равной пропускной способности автодороги. $N_{\max} = P_{\max}$. В дальнейшем при увеличении плотности наблюдается уменьшение интенсивности, пока плотность не достигнет плотности затора, при которой интенсивность превращается в ноль. Исходя из рассмотренных закономерностей движения транспортного потока, вытекает важнейшее понятие – **пропускная способность автомобильной дороги** [18].

Различают теоретическую P_T , практическую P и расчетную $P_{\text{расч}}$ пропускную способность автодороги.

Для определения пропускной способности используются различные математические модели исследований транспортного потока. Они могут быть разделены на две основные группы: динамические модели и вероятные модели.

Первая группа, основные принципы которой распространяются на весь поток, построена на основе взаимодействия двух автомобилей. Вторая группа, вероятностные модели, предполагающие свободу маневрирования автомобилей в потоке и обеспечивающие получение достоверных данных до 500 авт./час.

Расчет **теоретической пропускной** способности выполняют с использованием динамической модели транспортного потока. При этом рассматриваются движение однородного транспортного потока по одной полосе движения с учетом полной загрузки смежных полос. Участок дороги – горизонтальный, интервал между автомобилями – постоянные.

$$P_T = \frac{v_n \times 1000}{L}, \quad (2.4)$$

где L – динамический габарит автомобиля, м.;

$$L = l_p + l_a + l_\delta + (l_{T2} - l_{T1}), \quad (2.5)$$

где l_p – расстояние, проходимое задним автомобилем за время реакции водителя;

l_a – длина автомобиля;

l_δ – расстояние безопасности между автомобилями после их остановки;

l_{T1} и l_{T2} – длина тормозного пути переднего и заднего автомобиля.

В общем случае, можно считать, что теоретическая пропускная способность зависит от скорости движения автомобилей и коэффициента сцепления.

Расчетная пропускная способность ($P_{расч}$) используется как проектный показатель наряду с расчетной интенсивностью движения. Она представляет собой экономически целесообразное количество автомобилей, которое может пропустить конечный участок автомобильной дороги при выбранной схеме организации движения.

Практически, расчетная пропускная способность определяется из зависимости:

$$P_{расч.} = k_p \times P_T, \quad (2.6)$$

где k_p – коэффициент перехода от теоретической пропускной способности к расчетной, принимается в зависимости от вида дороги, категории дороги и характера рельефа местности (0,55 ÷ 1,0);

P_T – теоретическая пропускная способность авт./час.

Практическая пропускная способность представляет пропускную способность в реальных дорожных условиях. Различают - максимальную практическую пропускную способность (P_{max}) – наблюдаемую на эталонных участках и практическую (P_ϕ) – в конкретных дорожных условиях.

Эталонный участок – имеет горизонтальное очертание, расстояние между пересечения более 5 км, не менее двух полос движения шириной по 3,75 м, укрепленные обочины шириной по 3 м, видимость более 800 м, покрытие – оптимальное для движения, транспортный поток состоит из легковых автомобилей.

В реальных расчетах, практическая пропускная способность для конкретных дорожных условий, определяется:

$$P = B \times P_{max}, \quad (2.7)$$

где B – итоговый коэффициент снижения пропускной способности;

P_{max} – максимальная пропускная способность для легковых автомобилей авт./час (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Максимальная пропускная способность для различных дорог

Виды автомобильных дорог	Максимальная пропускная способность для легковых автомобилей P_{\max}
Однополосные дороги с разъездами	- 800 лег. авт./час в оба направления
Двухполосные дороги	- 2000
Трехполосные	- 4000
Магистралы с 4 полосами	- 2000 по 1 полосе
Магистралы с 6 полосами	- 2200 по 1 полосе

Величина итогового коэффициента снижения пропускной способности определяет по формуле:

$$B = \beta_1 \times \beta_2 \times \dots \times \beta_{15} \quad (2.8)$$

где $\beta_1, \dots, \beta_{15}$ – частные коэффициенты снижения пропускной способности (табл. 2.2), теоретически они определяются как отношение фактической пропускной способности на участке к максимальной пропускной способности, на эталонном участке.

$$\beta_i = P_i \times P_{\max} \quad (2.9)$$

Таблица 2.2

Перечень частных коэффициентов снижения пропускной способности

β_1	<i>от ширины полосы движения</i>
β_2	<i>от ширины обочины</i>
β_3	<i>от расстояния до препятствия вдоль дороги</i>
β_4	<i>от состава автомобилей в потоке</i>
β_5	<i>от продольного уклона дороги</i>
β_6	<i>от расстояния видимости</i>
β_7	<i>от радиуса кривых в плане</i>
β_8	<i>от ограничения скорости знаками</i>
β_9	<i>от типа пересечения в одном уровне</i>
β_{10}	<i>от типа укрепления обочины</i>
β_{11}	<i>от шероховатости покрытия</i>
β_{12}	<i>от характера подъездов к элементам сервиса</i>
β_{13}	<i>от характера разметки покрытия</i>
β_{14}	<i>от ограничения скорости</i>
β_{15}	<i>от числа легковых автомобилей и автобусов в потоке</i>

При определении пропускной способности, необходимо учитывать, что в расчетах транспортный поток принимают состоящим из легковых автомобилей. Поэтому пропускную способность необходимо приводить к условиям фактического состава движения по формуле:

$$P_{\phi} = \frac{P}{\sum_{i=1}^k P_i \times \beta_i}, \quad (2.10)$$

где P_i – доля транспортного средства в потоке;

β_i – коэффициент приведения, берется по СП 34.13330.2021 [34];

k – количество выводов различных транспортных средств.

Для оценки транспортно - эксплуатационного состояния всей автодороги строятся эпюры изменения пропускной способности по участкам и скорости движения автомобилей (рис. 2.2).

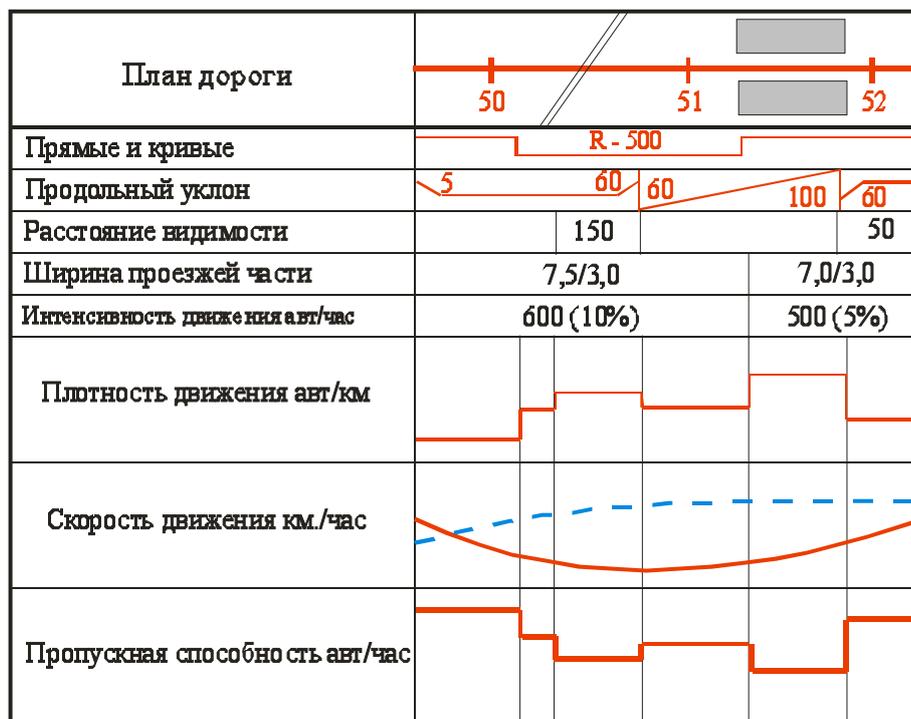


Рис. 2.2. Эпюры изменения плотности, скорости движения и пропускной способности [18]

По всей длине автомобильной дороги пропускная способность изменяется при перемене дорожных условий, в пределах зоны переходных режимов движения. На старых автодорогах интервал изменения как скорости автомобилей, так и пропускной способности может быть очень большим.

Соответственно, при назначении видов работ при реконструкции следует выделять мероприятия, необходимые для обеспечения постоянной пропускной

способности автодороги на всем своем протяжении, то есть устранения мест затрудняющих движение автомобилей.

Возникают два случая, которые особо определяют характер работ при реконструкции:

1) в зависимости от отношения пропускной способности для данного участка к типичной для данной автодороги P_{ϕ}/P_m (табл. 2.3);

2) в зависимости от фактической интенсивности движения к типичной пропускной способности N_{ϕ}/P_m (табл. 2.4).

Для первого случая, в зависимости от величины отношения, рекомендуется назначить следующие виды работ.

Таблица 2.3

Виды работ, проводимые при реконструкции для первого случая

Величина отношения P_{ϕ}/P_T	Виды работ, проводимые при реконструкции
0.9 – 1.0	Выборочное улучшение видимости устройство виражей и уширение проезжей части на кривых.
0.75 – 0.9	Уширение узких мостов, укрепление обочин, увеличение расстояния видимости, увеличение радиусов кривых в плане и профиле. Устройство переходно-скоростных полос на пересечениях в одном уровне.
0.5 – 0.75	Наряду с вышеназванными мероприятиями необходимо предусматривать устройство канализированных пересечений, и дополнительных полос на подъемах.
0.3 – 0.5	Перетрассировка участка со спрямлением трассы и увеличении радиусов.

Таблица 2.4

Виды работ, проводимые при реконструкции для второго случая

Величина отношения N_{ϕ}/P_T	Виды работ, проводимые при реконструкции
< 0.3	Нанесение разметки и устройство краевых полос.
0.3 – 0.5	Укрепление обочин, выборочное увеличение видимости.
0.5 – 0.75	Перестройка, наиболее загруженных пересечений в одном уровне с заменой на кольцевые и канализированные, устройство дополнительных полос на подъемах.
0.75 – 0.9	Все название выше мероприятия, а также уширение проезжей части с полосой движения 3.75 м.
0.9 – 1.0	Перестройка существующей дороги под более высокую категорию или снятие части движения на параллельные пути направления.

Исходя из оценки пропускной способности, полное переустройство автомобильной дороги необходимо в тех случаях, когда фактическая интенсивность на дороге начинает достигать предельной пропускной способности [18].

Оптимальным уровнем загрузки автодороги считается тот, при котором расчетная интенсивность движения, в период экономически – целесообразной загрузки, не должна превышать 0.5 – 0.6 от нормативной пропускной способности, а к моменту реконструкции достигнуть значений 0.6 - 0.75 P_n . При правильном определении расчетной интенсивности, пропускная способность автодороги должна быть реализована к концу расчетного периода в 15 – 20 лет.

Однако в большинстве случаев, в результате влияния большого количества факторов на темпы прироста движения, не удастся точно определить интенсивность движения в перспективе на 20 лет. Поэтому, в большинстве случаев, после ввода в эксплуатацию автомобильная дорога через несколько лет с трудом справляется с новыми требованиями и составом движения.

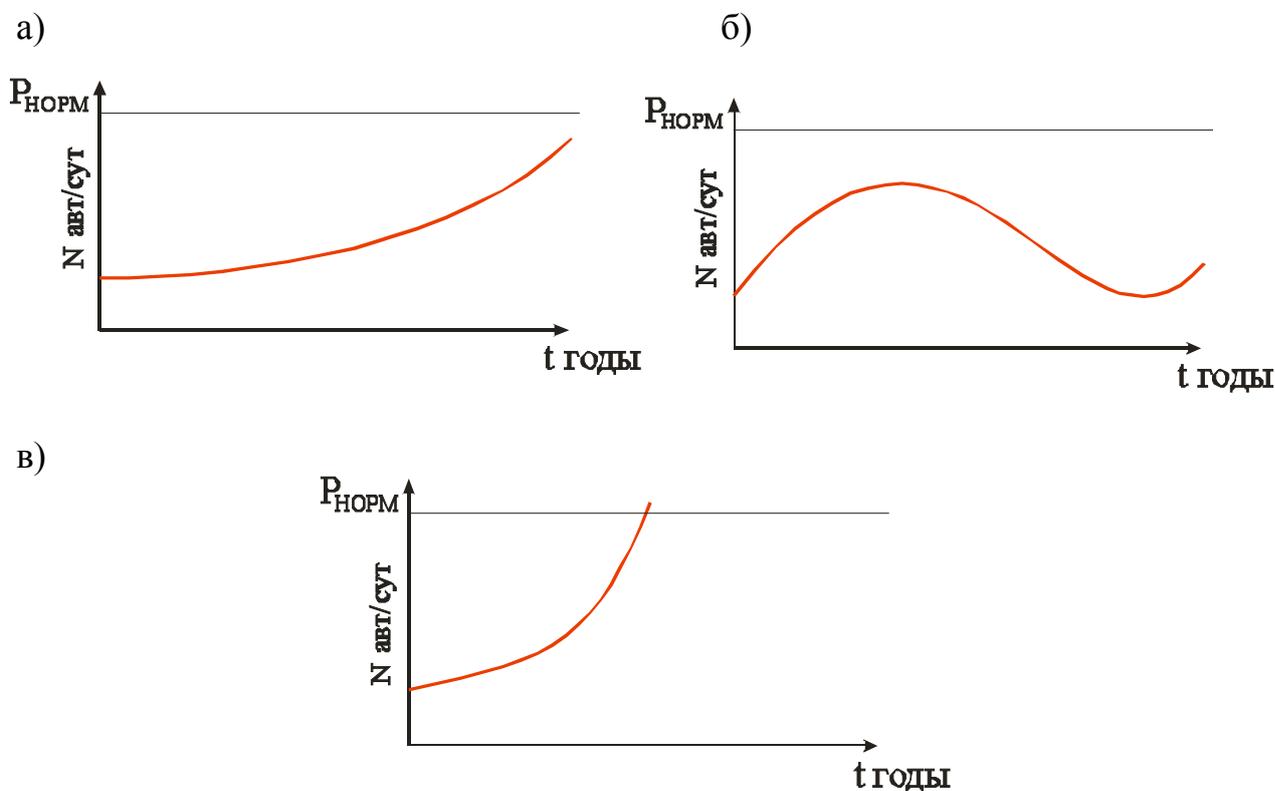


Рис. 2.3. Закономерности роста интенсивности движения

В практике существует три основных закономерности роста интенсивности движения (рис. 2.3), определяющих соответственно характер дорожных работ, необходимых для улучшения технико-эксплуатационных качеств дороги:

а) равномерное или слегка замедленное возрастание интенсивности движения в течении одного - двух расчетных сроков (*характерно для сельскохо-*

зяйственных дорог, подъездов к промышленным предприятиям, малым населенным пунктам, прирост 3-5 % в год).

б) в период строительства и сразу после его окончания интенсивность растет значительно быстрее, чем при дальнейшей эксплуатации дороги (*характерно на подъездах к вновь строящимся промышленным объектам*)

в) быстрое возрастание интенсивности которое опережает технико - экономические прогнозы (*характерно для магистральных дорог в последние годы, рост до 20 –30 %*).

Для всех трех закономерностей изменения интенсивности движения необходимы улучшение и перестройка параметров автомобильной дороги, но характер и последовательность отдельных мероприятий будут существенно отличаться.

В первом случае достаточно исправления отдельных неудачных мест плана трассы (уширение на кривых малых радиусов, укрепление обочин, уширение проезжей части в населенных пунктах). Возможно периодическое усиление дорожной одежды.

Во втором случае возможно продуманное исправление отдельных участков дороги, которое позволит длительное время пропускать потоки движения без коренной перестройки автодороги в целом.

В третьем случае необходима коренная перестройка автодороги. Положительный эффект может дать реконструкция соседних направлений или строительство новых автодорог, тем самым разгрузив основную автомагистраль.

2.3. Методы выявления участков, нуждающихся в реконструкции

Наряду со скоростью потока и пропускной способностью важнейшим фактором, характеризующим автомобильную дорогу, является безопасность движения. Наиболее опасными из условий движения транспорта являются участки:

✓ на которых резко уменьшается скорость движения, в связи с недостаточной видимостью и устойчивостью автомобиля (*пример – кривые малого радиуса в плане и профиле*);

✓ участки, где какой либо элемент не соответствует скоростям движения, обеспеченными другими элементами (*скользкое покрытие на кривой большого радиуса, узкий мост на длинном прямом горизонтальном участке, сужение дороги, скользкие обочины и т.п.*);

✓ где из - за погодных условий создается несоответствие между скоростью движения на этих участках и на остальной дороге (*заниженное земляное полотно в пойменной части на подходах к мосту, где частные туманы и гололед; участки склонные к снежным заносам*);

автомобиля и параметров плана и продольного профиля, то есть не учитываются какие либо ограничения скорости в соответствии с правилами дорожного движения. Для построения графика, в конце каждого участка автодороги определяют максимальную скорость, которую можно развить без учета условий движения на последующих участках. Участки по опасности для движения оценивают исходя из значений коэффициентов безопасности.

При скорости движения 105 – 120 км/час, в соответствии со значениями коэффициентов безопасности участки автодороги классифицируются [21]:

- неопасные участки при $K_6 \geq 0.8$;
- опасные при $K_6 - 0,65 - 0,80$
- очень опасные при $K_6 - \text{менее } 0,65$

Для проектов новых автомобильных дорог недопустимы участки с коэффициентами безопасности, менее 0.8.

При итоговой оценки автомобильной дороги, с позиции проведения работ по реконструкции, необходимо устранить все участки, имеющие K_6 меньше 0.65, и свести к минимуму участки с коэффициентом безопасности в пределах 0.65 – 0.8.

Метод конфликтных ситуаций [21]

Метод конфликтных ситуаций используется при разработке проектов реконструкции сложных участков дорог.

Под конфликтной понимается дорожно-транспортная ситуация, возникающая между участками дорожного движения, или движущимися автомобилями и обстановкой дороги, при которой возникает опасность дорожно-транспортного происшествия, если в действиях участников не произойдет изменений, и они будут продолжать движение в том же режиме.

Показателем наличия конфликтной ситуации является изменение скорости или траектории движения автомобиля. Степень опасности такой ситуации характеризуется величиной отрицательных продольных и поперечных ускорений, возникающих при маневрах автомобилей. Данные показатели, обычно измеряются только лишь с помощью автомобилей - лабораторий.

Конфликтные ситуации по степени опасности делятся на три типа: *легкие, средние и критические*. Вид конфликтной ситуации зависит от величины отрицательного продольного или поперечного ускорения и измеряется м/с^2 . При проезде автомобиля - лаборатории по участку автодороги со скоростью 100 – 80 км/ч, к легкой степени относятся ситуации при изменении отрицательного ускорения в пределах 0,5 – 1,9 м/с^2 , средней – 1,9 – 2,6 м/с^2 , критической – более 2,6 м/с^2 . В конечном итоге устанавливается количество той или иной степени конфликтных ситуаций. При новом проектировании, число конфликтных ситуаций каждого типа определяют методом математического моделирования.

Общее количество конфликтных ситуаций приводится к критической в переводе на 1 млн авт/км.

$$K = \frac{K' \times 10^6}{N \times L}, \quad (2.11)$$

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

$$K' = 0,44 \times K_1 + 0,83 \times K_2 + K_3,$$

где K_1 ; K_2 ; K_3 – количество конфликтных ситуаций легкой средней и критической степени опасности соответственно.

Участки по степени опасности подразделяются:

- неопасные – число конфликтных ситуаций на 1 млн авт./км.
 $K =$ менее 210;
- мало опасное $K = 210 - 310$;
- опасные $K = 310 - 460$;
- очень опасные $K =$ более 460.

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

Однако метод коэффициентов безопасности и метод конфликтных ситуаций не в полной мере учитывают изменения безопасности движения вследствие климатических изменений в течение года, нарастания интенсивности движения за определенный период и изменения условий движения за период эксплуатации.

В этих случаях в большей степени отражают безопасность движения относительные коэффициенты аварийности и обеспечения расчетной скорости [21,34].

Метод коэффициентов аварийности [21, 34]

Метод коэффициентов аварийности нашел широкое применение при сравнении различных вариантов проектных решений, как при новом проектировании, так и при реконструкции автомобильных дорог.

Итоговый коэффициент аварийности представляет собой произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние отдельных элементов плана и профиля на безопасность движения.

$$K_{a.в.} = \prod_{i=1}^{i=20} k_i, \quad (2.12)$$

где k_i – частные коэффициенты аварийности, представляющие собой отношение количества дорожно-транспортных происшествий на определенном участке дороги к количеству ДТП на эталонном участке.

За эталонный участок принят горизонтальный, прямолинейный участок дороги II технической категории с шириной проезжей части 7,5 м, шероховатым покрытием и укрепленными обочинами шириной 3,5 м.

Изменение параметров автомобильной дороги относительно эталонного участка вызывает изменения коэффициентов аварийности следующим образом:

а) улучшение параметров дороги относительно эталонного участка приводит к снижению коэффициента аварийности (менее 1);

б) ухудшение параметров – к повышению коэффициента (более 1);

Частные коэффициенты аварийности принимаются в соответствии с ОДМ 218.4.005-2010 [21] и определяются:

k_1 – в зависимости от интенсивности движения;

k_2 – ширины проезжей части;

k_3 – ширины обочин;

k_4 – продольного уклона (более 20 ‰);

k_5 – радиусов кривых в плане (при $R < 2000$ м);

k_6 – видимость в плане и в продольном профиле;

k_7 – от ширины проезжей части мостов;

k_8 – от длины прямых участков;

$k_9, k_9, k_{10}, k_{11}, k_{12}$ – от типа, интенсивности, числа полос и видимости на пересечении;

k_{13}, k_{14}, k_{15} – от характеристики дороги в пределах населенного пункта;

k_{16} – от коэффициента сцепления;

k_{17} – от ширины разделительной полосы;

k_{18} – от расстояния от проезжей части обрыва глубиной более 5 м.

Коэффициенты k_{19} и k_{20} , а также изменения для коэффициентов k_1, k_5, k_6, k_{10} принимаются для автомобильных дорог, проходящих в горной местности [18].

При построении графиков коэффициентов аварийности вручную значения частных коэффициентов не интерполируются, а принимаются ближайшие из приведенных в таблице. При автоматизированном проектировании определение частных коэффициентов происходит по специальным зависимостям.

Значения частных коэффициентов аварийности при оценки проектов или существующих автомобильных дорог принимаются с учетом зоны влияния:

- 100 м вершиной подъема, и 150 м после подошвы спуска;
- при пересечении в одном уровне по 50 м в каждую сторону;
- для мостов и путепроводов по 75 м в каждую сторону.

График коэффициентов аварийности строят, предварительно разбивая дорогу на участки, выделяя однородные по условиям движения. В конечном итоге график имеет ступенчатый вид.

В проектах реконструкции дорог и нового строительства рекомендуется перепроектировать участки, для которых итоговый коэффициент аварийности

превышает 15 –20. При рассмотрении проектов для капитального ремонта, в первую очередь производятся работы на участках с коэффициентом аварийности 25 – 40.

Для обоснования обходов населенных пунктов, оценку безопасности производят по частным коэффициентам аварийности для городских улиц. Использование коэффициентов аварийности для городских условий обосновано так же при прохождении магистральных дорог I, II, III категорий через достаточно крупные населенные пункты.

В случае ограниченных ресурсов на реконструкцию дороги в целом, с целью определения стадийности улучшения показателей безопасности, при построении графиков коэффициентов аварийности вводят дополнительные коэффициенты тяжести – стоимостные коэффициенты, учитывающие возможные потери народного хозяйства от ДТП.

$$K_{nm}^{cm} = M_m \times K_{умог}, \quad (2.13)$$

где

$$M_m = \prod_{i=1}^K m_i, \quad (2.14)$$

где m_i – дополнительные стоимостные коэффициенты [5].

Дополнительные коэффициенты вводятся на участках при $K_{умог}^{a.в.} > 15$.

Метод обеспечения расчетной скорости

Согласно ОДН 218.0.006-2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог» [24], потребительские свойства дороги и ее транспортно – эксплуатационные показатели обеспечиваются параметрами плана, продольного и поперечного профилей, прочностью дорожной одежды, ровностью и сцепными качествами покрытия, состоянием искусственных сооружений, инженерным оборудованием и обустройством, уровнем содержания дорог. Оценку потребительских свойств дороги выполняют применительно к работе дороги и ее состоянию в расчетный по условиям движения автомобилей осенний – весенний период года, когда все достоинства и недостатки дороги проявляются наиболее полно.

В конечном итоге, результатом оценки автомобильной дороги является обобщенный показатель качества дороги ($П_\delta$), включающий в себя комплексный показатель ее транспортно- эксплуатационного состояния ($КП_\delta$), показатель инженерного оборудования и обустройства ($К_{об}$) и показатель содержания дорог ($К_\delta$).

$$P_{Д} = КП_{Д} \times K_{об} \times K_{э} \quad (2.15)$$

Критерием оценки качества дороги служит:

- величина обобщенного показателя в долях единицы, вычисленная как отношение фактической обеспеченности данной дорогой потребительских свойств к аналогичным свойствам эталонной дороги;

- величина обобщенного показателя в долях единицы, вычисленное отношение фактически обеспеченных данной дорогой потребительских свойств к нормативным потребительским свойствам дороги этой категории.

Эталонным считается участок дороги II технической категории в равнинной местности, оборудованный в полном соответствии с требованиями СП [34], содержащийся в соответствии с требованиями ремонта и содержания дорог. Показатель качества для эталонного участка равен 1. Поэтому итоговое влияние на значения показателя качества дороги $P_{Д}$ имеет комплексный показатель транспортно - эксплуатационного состояния $КП_{Д}$. Для различных категорий дорог различают нормативные ($КП_{Н}$) и предельно допустимые ($КП_{П}$) значения комплексного показателя транспортно - эксплуатационного состояния дорог (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Значения комплексного показателя транспортно-эксплуатационного состояния дорог [24]

Категория дороги	Основная расчетная скорость	На основном протяжении		На трудных участках пересеченной местности	
		$КП_{Н}$	$КП_{П}$	$КП_{Н}$	$КП_{П}$
IA	150	1,25	0,94	1,00	0,75
IB, II	120	1,00	0,75	0,83	0,62
III	100	0,83	0,62	0,67	0,50
IV	80	0,67	0,50	0,50	0,38
V	60	0,50	0,38	0,38	0,25

Транспортно - эксплуатационное состояние каждого характерного отрезка дороги оценивают итоговым коэффициентом обеспечения скорости $K_{рси}^{умог}$, который принимают за комплексный показатель транспортно - эксплуатационного состояния дороги на данном отрезке, то есть:

$$КП_{Дi} = K_{рси}^{умог} \quad (2.16)$$

$$K_{pci} = \frac{V_{\phi \max}}{V_p^{\delta}}, \quad (2.17)$$

где $V_{\phi \max}$ – максимальная скорость движения легкового автомобиля обеспеченной участком по условиям безопасности движения или дорожными условиями; v_p^{δ} – базовая расчетная скорость = 120 км/час.

Для всей автодороги определяют величину комплексного показателя:

$$K\Pi_{д} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{pci}^{умог} \times \ell_i}{L}, \quad (2.18)$$

где ℓ_i – протяженность i участка с $K_{pci}^{умог}$; L – вся протяженность дороги.

Значение итогового коэффициента обеспечения расчетной скорости на каждом участке для расчетного весеннего и осеннего периода принимают равным наименьшему значению из всех частных коэффициентов на этом участке, то есть:

$$K_{pci}^{умог} = K_{pci}^{\min} \quad (2.19)$$

Частные коэффициенты обеспечения расчетной скорости, определяются и принимаются по таблицам ОДН 218.0.006-2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог» [24], в зависимости от фактического состояния автомобильной дороги.

Различают 10 частных коэффициентов:

K_{pc1} – коэффициент учитывающий ширину основной укрепленной поверхности и ширину габарита моста;

K_{pc2} – коэффициент учитывающий ширину и состояние обочин;

K_{pc3} – интенсивность и состав движения;

K_{pc4} – продольные уклоны и видимость поверхности дороги;

K_{pc5} – радиусы кривых в плане и уклон виража;

K_{pc6} – ровность покрытия;

K_{pc7} – коэффициент сцепления;

K_{pc8} – состояние и прочность дорожной одежды;

K_{pc9} – грузоподъемность мостов;

K_{pc10} – безопасность движения.

На основании фактического определения состояния дороги и определения частных коэффициентов обеспечения расчетной скорости строится линейный график транспортно - эксплуатационного состояния дороги.

Решение о назначении ремонтных работ или реконструкции принимается для тех участков, где:

$$K\Pi_{д} < K\Pi_{п}, \quad (2.20)$$

то есть, где комплексный показатель транспортно - эксплуатационного состояния ниже предельно допустимого значения.

Таблица 2.6

Виды работ в зависимости от частных коэффициентов

Частный коэффициент, имеющий минимальное значение.	Виды работ при $K_{pc1} < K_{Пн}$ по улучшению транспортно – эксплуатационного состояния.	Показатели, повышающиеся после проведения работ.
K_{pc2}	Укрепление обочин.	K_{pc10}
K_{pc3}	Уширение проезжей части, устройство укрепительных полос.	$K_{pc2}; K_{pc4} - K_{pc8}; K_{pc10}$.
K_{pc4}	Смягчение продольного уклона.	$K_{pc2}; K_{pc5} - K_{pc8}; K_{pc10}$.
K_{pc5}	Увеличение кривых в плане или спрямление участков дороги.	$K_{pc2}; K_{pc4}; K_{pc6} - K_{pc8}; K_{pc10}$.
K_{pc6}	Устройство выравнивающего слоя с поверхностной обработкой или укладка нового слоя покрытия.	$K_{pc7}; K_{pc8}; K_{pc10}$
K_{pc7}	Устройство поверхностной обработки.	$K_{pc8}; K_{pc10}$
K_{pc8}	Усиление дорожной одежды.	$K_{pc6}; K_{pc7}; K_{pc10}$
K_{pc9}	Усиление и уширение мостов.	K_{pc10}

Принятие итогового значения коэффициента обеспечения расчетной скорости для рассматриваемого участка автодороги по минимальному значению коэффициента, позволяет четко определить какой из элементов дороги следует улучшить с целью повышения ее транспортно - эксплуатационного состояния. При назначении ремонтных работ или реконструкции, на исследуемой автомобильной дороге, это имеет положительное значение. Так же необходимо учитывать, что при улучшении отдельных параметров, одновременно улучшаются и другие.

3. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

3.1. Особенности изыскательских работ для разработки проекта реконструкции дороги

Изыскательские работы для разработки проектов реконструкции автомобильной дороги, в отличие от нового строительства, имеют ряд характерных особенностей, основными из которых являются:

- проведение работ на существующей, эксплуатируемой автомобильной дороге;

- необходимость при разработке проекта максимально использовать существующую дорогу.

В первую очередь необходимо учитывать ограниченные возможности изменения трассы в плане. Это вызвано тем, что положение существующей автомобильной дороги определяется имеющимися искусственными сооружениями, в которые уже вложены значительные средства. Отклонения от существующей дороги необходимо детально обосновывать и добиваться при проектировании оптимальных решений, при улучшении плана и продольного профиля. Значительные отклонения в плане, как правило, бывают связаны с обходом населенного пункта. В этих случаях изыскательские работы ведутся по правилам изысканий для нового строительства [34].

При изысканиях особое внимание следует уделять оценке водно-теплового режима земляного полотна существующей дороги. При этом производят оценку достаточности возвышения уровня насыпи земляного полотна, крутизны заложения откосов насыпи или выемки.

Так же, как и при разработке проектов нового строительства, полевые работы по реконструкции автодорог включают в себя большой объем геодезических изысканий. На всем протяжении существующей автомобильной дороги производится оценка изменения продольного и поперечных профилей, с целью выявления пучинистых мест, просадок и разрушения обочин и откосов насыпи. При выполнении геодезических работ необходимо учитывать наличие движения по дороге.

Помимо этого, при изучении реконструируемой автодороги, возникает необходимость детального обследования дорожной одежды с определением ее прочностных характеристик [25]. При этом следует учитывать, что испытание прочности дорожной одежды необходимо выполнять в строго установленный нормативный период : от начала снеготаяния до момента стабилизации земляного полотна. Возможна оценка состояния отдельных конструктивных слоев, с целью использования их при новом строительстве в качестве составляющих новых конструкций.

Обязательным является исследование закономерностей движения транспорта на отдельных участках существующей дороги наряду с определением интенсивности и состава движения, выявляются наиболее опасные участки и места с недостаточной пропускной способностью.

Одновременно с обследованием геометрических, прочностных и эксплуатационных параметров существующей дороги, значительная работа выполняется по оценке состояния искусственных сооружений, таких как мосты, путепроводы и водопропускные трубы.

При проведении изысканий особое внимание уделяется вопросам пропуска движения транспорта в период строительства. Намечаются методы проведения дорожно-строительных работ (односторонние или же двухсторонние), производится обследование мест организации объездов, переправ или строительства параллельных дорог.

Помимо изыскательских работ в подготовительный период изучается исполнительная документация, имеющаяся у эксплуатирующих организаций. На основании опыта эксплуатации, выявляются места регулярного возникновения пучин, неудовлетворительного водоотвода, образования снежных заносов и гололеда.

В конечном итоге составляется подробная схема обследования автодороги. Оцениваются объемы полевых работ и сроки их проведения. Намечается расположение баз и временных складов материалов, согласовываются сроки работы с эксплуатирующими организациями и ГИБДД.

3.2. Полевые работы на изысканиях для реконструкции дорог

3.2.1. Полевые обследования дорог

Перед началом полевых обследований необходимо тщательно ознакомиться с имеющейся проектной и исполнительной документацией, установить срок проведения ремонтных работ, их виды и участки автодороги, на которых они проводились. Собрать данные об обследованиях и испытаниях имеющихся искусственных сооружений. Выявить, за какими организациями закреплена дорога, или отдельные участки, их дислокацию.

Организация, осуществляющая полевые обследования автодороги, должна также тщательно подготовить приборы и оборудование, провести тарировку измерительного инструмента. При значительном удалении места проведения полевых работ решить вопросы с расселением рабочих, обеспечением автотранспорта, установить места хранения и материалов.

Полевые обследования состоят в осмотре и визуальной оценке состояния дорог и дорожных сооружений, а также в инструментальных измерениях параметров и транспортно - эксплуатационных характеристик. Объемом производимых измерений должен быть достаточным для комплексной оценки качества дороги.

В начале полевых обследований осуществляется осмотр дороги, при котором необходимо отобразить:

- местонахождение начала и конца характерных участков дороги, основных населенных пунктов, мостов и путепроводов, водопропускных труб, пересечений с крупными водными преградами и автомобильными дорогами;
- местоположение участков дороги, для которых отсутствует информация в технической документации;
- местоположение участков дороги, находящихся в неудовлетворительном состоянии, наличие выбоин, пучин, разрушение обочин, большая сетка трещин, сети;
- намечают места проведения детального инструментального обследования транспортно - эксплуатационных параметров.

Детальные полевые обследования автомобильной дороги производится с целью уточнения и измерения следующих параметров.

- длину дороги и ее характерных участков длины прямых и кривых в плане, радиусы кривых в плане, наличие виражей и их поперечные уклоны;
- продольные и поперечные уклоны, видимость поверхности дороги;
- высоту насыпи, тип местности по условиям увлажнения;
- ширину проезжей части, краевых укрепительных полос, ширину обочин, в том числе ширину укрепительной и не укрепительной части обочин;
- тип и состояние дорожной одежды и покрытия на проезжей части, на краевых полосах и обочинах;
- ровность и коэффициент сцепления колес автомобиля с дорогой;
- дефекты покрытия на всем протяжении и прочность дорожной одежды на участках, где визуальное установлено наличие трещин, колеиности, просадок и проломов;
- интенсивность и состав движения;
- фактические габариты и грузоподъемность мостов, их длину;
- местоположение заправочных станций, площадок отдыха, а также пересечений с автомобильными и железными дорогами.

От точности и достоверности проведения измерительных работ будет зависеть обоснованность проведения работ по капитальному ремонту или реконструкции. Далее инструментальные обследования лягут в основу разрабатываемого проекта реконструкции и будут определять виды основных работ, их объемы и в конечном итоге их стоимость.

3.2.2. Проведение полевых измерений

Для проведения полевых измерений, так же как и в новом строительстве, применяется набор геодезических приборов и инструментов, позволяющих определять геометрические элементы с высокой степенью точностью.

Основным отличием, от геодезических измерений новых автодорог, являются продуманные меры безопасности участков работ. Это связано с тем, что в большинстве случаев изыскания проводятся по действующим дорогам с наличием транспортных средств.

Помимо этого существуют некоторые особенности проведения отдельных видов работ при полевых измерениях для подготовки проектов реконструкции автодороги.

Восстановление трассы, восстановление опорной сети

Восстановление трассы начинают с определения положения оси трассы и измерения фактической величины углов поворота.

Положение оси устанавливаются несколькими промерами ширины земляного полотна с выставлением вешек по оси дороги. Вехи выравниваются в

прямую линию по теодолиту, восстанавливается ось дороги, и определяется фактическая величина углов поворота (рис. 3.1).

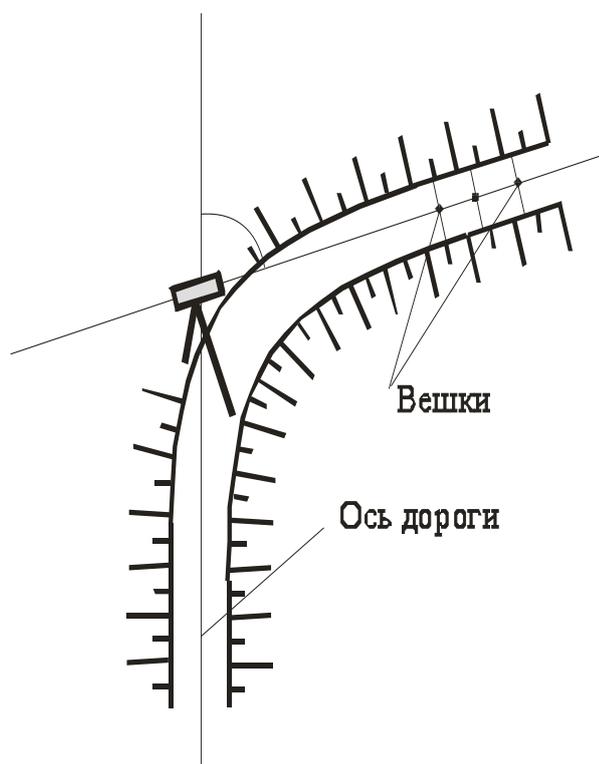


Рис. 3.1. Определение фактической величины угла поворота

Промер линии трассы производится в соответствии с правилами по технике безопасности по бровке земляного полотна. В случае значительного разрушения бровки, а также при частом чередовании закруглений малого радиуса – по оси проезжей части.

Пикетажные точки и сторожки забиваются на правой бровке дороги, считая по ходу пикетажа. На сторожках и в пикетажном журнале с точностью до 0.1 м указывается расстояние до оси проезжей части для того, чтобы все последующие виды изыскательских работ могли быть привязаны к пикетажу трассы по оси.

Положение оси трассы фиксируется:

- на дороге с усовершенствованным покрытием – краской;
- на дорогах с переходными типами покрытий – штырями или заостренными трубками, забитыми вровень с поверхностью покрытий;
- на дорогах с низшими типами покрытий – деревянными кольшками.

Начало и конец трассы, как и весь промер линии, увязывается с существующими знаками километража, при проведении измерений по направлению километража существующей дороги. Все пикеты, кратные десяти, должны быть совмещены с положением существующих километровых знаков. В случае, если после проведенных измерений, расстояние между соседними километровыми знаками отличается более чем на 10 м то вводится рубленый пикет.

Определение ширины проезжей части, краевых уширенных полос и обочин

Ширину проезжей части, ширину левой и правой краевых уширенных полос, укрепленных и неукрепленных обочин измеряют на каждом характерном участке, но не реже тем одно измерение на 1 км.

К характерным участкам относятся:

- прямые участки в плане с одинаковой шириной проезжей части и укрепленных краевых полос, а при отсутствии краевых полос – участки дороги с одинаковой шириной проезжей части;
- участки кривых в плане;
- участки сужений проезжей части над трубами, в местах установок ограждений, парапетов, направляющих столбиков с шагом менее 10 м.

В точке измерения, одновременно с шириной проезжей части определяют геометрические параметры поперечного профиля с точностью до 0.1 м. Измерения проводят стальной лентой, рулеткой или курвиметром.

В случае, когда из-за одинакового покрытия невозможно выделить краевые укрепленные полосы, измеряют всю ширину укрепленной поверхности, а ширину укрепительных полос уточняют по данным проектной документации.

Наряду с измерением ширины проезжей части, краевых укрепленных полос и обочин фиксируются данные о числе полос движения, типе и состоянии покрытия, состоянии обочин и наличие разметки.

Определение радиусов кривых в плане

При отсутствии данных в проектной документации, определение радиусов кривых в плане существующей автодороги осуществляется путем измерения геометрических параметров в процессе изысканий.

При малых радиусах кривых и отсутствии существующих помех измерениям определение радиусов кривой производят по методу тангенсов [31]. Находят и маркируют точки начала и конца кривой на пересечении тангенсов находят вершину угла поворота (рис. 3.2).

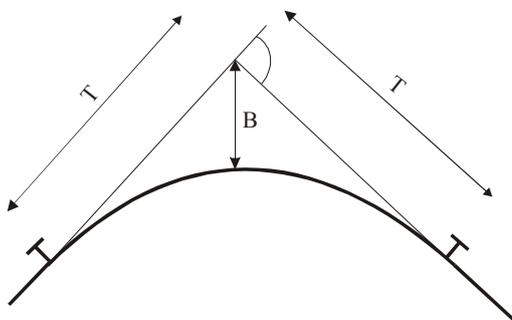


Рис. 3.2. Определения радиуса существующей кривой по методу тангенсов

С помощью теодолита и рулетки измеряют тангенс, биссектрису и угол поворота трассы. Далее по формулам (3.1, 3.2) можно определить радиус круговой кривой в плане.

$$R = T \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (3.1)$$

$$R = \frac{B \times \operatorname{Cos} \frac{\alpha}{2}}{1 - \operatorname{Cos} \frac{\alpha}{2}}, \quad (3.2)$$

При большой величине круговой кривой или невозможности произвести измерения величины угла поворота, тангенсов или биссектрисы, радиус определяют методом хорд.

Измерения производят за несколько приемов с помощью длиной мерной ленты или рулетки (рис. 3.3).

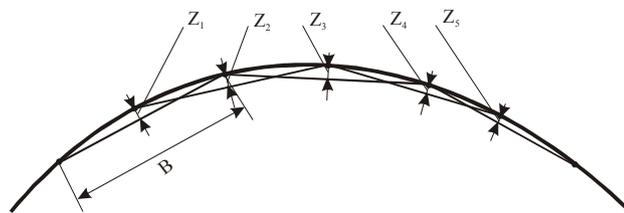


Рис. 3.3. Определение радиуса существующей кривой методом хорд

Между точками внешней стороны кривой откладывается хорда длиной 40 –60 м. Из середины хорды до пересечения с кривой восстанавливается перпендикуляр. Точка пересечения перпендикуляра с кривой служит началом следующей хорды.

В несколько приемов промеряется вся кривая. В случае круговой кривой все измерения должны быть равны между собой. Далее, на основании измерений, по формуле определяется радиус кривой:

$$R = \frac{4z^2 + b^2}{8z^2}. \quad (3.3)$$

При наличии переходных кривых необходимо учитывать сдвигку основной кривой. Конец переходной и начало круговой кривой определяют по измеренным величинам. Величины z имеют равное значение по круговой кривой при одинаковых хордах B и уменьшаются по мере приближения и прямолинейному участку по переходной кривой. В случае наличия виража, измеряют и фиксируют величину поперечного уклона. Поперечный уклон измеряют нивелиром или универсальной дорожной трехметровой рейкой.

Определение поперечных и продольных уклонов

Определение поперечных и продольных уклонов производится путем нивелирования, в отдельных случаях с помощью универсальной дорожной трехметровой рейкой. Нивелирование осуществляется по точкам, намеченным при восстановлении трассы. Инструмент устанавливается на обочине и производится нивелирование поперечников. Одна из точек закрепляется сторожкой на бровке земляного полотна.

При определении продольных уклонов должны быть найдены отметки всех переломных точек продольного профиля трассы, поэтому нивелирование осуществляется с шагом через 20 – 50 м в зависимости от длины вертикальной кривой и плавности существующей дороги.

По результатам продольного нивелирования при камеральной обработке строится продольный профиль, пользуясь которым по превышениям вычисляются продольные уклоны, а на переломах с помощью шаблонов или расчетным путем определяются радиусы вертикальных кривых.

Определение расстояния видимости

В процессе геодезических изысканий, на существующей автомобильной дороге, проверяются расстояния видимости поверхности дороги в плане и в продольном профиле.

Для проведения проверок, геодезические инструменты устанавливаются с учетом траектории движения транспортного средства, как по вертикали, так и по горизонтали, то есть высота инструмента над покрытием 1,2 м, расстояние от кромки проезжей части 1,5 – 1,7 м. В качестве измерительного инструмента обычно используют теодолиты с ярко окрашенными рейками и оптические дальнометры. Устанавливая инструмент в точках перелома плана и продольного профиля, определяется фактическое расстояние видимости (рис. 3.4).

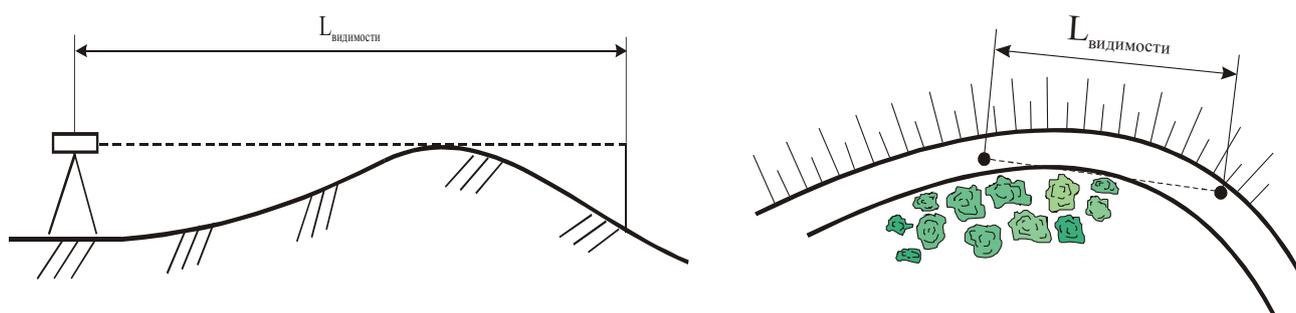


Рис. 3.4. Определение расстояния видимости в продольном профиле и плане

3.2.3. Измерение геометрических элементов с помощью передвижных лабораторий

Передвижные лаборатории для измерения геометрических элементов обычно применяются на участках автомобильных дорог большого протяжения, более 3-х километров. С помощью передвижных лабораторий возможно измерение продольных и поперечных уклонов, радиусов кривых в плане, расстояний видимости поверхности дороги, непосредственная привязка участков дороги и геодезической сетке координат через спутниковые системы. Помимо этого, выполняются измерения необходимые для диагностики и паспортизации дорог, то есть измеряются прочностные и эксплуатационные качества дороги, оценивается уровень содержания.

В настоящее время передвижные лаборатории оснащены персональным компьютером, на который в процессе измерения поступает вся необходимая информация с датчиков, и с него осуществляется контроль и управление проводимыми измерениями.

Принципиальная схема передвижной лаборатории состоит из блока геодезических датчиков, датчиков пути и регистрационно -управляющего блока.

Помимо этого, лаборатория оснащается дополнительным оборудованием, в зависимости от вида проводимых измерений. Например, системной спутниковой навигации, прибором для оценки прочности дорожных одежд, измерения ровности и шероховатости покрытий, системной видеопаспортизации дорог и т.д.

Современные передвижные лаборатории выпускаются на базе автомобилей Ford Transit Jumbo, Ford Transit Van, Iveco Daily, Fiat Ducato, Volkswagen Crafter, Peugeot Boxer, ГАЗ-3221, ГАЗ-2217 в следующих вариациях:

- передвижная лаборатория для диагностики автодорог;
- лаборатории видеопаспортизации дорог;
- передвижная лаборатория диагностики мостов;
- передвижная лаборатория контроля грунтов.

При измерениях необходимо выдерживать рекомендуемые скорости движения передвижной лаборатории:

- при оценке продольных и поперечных неровностей с диапазоном волн от 3 до 100 м – скорость 5 – 10 км/час;
- оценка крупных элементов трассы дороги (подъемы, спуски, радиусы кривых в плане и продольном профиле, поперечные уклоны) – 20 – 30 км/час.

Обработка результатов измерений производится с помощью специальных программных продуктов, выпускаемых непосредственно для передвижных лабораторий. Результатом является продольный профиль и план трассы с определенными величинами радиусов вертикальных кривых, кривых в плане, углов поворота, продольными и поперечными уклонами. План и продольный профиль привязывается к существующему пикету и геодезическим координатам.

3.2.4. Обследование дорожных одежд

Обследование дорожных одежд, включает в себя – визуальную оценку состояния дорожной одежды и инструментальные измерения [7, 29].

Визуальная оценка состояния дорожной одежды является способом получения предварительной информации, позволяющей выявить места, подлежащие детальным инструментальным измерениям. Визуальную оценку производят весной в период ослабления дорожной одежды. Ее состояние оценивают в баллах от 0.5 до 5.0:

- без дефектов, отдельные трещины – 5 – 4,5 балла;
- редкие трещины – 4,5 – 3,5 балла;
- частые трещины 3,5 – 2,5 балла;
- сетка трещин, колейность – 2,5 – 1,5 балла;
- просадки, значительная колейность, проломы – 1,5 – 0,5 балла.

Автомобильная дорога или ее отдельный участок делится на однородные отрезки длиной от 100 до 1000 м, на каждом из которых устанавливается средний бал состояния. Для детальной инструментальной оценки выделяются те участки, которые имеют наименьший бал.

Инструментальная оценка включает в себя измерения ровности и сцепных качеств покрытия автодороги, а также установления фактической прочности дорожной одежды [19,23].

Измерения ровности [12] и сцепных свойств дорожных покрытий производится с целью установления эксплуатационного состояния автомобильной дороги, и обычно при изысканиях дорог для реконструкции не применяются. Однако в отдельных случаях эти измерения необходимы для установления очередности проведения работ, особенно для тех участков, реконструкция которых предполагается в последнюю очередь.

Прочность дорожной одежды представляет собой один из важнейших показателей транспортно - эксплуатационного состояния автомобильной дороги. Прочность является определяющим фактором, обуславливающим возможность использования дорожной одежды при реконструкции.

На участках автодороги, планируемых для реконструкции, необходимо установить толщину конструктивных слоев и прочность существующей дорожной одежды, с целью определения возможности пропуска по ней перспективного движения. Необходимость определения прочности дорожной одежды предопределена тем, что в процессе длительной эксплуатации прочностные характеристики непрерывно снижаются, за счет воздействия нагрузок от автомобильного транспорта и погодно- климатических факторов.

Исходной документацией для установления конструкции дорожной одежды служит проект дороги и материалы дорожно - эксплуатационных организаций. Для автомобильных дорог при сроках эксплуатации до 10 лет конструкция устанавливается по проекту, а прочностные характеристики определяются по расчету. На более старых автодорогах в связи с износом и неравно-

мерностью проведения ремонтных работ, состав конструкции дорожной одежды и ее прочностных характеристик необходимо уточнять при полевых обследованиях.

Для определения состава конструкции дорожной одежды, толщины и свойств отдельных конструктивных слоев, с помощью специальных дорожных буровых установок, бурят скважины, диаметром от 70 до 150 мм. Из монолитных слоев конструкции получают неповрежденные керны. Скважины бурят по поперечнику автодороги в качестве 3 - х штук на поперечник: по оси и на расстоянии в 0.6 – 0.8 м от кромок покрытия. Количество поперечников назначается в зависимости от типов конструкции и на каждом характерном участке по условиям визуальной оценки, примерно через 100 – 400 м.

В целом прочность дорожной одежды характеризуется:

- модулем упругости или упругим прогибом под нагрузкой;
- прочностью по сдвигу в грунте земляного полотна и слабосвязных материалов конструктивных слоев;
- прочностью на расстояние при изгибе слоев из монолитных материалов;
- прочностью по сдвигу слоев из асфальтобетона.

Обобщающей характеристикой прочности дорожной одежды является модуль упругости. Для измерения модуля упругости или упругого прогиба конструкции при полевых обследованиях используются различные методы, которые сводятся в две группы: определение упругой деформации при статическом и динамическом нагружении. Определение модуля упругости следует производить в расчетный весенний период года, когда грунтовое основание переувлажнено и имеет наименьшие прочностные характеристики.

Оборудование для оценки прочности дорожных одежд должно обеспечивать возникновение и определение упругого прогиба, соответствующего прогибу от колеса автомобиля. В качестве расчетной нагрузки, в большинстве случаев, применяется нагрузка соответствующая группе А - 115 кН на ось. Ее параметры следующие:

- среднее расчетное удельное давление колеса на покрытие – 0,8 МПа;
- нормированная нагрузка на колесо – 57,5 кН;
- расчетный диаметр следа колеса автомобиля при динамической нагрузке 0,345 м, при статической нагрузке – 0,303 м.

При статическом способе измерения упругого прогиба применяют длиннорычажный рычажный прогибомер и двухосный грузовой автомобиль.

Фактический модуль упругости определяют по формуле:

$$E_{\phi} = \frac{P \times D}{\ell} \times (1 - \mu^2), \quad (3.4)$$

где P – среднее удельное давление (0,8 МПа);

D – диаметр круга, равновеликий отпечатку колеса (м);

ℓ - измеренный прогиб дорожной одежды (м);

μ – коэффициент Пуассона ($\mu=0,3$).

При динамическом способе загрузка производится падающим грузом на жесткий круглый штамп или гибкий штамп в виде спаренного колеса. Прогиб определяют вибрографами или специальными датчиками.

3.2.5. Обследование искусственных сооружений

Обследование искусственных сооружений производится с целью оценки несущей способности и грузоподъемности, а также возможности использования искусственного сооружения в целом или отдельных его элементов, после реконструкции автомобильной дороги.

При обследовании водопропускных труб решаются следующие задачи:

- оценка режима работы водопропускной трубы;
- оценка состояния русла и оголовков;
- оценка состояния тела трубы и отдельных звеньев;
- инструментальные измерения (определение размеров отверстия, длины звеньев и трубы в целом, тип и размеры оголовков и укреплений, продольный уклон трубы);
- определение возможности использования водопропускной трубы после реконструкции автодороги.

Обследование автодорожных мостов необходимо рассматривать в рамках отдельного курса – реконструкции автодорожных мостов.

3.2.6. Оценка фактической интенсивности, состава и скорости движения

Данные о фактической интенсивности, составе и скорости движения являются основой для принятия решения о реконструкции участка или автодороги в целом, а также для определения перспективной интенсивности движения.

Учет движения на магистральных дорогах проводится не реже 2 раза в 5 лет, а на дорогах областного и местного значения не реже 1 раза в 5 лет. При проведении сбора данных о фактической интенсивности и составе движения допускается периодический (выборочный), так и непрерывный способы учета. Для проведения измерений возможно использование автоматических установок или при отсутствии или выходе из строя счетчиков – визуально.

Периодический сбор информации производится 4 раза в квартал:

- первый месяц 2 раза: один в рабочий и один в выходной дни;
- во второй и третий месяцы квартала – по одному разу в рабочий день.

Непрерывный сбор данных производится на опорных стационарных пунктах с помощью автоматических установок в течение 24-х часов во все учетные дни.

При кратковременном визуальном учете необходимо регистрировать время начала и окончания наблюдения и все проходящие через отбор автомобили с указанием марок. Для получения суточной интенсивности данные краткосрочного учета должны быть скорректированы с учетом коэффициентов приведения.

Так при начале измерения в 8 часов утра и продолжительности замера 1 час, коэффициент приведения составляет 6,09 %, а при продолжительности замера в 6 часов – 37,53 %.

В качестве оборудования для автоматизированного способа сбора данных могут использовать различные системы, состоящие из:

- детектора транспорта (индуктивные рамки, уложенные в покрытие);
- вторичные приборы;
- источники питания;
- кабели для подключения вторичных приборов к детекторам транспорта.

Анализатор АСТП – 7 м предназначен для учета объемов движения транспортного потока с разделением по составу движения на шесть групп с отдельным началом общего счета и при скорости движения автомобилей от 10 до 100 км/ч.

Разделяются следующие счетные группы:

1 группа - «Автобусы»;

2 группа - «Легковые автомобили»;

3 группа - «Грузовые автомобили свыше 3 т.с.»;

4 группа - «Грузовые автомобили свыше 3 т.с. с прицепом и полуприцепом»;

5 группа - «Грузовые автомобили до 3 т.с.»;

6 группа - «Грузовые автомобили до 3 т.с. с прицепом и полуприцепом»;

7 группа - «Общий счет».

При визуальной оценке фактической интенсивности и состава движения целесообразно итоговые результаты измерений приводить к этим же группам.

3.3. Требования охраны труда и техники безопасности при изысканиях для реконструкции

Работы по обследованию автомобильных дорог относятся к категории опасных. Необходимо соблюдать действующие правила техники безопасности при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. В случае выполнения работ непосредственно на дороге, должны соблюдаться требования инструкции по организации движения и ограждению мест производства работ. Обязательно наличие яркой экипировки у участников измерений, знаков «Ремонтные работы» и «Ограничения скорости», решетчатых ограждений. Используемый автотранспорт, передвижную лабораторию, оснащают знаками, проблесковыми маячками и работы ведутся под их прикрытием. Большинство работ стремится вынести на обочины или приблизить к обочине.

4. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РЕКОНСТРУКЦИИ, РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

4.1. Общие сведения о разработке проектов реконструкции дорог

Проект реконструкции автомобильной дороги выполняется на основе определения пропускной способности, скорости движения потока автомобилей, коэффициентов аварийности и коэффициентов расчетной скорости. В общем случае основными задачами при разработке проекта являются:

- исправление трассы в плане;
- улучшение продольного профиля;
- уширение земляного полотна;
- возвышение земляного полотна и устранение пучинистых мест;
- перестройку пересечений в одном уровне;
- реконструкцию и усиление дорожной одежды.

Подход к решению технических задач, возникающих при реконструкции, существенно отличается от решений, принимаемых в новом строительстве. Это объясняется связью с существующей дорогой, в которые уже вложены значительные средства, а придорожная полоса может содержать элементы придорожного сервиса: автозаправочные станции, площадки отдыха, кемпинги и возможно наличие снегозащитных и других инженерных сооружений. Все эти элементы необходимо увязывать в проекте реконструкции автодороги с целью возможности их дальнейшего использования.

При разработке проекта возможны два принципиально разных способа выполнения наставленных задач по реконструкции автомобильной дороги:

1. Коренное исправление сразу больших участков дороги.
2. Постепенное улучшение отдельных участков, по мере того как они начинают стеснять движение.

Первый способ дает радикальное решение проблемы улучшения условий движения. Однако он требует больших денежных затрат, трудовых и материальных ресурсов. Помимо этого, отдельные участки автомобильной дороге работают в значительно облегченном режиме.

Во втором случае предусматривается постепенное вложение средств в реконструкцию. Основным недостатком этого метода является постоянное проведение строительных работ на автомобильной дороге, что приводит к ухудшению условий движения.

В итоге можно отметить, что проект реконструкции автомобильной дороги является поиском компромиссных решений между возможностью использования существующей дороги и элементов ее обустройства и необходимостью удовлетворить требования к элементам дороги следующей, более высокой категории. Качество разрабатываемого проекта будет напрямую зависеть от знаний специалиста особенностей работы автомобильной дороги как инженерного сооружения.

4.2. Особенности разработки проекта реконструкции автомобильных дорог

4.2.1. Стадии выполнения проектных работ, предпроектная и проектная документация

Разработка предпроектной и проектной документации на реконструкцию автомобильной дороги осуществляется на основе прогнозов социально - экономического развития Российской Федерации и отдельных ее регионов. Организации, занимающиеся работой по проектированию, должны иметь лицензию на право осуществления этой деятельности и контракт, заключенный с заказчиком в установленном порядке. Заказчиками является Федеральная Дорожная Служба через Федеральную Дирекцию строительства дорог, Федеральные территориальные управления и Управления дорогами. Заключение контракта на выполнение проекта реконструкции проводится на основе результатов проведения торгов между несколькими проектными организациями.

В заявке на проведение торгов организации должны указывать:

- общую сметную стоимость выполненных работ;
- оснащенность организации техникой, приборами и оборудованием;
- кадровый состав организации;
- технические решения, принимаемые проектной организации, на основе ранее выполненных проектов;
- сроки выполнения проекта.

Неотъемлемой частью контракта является задание на проектирование. Вместе с утвержденным заданием заказчик должен предоставлять проектной организации исходные данные для проектирования.

Разработка проекта реконструкции автомобильной дороги включает в себя основные стадии:

- программа развития дороги;
- обоснование инвестиций;
- инженерный проект;
- рабочая документация.

Дополнительно, при подготовке документации, обосновывающей реконструкцию автомобильной дороги, производится оценка воздействия на окружающую среду.

Для несложных объектов реконструкции, не требующих изменения плана и продольного профиля существующей дороги, допускается разработка инженерного проекта на основе только программы развития дорог, то есть без стадии обоснования инвестиций.

Эффективность проектных решений достигается;

- применением вариантного проектирования;
- выделение первоочередных участков реконструкции, обеспечивающих высокие показатели эффективности;

- рациональным решением изменения плана и продольного профиля, обеспечивающим оптимальные транспортно – эксплуатационные характеристики и минимальные стоимости работ;
- оптимальным размещением пересечений и примыканий;
- внедрением прогрессивных конструктивных решений и использованием современных материалов и технологий.

Сравнение вариантов проектов реконструкции дороги производится путем расчетов экономической эффективности инвестиций с учетом затрат на содержание и ремонты, транспортно - эксплуатационных расходов на природоохранные мероприятия и компенсации экономического ущерба, то есть с учетом приведенных затрат. Расчетный период при разработке проекта реконструкции принимается равным 20 лет, а для плана трассы увеличивается до 30 лет.

4.2.2. Задание на разработку проекта реконструкции, исходные данные

Задание на разработку проекта выдается заказчиком вместе с исходными данными на проектирование и включает в себя:

- задание на разработку обоснования инвестиций;
- задание на разработку инженерного проекта реконструкции участка автомобильной дороги.

Задание на разработку *обоснования инвестиций* составляется в следующей последовательности:

1. Основание для разработки проекта;
2. Местонахождение объекта;
3. Общие характеристики объекта:
 - представляется техническое и транспортно-эксплуатационное состояние существующей дороги, состав и распределение транспортных потоков, пропускная способность дороги;
 - транспортно - экономическая характеристика района прохождения дороги;
 - прогноз роста объемов перевозок и интенсивности движения;
 - рекомендации по развитию дороги, по снижению экологического воздействия;
 - очередность мероприятий по дальнейшему развитию дороги.
4. Необходимость проведения изысканий (виды изысканий, их состав и местоположение обследуемых участков);
5. Продолжительность реализации развития дороги (в соответствии со СНиП или аналогом);
6. Дополнительные требования к оценке воздействия на окружающую среду;

7. Особые условия (в расчет инвестиций не включаются объекты, с их указанием, финансируемые из других источников, исполнение ранее выполненных изыскательских и проектных работ);

8. Исходные данные;

9. Срок представления заказчику обоснования инвестиций.

В качестве приложения к заданию на разработку обоснования инвестиций Заказчиком представляются исходные данные, которые содержат:

1. Паспорт дороги, карточки искусственных сооружений, результаты обследований и изысканий;

2. Данные о транспортно - эксплуатационном состоянии дорог и мостов;

3. Данные об участках, находящихся в процессе реконструкции;

4. Материалы о ранее проводимых изысканиях и проектных разработках;

5. Копии отдельных участков генеральных планов населенных пунктов при проведении реконструкции внутри города;

6. Сведения о существующих сооружениях сервиса находящихся в придорожной полосе;

7. Справка о наличии полезных ископаемых;

8. Сведения о памятках истории, археологии и культуры;

9. Данные о существующем состоянии окружающей среды.

Помимо этого, проектной организации выдается задание на разработку инженерного проекта, в котором указывается:

1. Обоснование для проектирования;

2. Исходные данные для проектирования;

3. Необходимость выделения строительных контрактов;

4. Выполнение изысканий;

5. Техничко-экономические показатели объекта такие как: категория участка дороги; протяжение дороги; расчетная скорость; ширина земляного полотна, ширина проезжей части, ширина разделительной полосы, капитальность дорожной одежды; габариты мостов и путепроводов, расчетные нагрузки.

4.2.3. Программа развития дороги, обоснование инвестиций

Программа развития дороги является первой стадией разработки проекта реконструкции дороги. Целью разработки программы развития дороги является определение экономической целесообразности и очередности проведения работ по ремонту, реконструкции и строительству дороги, ее участков и сооружений. На основе разработанной программы осуществляется планирование дорожных работ на средние и длительные сроки.

Программа развития дороги разрабатывается на основе федеральных или региональных программ развития автомобильных дорог, на автомобильную дорогу в целом или ее участок.

При разработке программы развития федеральной автомобильной дороги заказчик представляет органам исполнительной власти варианты принципиаль-

ного решения вопросов реконструкции (перевод в I техническую категорию, обход населенных пунктов). В представленных материалах производится сравнение с учетом изменения зон тяготения, влияние на социальное и экономическое развитие и экологическую обстановку региона, изъятие земельных участков и размеров, а так же экономической эффективности инвестиций. В конечном итоге принимается решение о целесообразности принятия предлагаемого варианта реконструкции.

Второй стадией проекта реконструкции автомобильной дороги является обоснование инвестиций.

Обоснование инвестиций разрабатываются для участков нового строительства, обходов больших населенных пунктов, реконструкции крупных мостовых переходов, и реконструкции участков автодороги с изменением плана и продольного профиля. Результаты обоснования инвестиций служат основанием для принятия решений о технической возможности, экономической социальной целесообразности инвестиций в реконструкцию рассматриваемого объекта. При необходимости, обоснование инвестиций содержит решения по очередности производства работ при реконструкции.

Обоснование инвестиций должно включать в себя пояснительную записку содержащую следующие разделы:

1. Исходные положения – обоснование разработки задания на обоснование инвестиций, характеристику существующей дороги, особенности природных и экологических условий.

2. Транспортно - экономическая характеристика района тяготения – рассматриваются показатели экономики района тяготения и перспективы его развития; существующее состояние дорожной сети, а так же основные грузообразующие и грузопоглащающие пункты, транспортные связи, анализ перевозок по видам сообщения и видам транспорта.

3. Прогнозирование, анализ и сравнение вариантов влияния работ по реконструкции или ремонту рассматриваемого объекта, в течение расчетного периода на социальное, экономическое и экологическое состояние близлежащих территорий. Помимо этого, необходимо учитывать содержание рассматриваемого объекта, изменения транспортных, строительных и эксплуатационных затрат, потерь от дорожно -транспортных происшествий за весь период службы. В итоге соответственно определить экономическую эффективность инвестиций.

4. Основные технические решения по реконструируемому варианту. Включаются: расчетная скорость движения; нормативы и варианты продольного и поперечных профилей; капитальность и прочность дорожной одежды; типы и местоположения транспортных развязок и пересечений с автомобильными и железными дорогами; расчетные нагрузки мостовых переходов и путепроводов, их габариты и требования к судоходным пролетам; рекомендации об очередности проведения работ по реконструкции и их продолжительность.

5. Оценка воздействия на окружающую среду.

6. Объемы инвестиций. Расчет производят по каждому участку в текущем уровне цен по укрупненным показателям. Рассматриваются вопросы о долевом участие в производстве работ субъектов РФ.

7. Оценка социально - экономической эффективности и последствий от реализации принятого варианта развития дороги.

8. Проверка экономической устойчивости проекта с учетом факторов неопределенности и риска.

9. Предложения по созданию и эксплуатации платных дорожных объектов.

10. Сведения о населенном пункте, в случае выполнения варианта его обхода. Включается: генеральный план населенного пункта, схема развития транспортной сети.

11. В случае производства реконструкции мостового перехода необходимо собрать данные о существующем мостовом переходе, такие как: его протяженность, протяженность подходов, габариты, нагрузки, конструкция, класс реки, и т.д.

12. Конкурсная документация для проведения подрядных торгов на виды работ или в целом по реконструкции объекта «под ключ».

Помимо пояснительной записки, в томе обоснования инвестиций должны быть включены итоговые материалы и документы такие как:

- карта - схема транспортной сети района;
- сводная ведомость грузоподъемности, грузооборота и интенсивности движения;
- таблица основных технико-экономических показателей;
- план трассы М 1:1000 или 1:25000;
- при необходимости продольный профиль;
- типовые поперечные профили;
- конструкция принятого варианта дорожной одежды;
- ведомость мостов и путепроводов;
- ведомость пересечений, примыканий, автобусных остановок и площадок отдыха;
- ведомость грунтовых резервов и местоположений дорожно-строительных материалов;
- перечень и копии документов согласований.

4.2.4. Инженерный проект и рабочая документация

Задачами инженерного проекта являются:

- выбор оптимальных инженерных решений для стратегии развития определяемой на предыдущей стадии;
- определение объема работ и необходимых инвестиций;
- подготовка документов и материалов для отвода земельных участков и выплаты компенсаций;

- составление комплекса документов для организации подрядных торгов.

Разделы инженерного проекта выполняются в виде отдельных томов или книг. Материалы, обосновывающие технические решения включают:

- пояснительную записку;
- расчет стоимости реконструкции и ремонта объекта;
- так же обязательные материалы, обосновывающие те или иные решения.

Пояснительная записка должна содержать:

- исходные данные и согласования;
- технические решения и данные о грузоподъемности, грузообороте и интенсивности движения;
- обоснование проектных решений;
- оценку безопасности движения;
- характеристику объекта по наличию предприятий стройиндустрии, транспортной схемы поставки основных материалов;
- предположения по этапам реконструкции;
- данные о расчетной стоимости;
- обоснование принятой продолжительности производства работ;
- сведения об использованных изобретениях;
- технико-экономические показатели, полученные в результате разработки инженерного проекта;
- сведения о согласовании проектных решений и отступлений от действующих нормативных документов.

Материалы, обосновывающие инженерные решения, должны в полной мере отражать и характеризовать все виды работ предусмотренных при реконструкции. Они служат основой для разработки сметной документации: В их состав входят:

1. Копия задания.
2. Карта – схема транспортной сети.
3. Сводная ведомость грузонапряженности.
4. Таблица основных технико-экономических показателей.
5. План трассы М 1: 2000 – 1:10000.
6. Продольный профиль.
7. Типовые поперечные профили.
8. Варианты конструкций дорожной одежды.
9. Ведомость проекта дорожной одежды.
10. Покилометровая ведомость оплачиваемых земляных работ.
11. Ведомость искусственных сооружений.
12. Варианты схем мостов и путепроводов при их длине более 100м
13. При необходимости, варианты схем опор мостов.
14. Ведомость пересечений и примыканий.
15. Варианты схем развязок в разных уровнях.
16. Ведомость автобусных остановок.

17. Ведомость площадок отдыха.
18. Ведомость переустройства коммуникаций.
19. Чертежи конструкций и сооружений.
20. Ведомость грунтовых резервов.
21. График обстановки дороги.

Сметная документация выполнения работ приводится в виде инвесторского сметного расчета. Инвесторский сметный расчет предназначен для конфиденциальной информации заказчика об ожидаемых размерах инвестиций и оценки предложений подрядных организаций при проведении подрядных торгов. В инвесторском расчете определяется полная стоимость строительства, включая ожидаемую стоимость строительных контрактов и затраты заказчика на проектно-изыскательские работы; содержание службы заказчика; отвод, приобретение и аренду земельных участков; проведение торгов на проектно-изыскательские и подрядные работы, а также оперативное руководство. Инвесторский расчет представляется в текущем и прогнозируемом уровне цен. При составлении инвесторского расчета представляется следующая документация:

- сводка затрат;
- сводный сметный расчет стоимости;
- проект ведомости стоимости работ;
- сводные и локальные сметные расчеты.

Конкурсная документация состоит из следующих разделов:

- стандартные документы торгов;
- краткая пояснительная записка;
- технические спецификации;
- ведомость объемов работ;
- чертежи основных сооружений и конструкций.

Рабочая документация разрабатывается для детализации проектных решений, принятых в инженерном проекте. Ее состав определяется и уточняется Заказчиком в задании на проектирование. Для несложных объектов рабочая документация может не выделяться в отдельный раздел и входить в состав инженерного проекта.

5. МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ УЧАСТКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ПЛАНЕ И ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ

5.1. Исправление трассы в плане

Реконструкция автомобильной дороги направлена на улучшение дорожных условий, повышение безопасности движения и пропускной способности путем рационального сочетания элементов плана и продольного профиля, исходя из условий движения транспортного потока. При назначении тех или иных элементов плана и продольного профиля автомобильной дороги проходящей через населенные пункты, необходимо учитывать требования охраны окружающей среды, в частности газо-шумового загрязнения придорожной полосы.

Проектные решения должны быть направлены на экономию топлива и других материально-технических ресурсов. Помимо этого, необходимо обеспечить условия по дальнейшему развитию дороги путем стадийного строительства.

Необходимость изменения трассы автодороги в плане вызывается следующими причинами:

- устранение необоснованной извилистости, а так же мест, где водителю неясно направление дальнейшего движения;
- необходимостью увеличения радиусов кривых в плане;
- обходом населенного пункта;
- улучшением пересечения малых водотоков;
- перестройкой пересечений с автомобильными и железными дорогами;
- улучшением условий водоотвода.

5.1.1. Устранение извилистости и обеспечение ясности направления движения

Исторически направление большинства современных автомобильных дорог складывалось на протяжении десятилетий или даже столетий. Поэтому на существующих дорогах, имеющих привязку к старым направлениям, сохраняется первоначальная извилистость в настоящее время ничем не обоснованная.

Извилистое направление старых дорог была обусловлена:

- стремлением соединить одной дорогой большее число населенных пунктов на расстоянии одного дневного перехода в условиях гужевого движения;
- недостаточной мощностью дорожно-строительной техники при прохождении сложных участков дороги, болот, оврагов, спуска к крупным водотокам.

Необоснованная извилистость дороги приводит к снижению скорости перевозок и значительному увеличению пробега автомобилей. Средняя кривизна трассы в плане может характеризоваться коэффициентом K_T (рад./км.):

$$K_T = \frac{\sum \alpha_i}{L}; \quad (5.1)$$

где α_i – величина углов поворота в радианах; L – длина дороги или рассматриваемого участка в км.

Существует зависимость между коэффициентом кривизны трассы в плане и средней скорости транспортного потока. Так при $K_T = 1$ для автодорог I категории $v_{cp} \approx 70$ км/ч; II – III категории $v_{cp} \approx 53$ км/ч, IV – V категории $v_{cp} \approx 40$ км/ч. При $K_T = 0.5$ эти значения соответственно увеличиваются до 75, 60 и 45 км/ч, при $K_T = 0.1$ приближается к расчетной скорости для соответствующей категории, то есть до 100, 80, 60 км/ч соответственно.

Существует несколько подходов для устранения извилистости дороги:

– для автомобильных дорог III – IV технических категорий предназначенных для местного сообщения и с наличием небольшого количества транзитного транспорта, устранение извилистости производится в пределах существующей полосы отвода, путем спрямления сравнительно коротких участков и увеличения радиусов кривых в плане;

– для автомобильных дорог II технической категории, при большом количестве транзитного транспорта, спрямление осуществляется значительными участками с устройством обходов малых населенных пунктов;

– для магистральных автомобильных дорог I технической категории целесообразно рассмотрение двух вариантов:

1. Отказ от старого направление дороги и строительство дороги по новому направлению;

2. Максимально возможное использование существующей автомобильной дороги для движения в одном направлении и строительство противоположной полосы движения. Осуществляется обязательный обход населенных пунктов и устройство пересечений в разных уровнях.

Во всех случаях разработки проекта реконструкции необходимо рассматривать несколько вариантов проектирования трассы. При устранении извилистости автомобильной дороги необходимо соблюдать рекомендуемые максимальные углы поворотов (таблица).

Таблица

Максимальные углы поворотов

Техническая категория дороги	Величина максимального угла поворота
II	- 0.5 рад – 28.6°
III	- 0.6 рад – 34.4°
IV	- 0.9 рад – 51.6°
V	- 1.0 рад – 51.3°

Случай необходимости устранения извилистости, который был вызван желанием снижения объемов земляных работ при прохождении оврагов, низин (рис. 5.1). Так же при этом возможно проявление неясности направления дальнейшего движения (рис. 5.2).

Различные случаи расположения трассы, требующие обязательного исправления при проведении работ по реконструкции.

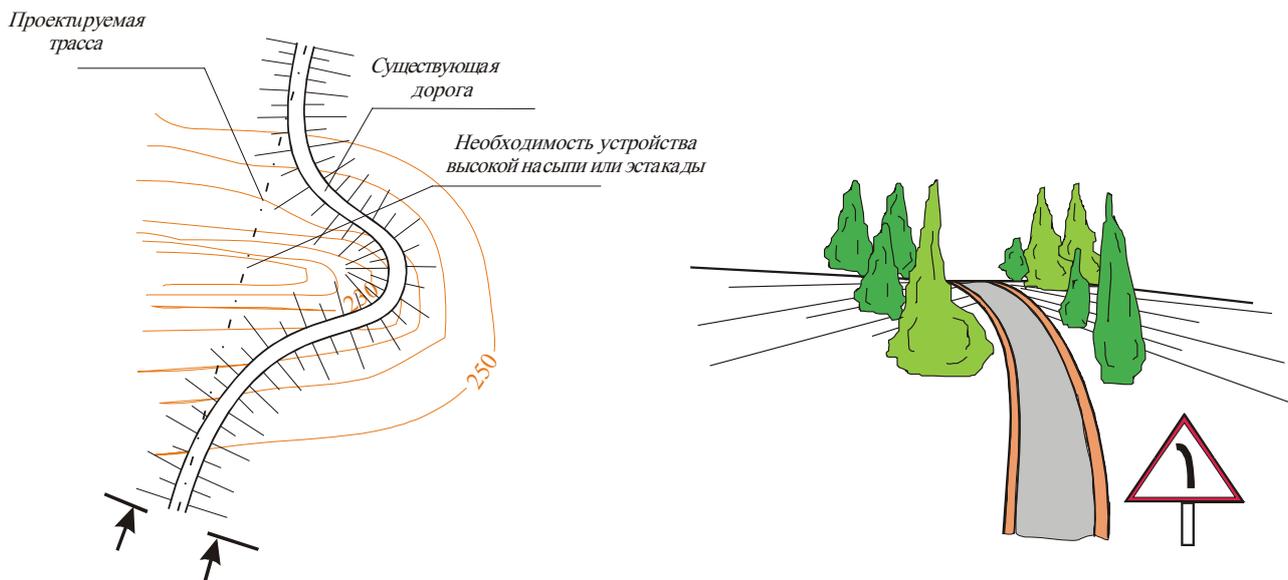


Рис. 5.1. Случай необходимости устранения извилистости, вызванной снижением объема земляных работ

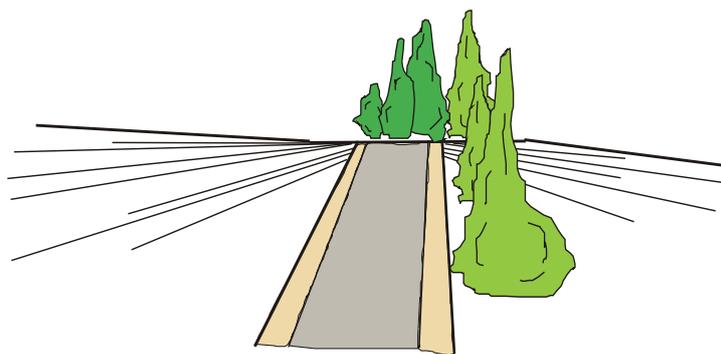


Рис. 5.2. Случай проявления неясности дальнейшего направления движения

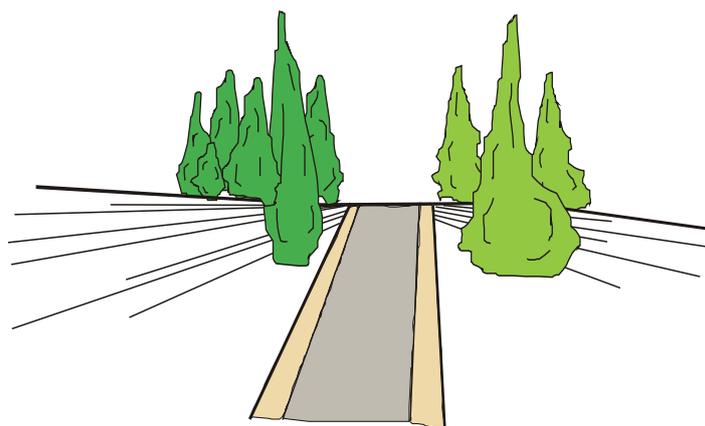


Рис. 5.3. Исправление путем увеличения радиуса кривой в плане

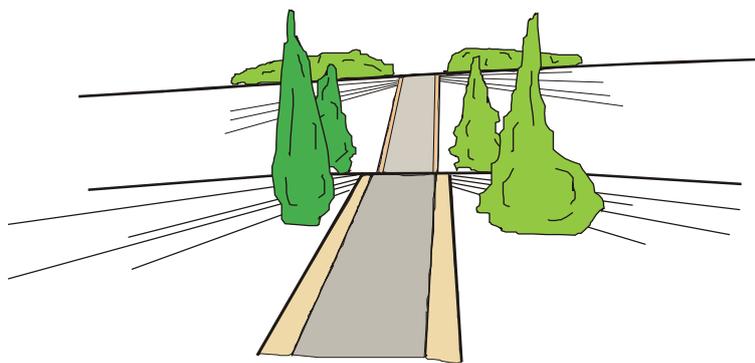


Рис. 5.4. Исправление путем пересадки деревьев

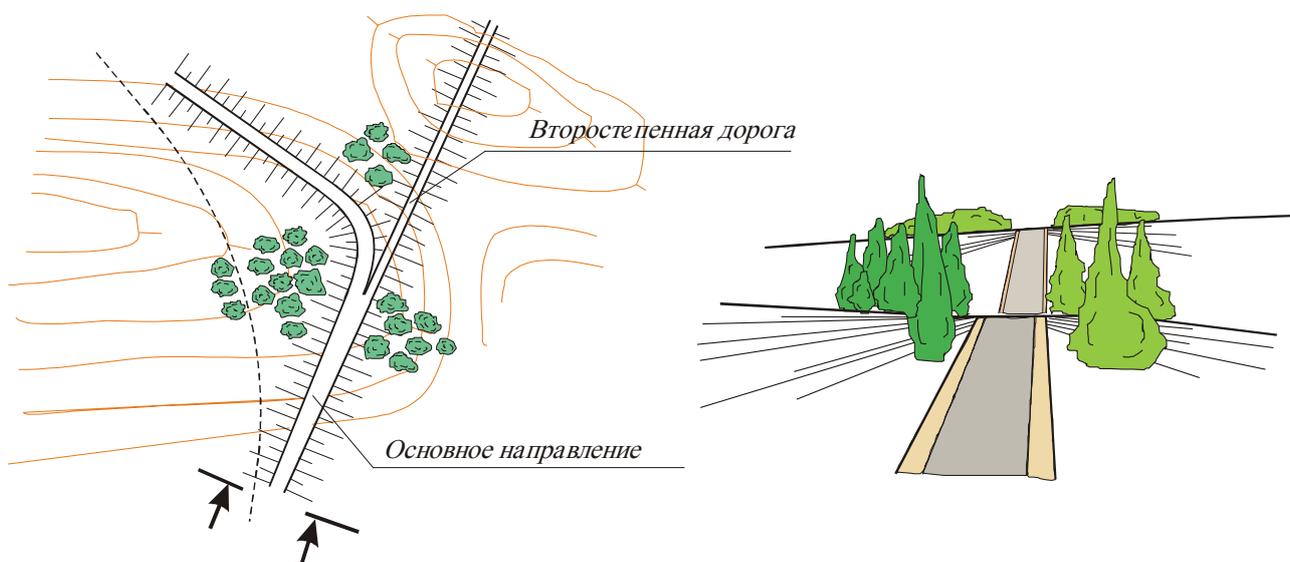


Рис. 5.5. Случай неудачного примыкания

Примыкание второстепенной дороги по прямому направлению (рис. 5.4, 5.5). Обязательным условием исправления элементов плана является установка соответствующих информационных знаков (рис. 5.3) и нанесение разметки.

5.1.2. Исправление кривых малого радиуса

В проектах реконструкции автомобильных дорог кривые малых радиусов в плане перестраиваются в следующих случаях:

- при резком ухудшении транспортно-эксплуатационных качеств дороги на участках кривых;
- в случаях увеличения числа дорожно-транспортных происшествий;
- при возникновении возможности задача транспортного средства на встречную полосу при проезде по кривой.

В результате исследований установлено значительное увеличение аварийности на кривых в плане радиусом менее 600 м. В этих случаях происходит

резкое снижение скорости автомобилей перед такими участками, делается попытка срезать кривую с выездом на встречную полосу, а так же необоснованное повышение скорости после проезда середины кривой при хорошей видимости. Поэтому в результате проведения работ по реконструкции автомобильной дороги необходимо исправлять и перестраивать кривые с радиусом менее 600 м.

Основной способ улучшения условий движения в этом случае, это увеличение радиуса с обязательным устройством виража. Однако этот способ влечет за собой значительную сдвижку оси дороги и, соответственно, связанные с этим земляные работы, снос возможных строений и занятие новых земельных угодий. Поэтому вместо круговой кривой большого радиуса могут быть предусмотрены две сопрягающие переходные кривые (рис. 5.6). В этом случае необходимо уширение с внутренней стороны проезжей части.

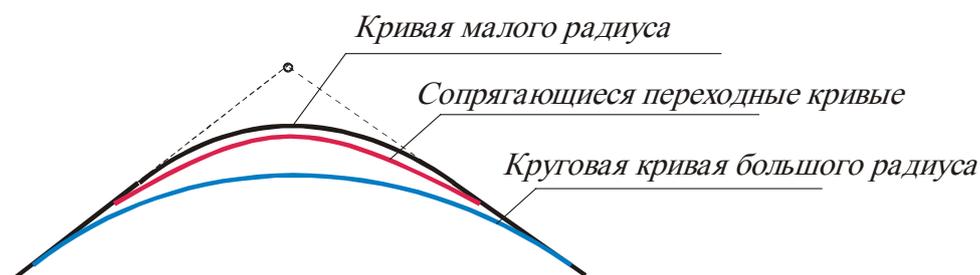


Рис. 5.6. Способы исправления кривых малого радиуса

В ряде случаев для повышения безопасности движения, с целью исключение выезда автотранспорта на встречную полосу, устраивается островок безопасности, ширина которого не менее 0.5 м с обустройством его бордюрным камнем (рис. 5.7).

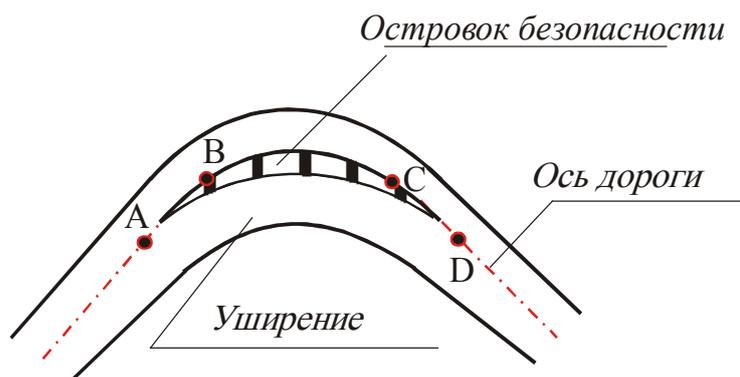


Рис. 5.7. Уширение проезжей части на кривой с устройством островка Безопасности

Так же возможен пропуск автотранспорта на кривой малого радиуса, по отдельным полосам движения в каждом направлении, с устройством разделительной полосы (рис. 5.8).

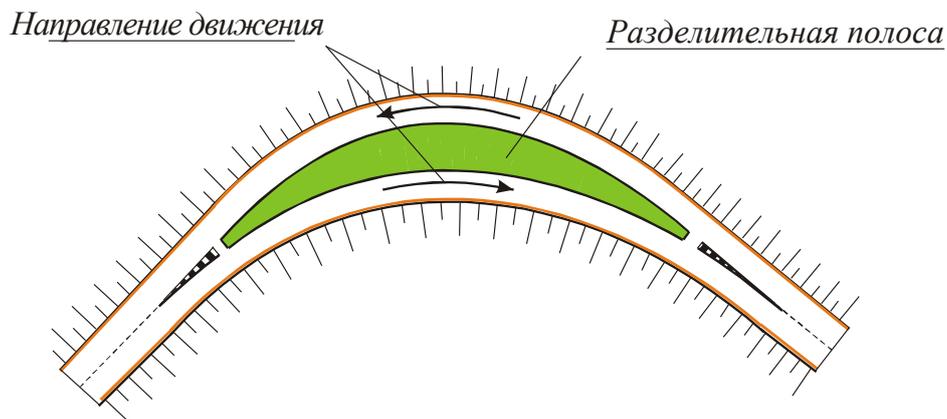


Рис. 5.8. Устройство разделительной полосы на кривой малого радиуса

При размещении кривой малого радиуса на косогоре и разделении проезжих частей в разных направлениях поперечный профиль земляного полотна выполняют в разных уровнях (рис. 5.9).

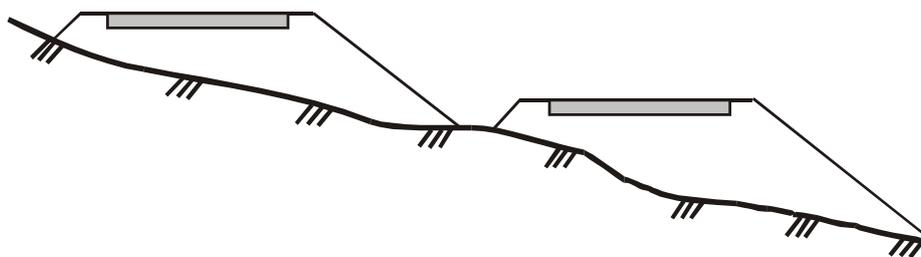


Рис. 5.9. Поперечный профиль земляного полотна в случае размещения кривой малого радиуса с разделительной полосой на косогоре

При перестройке кривых малого радиуса, во всех случаях необходимо предусматривать и использовать средства организации движения: информационные знаки, разметка и ограждения с указанием направлением движения.

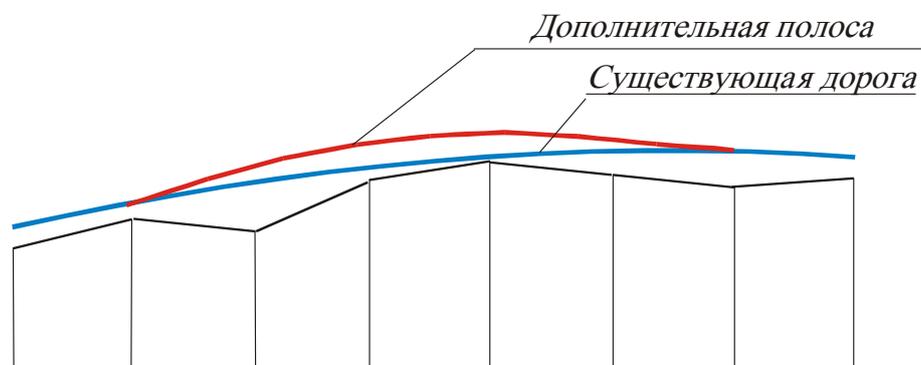


Рис. 5.10. Особенность продольного профиля

При разработке проекта реконструкции кривых малого радиуса необходима обязательная проверка видимости. В случае не обеспечения видимости нужны специальные мероприятия, такие как: срезка откосов выемок, рубка леса, удаление возвышающихся предметов.

5.1.3. Улучшение пересечений водотоков

Неудачные проектные решения при пересечении водотоков связаны:

- со стремлением пересечь русло строго перпендикулярно течению реки;
- желанием сократить длину моста или объема земляных работ на подходах.

Помимо этого, реконструкции подвергаются сами мостовые сооружения, если они не удовлетворяют требованиям возрастающей интенсивности и грузоподъемности. В остальных случаях без реконструкции или переноса мостового перехода осуществляют перестройку подходов с увеличением радиусов кривых в плане, который должен быть не менее 250 м. При необходимости реконструкции или переноса мостового перехода принимаются несколько вариантов производства работ:

- перенос моста с устройством глубокой выемки и высокой насыпи;
- постройка косоугольного моста (рис. 5.12);
- постройка криволинейного моста в плане (рис. 5.11);
- прохождение подходов криволинейной эстакадой и строительство косоугольного моста (рис. 5.13).

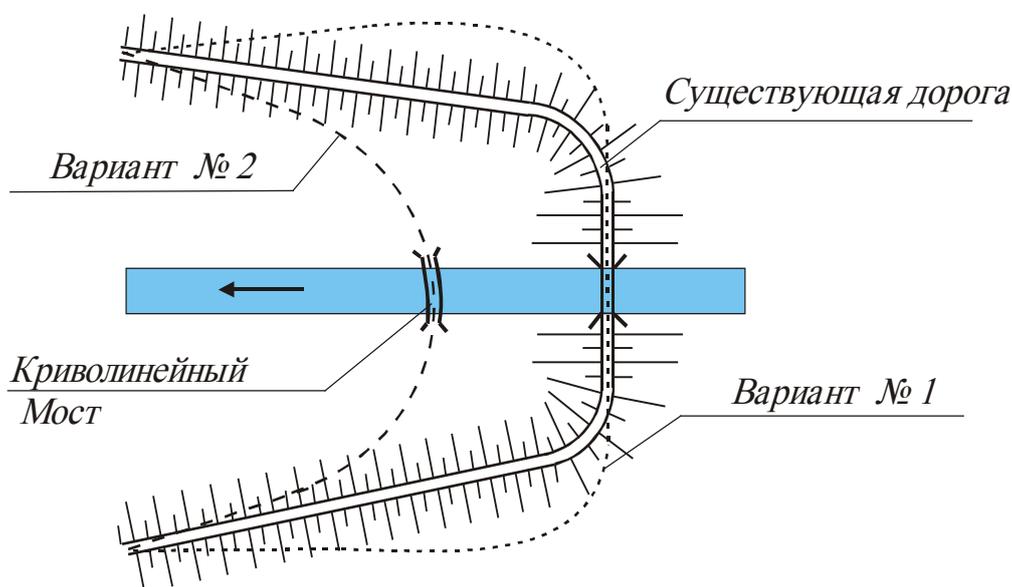


Рис. 5.11. Исправление неудачных подходов путем увеличения радиусов кривых в плане – вариант № 1, устройства криволинейного моста – вариант № 2

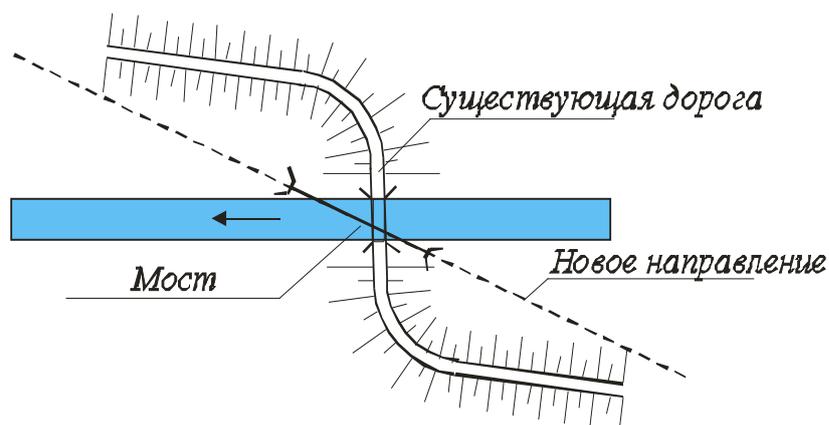


Рис. 5.12. Проектирование нового направления трассы на подходах

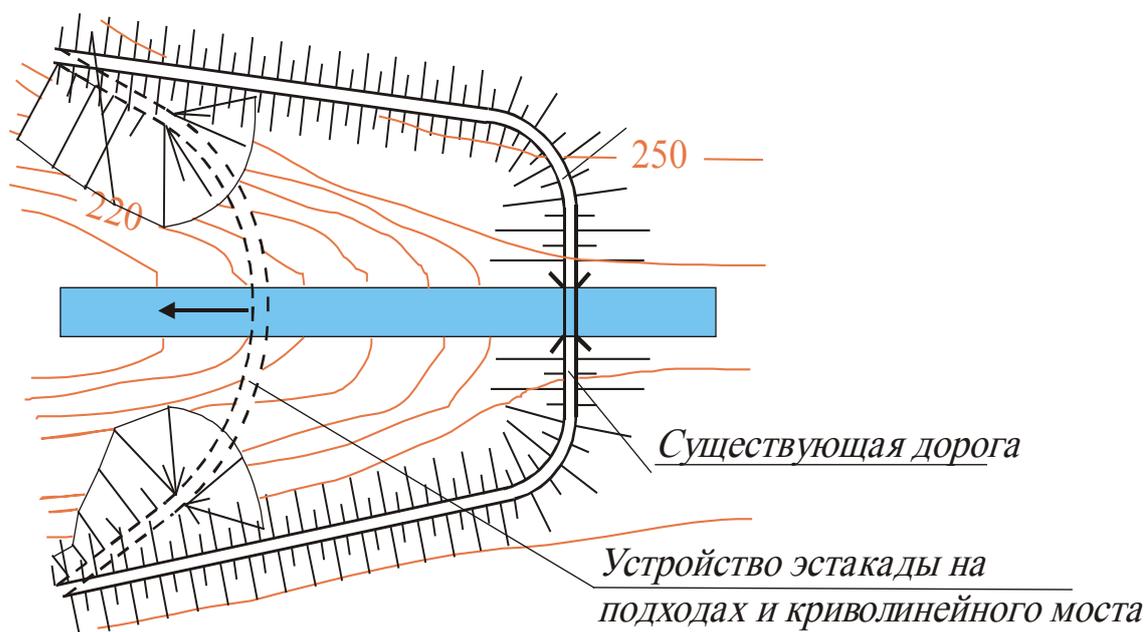


Рис. 5.13. Проектирование эстакады на подходах и криволинейного мостового перехода

При разработке вариантов реконструкции подходов к мосту необходимо учитывать и изменения продольного профиля. Поэтому обязательно рассматриваются вопросы обеспечения водоотвода, в случае расположения мостового перехода на вогнутой кривой, а также водно-теплового режима земляного полотна.

5.1.4. Обходы населенных пунктов

Изменение трассы в плане, так же бывает вызвано необходимостью обхода населенного пункта [34]. Этот способ улучшения транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги обосновывается:

- большим количеством транзитного движения;
- снижением аварийности;

- повышением скорости движения и сокращением времени на перевозки;
- улучшением экологической обстановки населенных пунктов.

При реконструкции дороги всегда необходимо оценивать эффективность строительства обходов населенных пунктов на основании анализа соотношения между транзитным и местным движением.

Наблюдения показывают, чем крупнее населенный пункт, тем меньше процент транзитного движения по сравнению с местным. Крупные города являются грузообразующими и грузопотребляющими центрами, а так же центрами пассажирского движения.

Доля транзитного транспорта подсчитывается по формуле:

$$N = 115 - 18 \log W , \quad (5.2)$$

где W – число жителей в населенном пункте.

Для малых населенных пунктов, в большинстве случаев реконструкции магистральных и межобластных дорог, обязательно проектируются варианты обходов.

Особое внимание уделяется расположению трассы. При этом комплексно решаются вопросы:

- эффективности выноса дороги за пределы населенного пункта или ее сохранения;
- учета требований охраны окружающей среды.

Как правило, для дорог I и II технических категорий с большим количеством транзитного движения, обход малых населенных пунктов является обязательным. Для дорог III - IV технических категорий, реконструкцию можно проводить, не вынося трассу за пределы населенного пункта. При этом в случае ограничения скорости движения для легковых автомобилей до 60 км/ч, а грузовых до 50 км/ч интенсивность загрязнения окружающей среды на расстоянии 9 – 10 м от кромки покрытия приближается к нулю.

Для крупных городов обходы выполняются в виде кольцевых дорог. В этом случае существенно улучшается возможность доставки грузов в любую часть города без проезда по городской черте. В то же время, кольцевые дороги вокруг крупных городов стягивают значительную часть местного движения и межрайонных перевозок.

При проектировании кольцевых дорог, особую важность приобретает следующие вопросы:

- расположение кольцевой дороги;
- расстояние от городской черты;
- удобство выезда с любого района на кольцевую магистраль.

На перспективу развития населенного пункта в плане города, необходимо учитывать возможность устройства нескольких колец с различной степенью удаления, и строительством магистральных радиальных дорог.

5.2. Реконструкция элементов продольного профиля

Реконструкция элементов продольного профиля бывает вызвана:

- недостаточной высотой насыпи на участках, с которых не обеспечен отвод воды и наблюдается пучинообразование;
- на участках обертывающего профиля с необеспеченной видимостью;
- на участках крутых подъемов и спусков;
- на участках частых пилообразных переломов профиля с малым шагом проектирования и малыми радиусами вертикальных кривых.

При назначении различных способов реконструкции элементов продольного профиля, в отдельных случаях используют коэффициент кривизны продольного профиля $K_{пр}$ определяемый, так же как и для плана трассы. Исходя из обеспечения скорости движения автомобилей и минимального уровня шумового загрязнения, значения коэффициента кривизны для дорог I категории принимаются равным не более 0,05; для II категории – 0,12; для III – IV категории – 0,20 – 0,24 соответственно.

Выбор различных способов исправления продольного профиля зависит от продольных уклонов, категории автомобильной дороги, степени изношенности конструкции дорожной одежды, радиусов выпуклых и вогнутых кривых и многих других факторов.

При небольших продольных уклонах местности оптимальный вариант исправления профиля автомобильной дороги заключается в увеличении радиусов вертикальных кривых (рис. 5.14). В этом случае осуществляется срезка выпуклых кривых и подъемом вогнутых с соответствующей подсыпкой дополнительной насыпи.

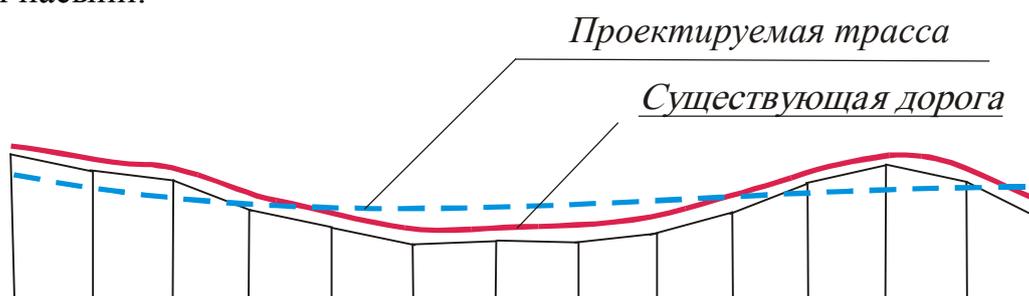


Рис. 5.14. Вариант проектного решения по исправлению продольного профиля

Данный способ целесообразен в том случае, когда имеются заниженные отметки земляного полотна, а дорожная одежда тонкослойная с высокой степенью изношенности и не может быть использована в конструкции усиления. То есть в результате производства работ часть конструкции дорожной одежды

удаляется, в местах выпуклых кривых, а часть замуровывается в земляное полотно на участках вогнутых кривых.

В случае пилообразного профиля с частными переломами, оптимальным будет вариант выравнивания отметок проектируемой дороги по возвышенным участкам (рис. 5.15).

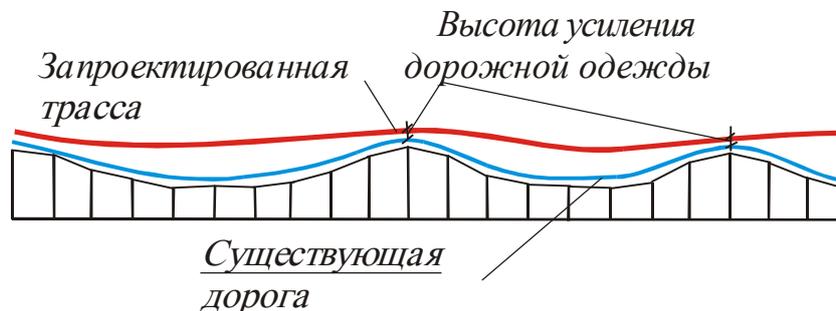


Рис. 5.15. Исправление пилообразного продольного профиля

При проведении реконструкции подходов к мостовым переходам, вопрос об увеличении высоты насыпи решается целиком из условий реконструкций самого моста. Если мост полностью перестраивается, то одновременно стремятся повысить уровень проезда и соответственно увеличивается высота насыпи подходов. В обратном случае удовлетворительного габарита и состояния мостового перехода выбирается вариант реконструкции без перестройки подходов.

На пересечениях узких долин с крутыми склонами вместо увеличения высоты насыпи возможно строительство виадука на высоких опорах (рис. 5.16).

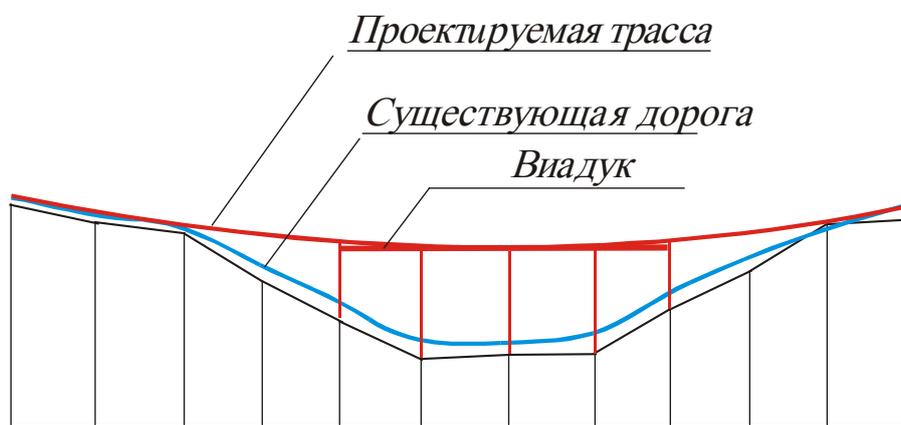


Рис. 5.16. Устройство виадука при пересечениях узких долин

Все перечисленные способы связаны с коренным изменением продольного профиля реконструируемой дороги. Однако в большинстве случаев изменения принимаются на основе учета минимального увеличения толщины проезжей части, исходя из расчета усиления дорожной одежды. В этих случаях минимально поднимается проезжая часть на выпуклых кривых, а в местах упола-

живания вогнутых кривых поднятие проезжей части может достичь 30 - 50 см (рис. 5.17).

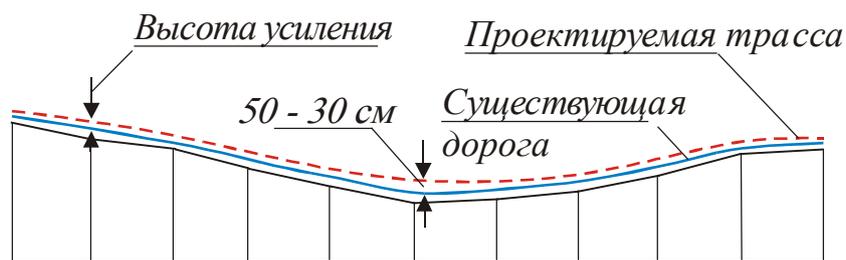


Рис. 5.17. Наиболее распространенный вариант реконструкции продольного профиля

Особую сложность вызывает перестройка затяжных подъемов и спусков с продольными уклонами не соответствующими перспективной интенсивности движения и техническим параметром проектируемой дороги. Полная реконструкция таких участков требует устройства глубоких выемок с большим объемом земляных работ. В качестве экономически - выгодного решения этой проблемы возможно устройство, при движении на подъем, дополнительной полосы для тихоходного транспорта, а основная полоса остается для обгона. Проектные решения устройства дополнительных полос обязательно должны содержать и переходно-скоростные участки (рис. 5.18). Переходно-скоростные полосы (шлюзы) устраиваются за 50 – 100 м до начала подъема и за 100 – 350 м после окончания подъема. В этом случае обязательна установка информационных знаков и хорошо видимой разметки.

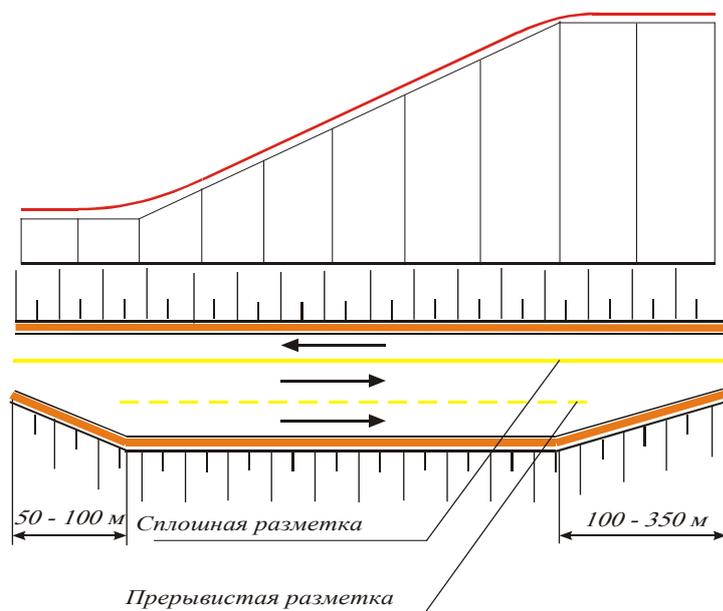


Рис. 5.18. Устройство дополнительных полос на подъемах с предельно-допустимыми продольными уклонами

В качестве страховки на длинных затяжных спусках возможно устройство «аварийных тупиков» для остановки автомобилей при неожиданном выходе из строя тормозных систем (рис. 5.19). Аварийный съезд представляет собой тупик с обратным уклоном на подъем не менее 100 ‰. На этом участке должно быть создано повышенное сопротивление качению автомобиля в виде вспаханного грунта, песка, гравийной засыпки, а также барьера в конце съезда из сжимаемых конструкций. Длина аварийного тупика назначается в зависимости от скорости движения транспортных средств по автомобильной дороге.

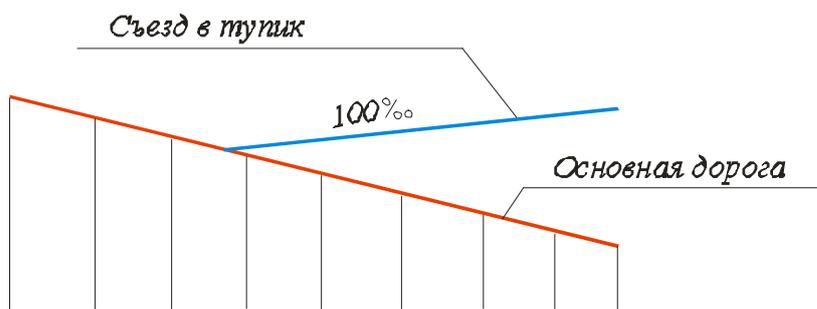


Рис. 5.19. Варианты устройства аварийных тупиков, в плане и продольном профиле

6. МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

6.1. Причины, вызывающие необходимость изменения конструкции земляного полотна

Реконструкция по своим задачам и направлению требует улучшения транспортно - эксплуатационного состояния существующей автомобильной дороги путем изменения ее конструктивных элементов. Однако любое изменение одного параметра автоматически приводит к общему изменению конструкции. Поэтому при разработке проекта реконструкции дороги, необходимо уделять особое внимание комплексному решению поставленных задач.

Земляное полотно, являясь фундаментом любой автомобильной дороги, наиболее подвержено переустройству при любых видах работ по улучшению транспортных, эксплуатационных и прочностных параметров. Причины, вызывающие необходимость его реконструкции следующие:

– ***переход с одной транспортной категории в другую;***

В этом случае, даже при сохранении существующего плана и профиля трассы, требуется уширение земляного полотна и дорожной одежды.

– ***различные изменения плана трассы, такие как: увеличение радиусов кривых, спрямление участков, обход населенных пунктов, устройство виражей;***

В условиях нового строительства земляное полотно проектируется с учетом технических параметров новой автомобильной дороги. По реконструируе-

мым участкам существующей дороги выбираются варианты уширения земляного полотна. Помимо этого решаются задачи сопряжений участков нового строительства и реконструируемых частей дороги.

– ***изменение продольного профиля;***

При различных вариантах улучшения транспортно -эксплуатационных параметров существующей дороги с учетом требований более высокой технической категории возникает необходимость устройства глубоких выемок или высоких насыпей. В этих случаях земляное полотно реконструируемой дороги может быть срезано или увеличено до требуемых размеров.

– ***обеспечение условия снегозаносимости;***

Помимо изменения конструкции земляного полотна, данные вопросы могут решаться путем разработки различных снегоудерживающих мероприятий. В остальных вариантах, уполаживаются откосы земляного полотна до 1:5 и 1:6, а так же повышаются рабочие отметки.

– ***устранение пучинистых мест и улучшение водно-теплового режима земляного полотна;***

– ***усиление конструкции дорожной одежды;***

Вследствие данного вида работ повышаются отметки проезжей части, и соответственно требуется досыпка и укрепление обочин.

– ***устройство дополнительных полос на подъемах, при реконструкции развязок в одном уровне, обеспечение подъездов к различным элементам обустройства дороги;***

– ***перевод автомобильной дороги в I техническую категорию, то есть с разделительными полосами для движения в каждом направлении;***

При проектировании различных вариантов изменения конструкции земляного полотна необходимо учитывать особенности технологии строительства и организации производства работ. Особенности, возникающие на стадии строительства следующие:

- непостоянство объемов работ по протяжению дороги;
- необходимость обеспечения связи вновь отсыпаемого грунта со старым уплотнившимся земляным полотном;
- отсыпка тонких слоев грунта на откосах и сложность их уплотнения;
- использование привозного грунта;
- необходимость реконструкции искусственных сооружений попадающих в зону строительства.

6.2. Одностороннее и двустороннее уширение земляного полотна

При проведении реконструкции автодороги или отдельных ее участков возможны следующие способы уширения насыпей и выемок: двухстороннее и одностороннее уширение.

При двустороннем уширении (рис. 6.1) ось реконструируемой дороги совмещается с осью существующей. Данный метод используется в случае

необходимости расположения большей части дорожной одежды на прочном, уплотненном основании. При этом двустороннее уширение наиболее целесообразно при насыпях менее 2 - х метров.

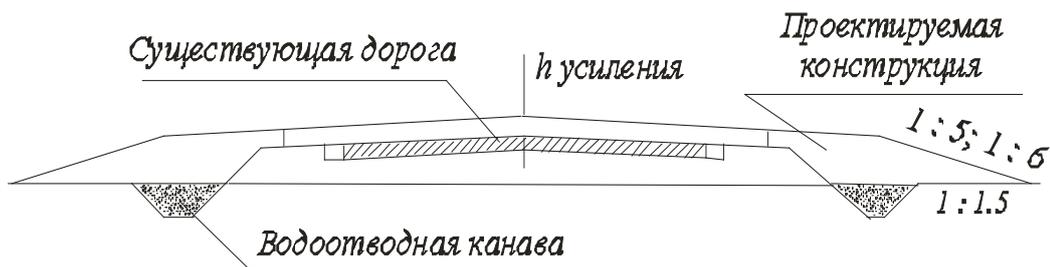


Рис. 6.1. Двустороннее уширение земляного полотна

При наличии боковых водоотводных канав на существующей дороге, в процессе выполнения двустороннего уширения их засыпают дренирующим грунтом с более тщательным уплотнением. Так же необходимо предусматривать срезку растительного слоя с откосов насыпи и кюветов. Особую сложность в процессе производства работ по двустороннему уширению земляного полотна, представляет обеспечение связи присыпанного грунта со старым земляным полотном. В отдельных случаях при невысоких насыпях до 2-х метров возможно рыхление откосов земляного полотна старой дороги с нарезкой продольных бороздок. Оптимальным решением является использование того же грунта, который применяется для отсыпки существующей насыпи. Так же возможно использование песчаных не пылеватых грунтов. В случае высоких, более 2-х метров насыпях или расположения дороги на косогорах, с заложением 1:3, для обеспечения связи и устойчивости присыпного грунта, на старом земляном полотне устраиваются уступы (рис. 6.2). Ступени уступов имеют ширину до 0.5 м и уклон в сторону насыпи до 50 %.

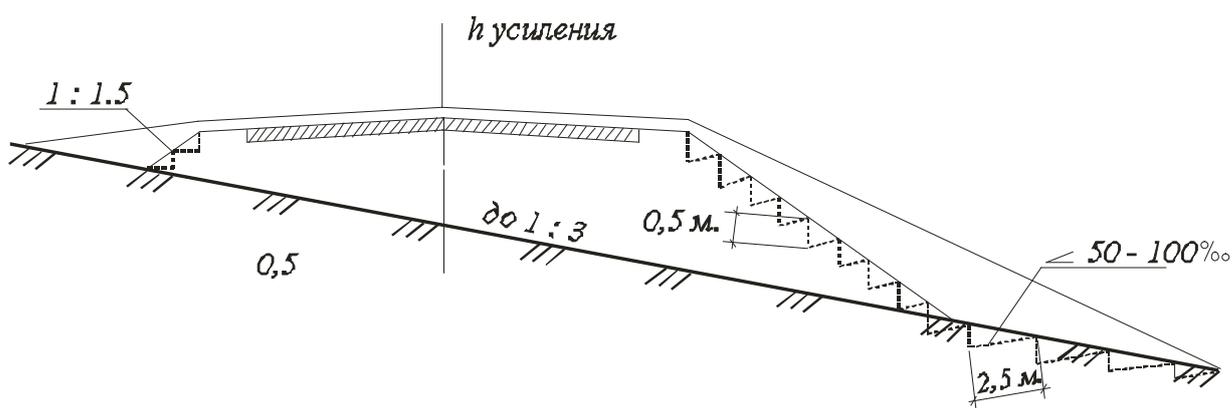


Рис. 6.2. Вариант двустороннего уширения земляного полотна на косогоре

Одностороннее уширение земляного полотна предусматривает смещение оси проектируемой дороги от оси существующей (рис. 6.3). В этом случае очевидны основные недостатки данного способа:

- часть дорожной одежды устраивается на вновь отсыпанном грунте, которому трудно придать ту же плотность, что и существующему земляному полотну;
- в связи со смещением оси двухскатной проезжей части значительно возрастает расход материалов усиления конструкции дорожной одежды.

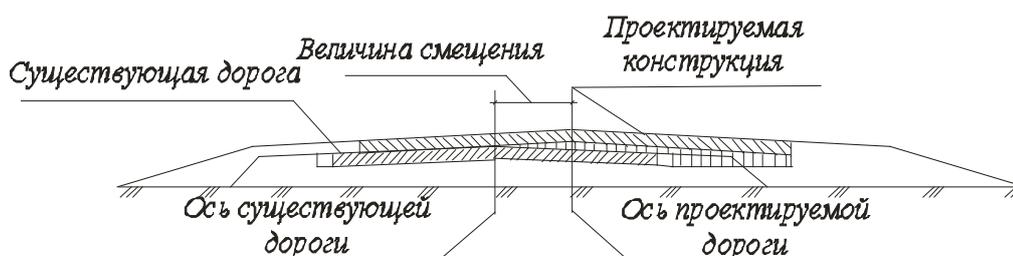


Рис. 6.3. Одностороннее уширение земляного полотна

Однако наряду с отмеченными недостатками, главным положительным фактором выбора такого способа уширения земляного полотна является легкая организация производства работ. Устройство уширения ведется с одной стороны автомобильной дороги и нет трудностей связанных с обеспечением связи нового и старого грунта.

В случаях устройства уширения на косогорах, ось дороги целесообразно смещать в сторону косогора, даже с условием устройства выемки (рис. 6.4).

В итоге можно отметить, что при любых способах уширения земляного полотна необходимо обеспечить хорошее сопряжение между присыпаемым и старым грунтом насыпи. В этом случае обеспечивается совместная работа старого и нового земляного полотна. В противном случае может произойти сползание вновь отсыпанной части насыпи от воздействия воды и транспортных нагрузок.

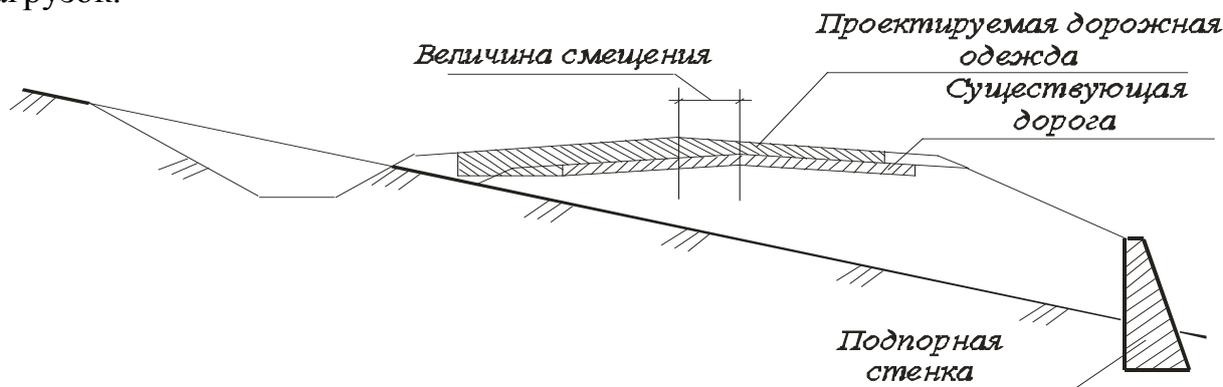


Рис. 6.4. Устройство одностороннего уширения земляного полотна на косогоре

Особым случаем реконструкции земляного полотна является перевод II; III и IV технической категории в автомагистраль – I техническую категорию (рис. 6.5).

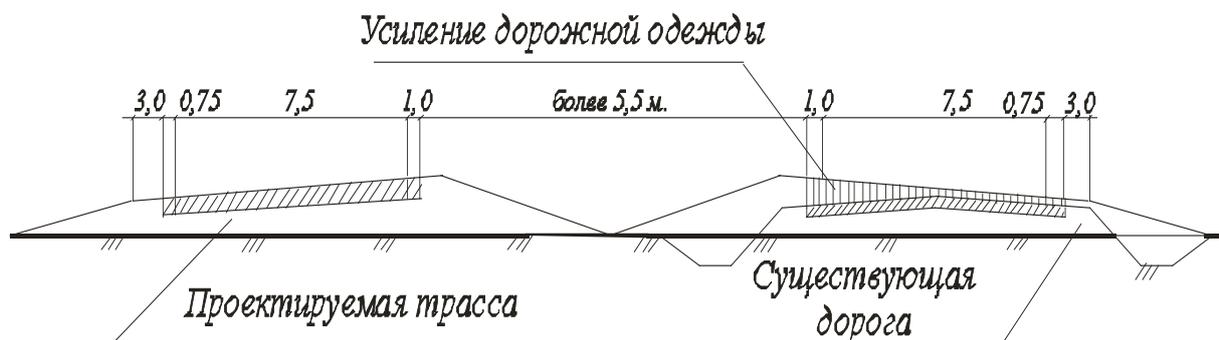


Рис. 6.5. Вариант реконструкции земляного полотна с переводом автомобильной дороги в I техническую категорию

6.3. Улучшение водно-теплового режима земляного полотна

Во многих местах реконструируемой дороги основными причинами, вызывающими необходимость увеличивать высоту насыпи земляного полотна, являются образования пучин и недостаточная снегозащита. Обеспечение снего-незаносимости автодороги в насыпи обычно достигается повышением отметки бровки земляного полотна на 20 – 30 см, а также уполаживанием откосов до заложения 1:5 – 1:6. Помимо этого возможно устройство различных снегозадерживающих устройств. Особой темой рассматриваемой при разработке проектов по реконструкции автодороги является улучшение водно-теплового режима земляного полотна, то есть устранение пучинообразования.

Фактически, образование пучин происходит в связи с сочетанием на участке автодороге ряда факторов, таких как: близкое к поверхности дороги расположение источников увлажнения, высокая степень пучинистости грунта земляного полотна, неблагоприятные погодные-климатические факторы. Все это приводит к интенсивной миграции влаги к поверхности земляного полотна в зимний период и образование там ледяных построек. Со временем увеличение толщины льда в прослойке приводит к вспучиванию покрытия. В весенний период, оттаивание льда вызывает избыточное увлажнение земляного полотна, особенно в месте ледяной линзы. В итоге происходит разрушение данного участка дороги.

При новом строительстве причины пучинообразования устраняются путем повышения отметок земляного полотна и отсыпанием верхней его части из грунтов, не подверженных пучению на участках дороги с избыточными показателями увлажнения.

В общем случае, существуют следующие методы улучшения водно-теплового режима земляного полотна:

1. Устранение источников увлажнения земляного полотна

– во всех случаях производства работ по реконструкции необходима организация поверхностного водоотвода с придорожной полосы. При этом выполняется планирование придорожной полосы, устранение застоев воды путем проектирования новых водоотводных канав и прочисткой старых.

– помимо этого, возможно понижение уровня грунтовых вод путем устройства дренажей. Это является наиболее дорогим методом. При длительной эксплуатации происходит заливание дренажей и в случае недостаточного уклона по отводу воды, они сами становятся источниками увлажнения земляного полотна.

– при прохождении реконструируемой автомобильной дороги по косогору или в выемке наиболее целесообразно устройство перехватывающего дренажа со стороны косогора или откоса выемки. Данные дренажи более устойчивы в работе, но нуждаются в регулярной промывке и содержании.

2. Замена пучинистых грунтов, устойчивыми песчаными грунтами толщиной в верхней части земляного полотна не менее 50 –60 см

– в этом случае, оставшейся части земляного полотна необходимо придать уклон от 40 –60 % для отвода скапливающейся воды.

3. Прерывание капиллярного - пленочного или парообразного поднятия воды из увлажненных слоев грунта

– на практике, в земляном полотне устраиваются водонепроницаемые прослойки из грунтов, обработанных органическим вяжущим, толщиной 3-5 см; из гидроизоляционных материалов - полиэтиленовой пленки, нетканых паропрерывающих и капиллярно-прерывающих прослоек. Водонепроницаемые прослойки следует располагать ниже уровня промерзания. При необходимости, возможно в конструкции земляного полотна устраивать теплоизоляционные слои. Помимо названных материалов в качестве капиллярно-прерывающей прослойки, допускается использовать гравий, крупнозернистый песок, керамзит и другие пористые материалы, толщиной 30 – 40 см.

– наряду с предложенными способами, возможно в нижней части земляного полотна устраивают слои из материалов способных поглощать воду, не снижая прочностные показатели конструкции. В этих случаях применяют металлургические шлаки или же крупнообломочные грунты, укрепленные медленнотвердеющими вяжущими (гранулированными шлаками).

4. Предохранение земляного полотна от промерзания

– устройство теплоизолирующих слоев из пенопласта или полиуретана.

Помимо этого возможно применение котельных и металлургических шлаков.

В итоге, необходимо отметить, что перестройка земляного полотна в местах пучинообразования требует продуманного устройства сопряжения с земляным полотном, не требующим переустройства.

7. РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

7.1. Принципы реконструкции проезжей части автомобильных дорог

Проезжая часть – дорожная одежда, является важнейшим элементом автомобильной дороги, обеспечивающим основные транспортно – эксплуатационные показатели, удобство, комфортность и безопасность движения автотранспорта [25]. В процессе разработки проекта методы и способы реконструкции проезжей части дороги определяют реконструкцию земляного полотна и принципиальный подход в реконструкции продольного профиля. Поэтому вопросы по реконструкции проезжей части решаются совместно с реконструкцией дороги в плане, продольном профиле.

Дорожная одежда является наиболее дорогостоящим элементом автомобильной дороги, как с точки зрения стоимости составляющих материалов, так и с позиции ее устройства. В то же время она наиболее подвержена износу и разрушению в процессе эксплуатации.

В общем случае, **под реконструкцией дорожной одежды** подразумевают устройство слоев усиления старой конструкции, а так же, в отдельных случаях, ее полная или частичная разборка.

При разработке проекта реконструкции стремятся максимально использовать существующую конструкцию дорожной одежды. Возможность использования старой конструкции дорожной одежды зависят от ее состояния, характера реконструкции продольного профиля, наличия и протяженности участков дороги, проходящих по новому направлению.

В случае многочисленных разрушений дорожной одежды, таких как выбоины, сетка трещин, волны, проломы, низкой несущей способности – модуль упругости составляет менее 50 % от первоначального, данная конструкция подлежит разборке, с последующим использованием ее материалов. При этом необходимо произвести исследование свойств материалов с целью определения путей их рационального использования в конструкции будущей дороги. Если в конструкции реконструируемой дороги были использованы некондиционные местные материалы, такие как: малопрочные известняки, ракушечники или битумоминеральные смеси на их основе, песчаные асфальтобетоны, то их дальнейшее использование нецелесообразно, вследствие их необратимых разрушений при эксплуатации. Поэтому может быть выбран вариант замуравывания такой конструкции под высокую насыпь без разборки.

При устройстве обходов населенных пунктов, участки, не попадающие под реконструкцию, рассматриваются как подъезды к населенным пунктам, и следует предусматривать ремонт проезжей части на них.

На участках дороги, оставшихся в результате устранения извилистости, рассматривают варианты устройства заправочных станций или элементов сервиса. Если в этом нет необходимости, то эти участки подлежат разработке.

В большинстве случаев существующую дорожную одежду стремятся сохранить и использовать в виде основания для будущей конструкции.

В общем случае, при реконструкции автомобильной дороги обязательно требуется реконструкция проезжей части, даже если не изменяются элементы плана и профиля трассы. То есть необходимо обеспечить технические параметры дороги той категории, в которую реконструируется дорога.

В проекте реконструкции автомобильной дороги необходимо на каждом характерном участке трассы разрабатывать поперечные конструкции проезжей части. При этом учитываются поперечные профили земляного полотна и принятые варианты технологии производства работ.

К характерным участкам относятся:

- участки с двухсторонним уширением проезжей части и земляного полотна;
- участки с двухсторонним уширением проезжей части и устройством остановочных полос на обочинах (участки в населенных пунктах и на подъездах к ним);
- участки с односторонним уширением проезжей части и земляного полотна на перегонах;
- участки с односторонним уширением проезжей части при устройстве дополнительных полос движения, съездов к элементам сервиса;
- участки с односторонним и двусторонним уширением проезжей части при реконструкции пересечений и примыканий в одном и разных уровнях;
- участки в выемках с односторонним, или двусторонним уширением проезжей части.

7.2. Проектирование и расчет дорожных одежд при реконструкции

При разработке конструкции дорожной одежды в проекте реконструкции автомобильной дороги необходимо учитывать следующие особенности, в отличие от нового строительства:

- максимальное использование существующей дорожной одежды;
- обеспечение равнопрочности между реконструируемой и заново устроенной дорожной одеждой;
- предотвращение появления копирующих трещин на заново устроенных слоях покрытия;
- обеспечение совместной работы слоев усиления и старой конструкции дорожной одежды.

Исходя из особенностей работы в период эксплуатации, усилению подлежат дорожные одежды нежесткого типа. Жесткие дорожные одежды после 15 – 20 лет работы имеют многочисленные дефекты и разрушения, которые, как правило, отражаются и на слоях усиления. Помимо этого для жестких конструкций практически невозможно обеспечить прочное, однородное объединение старой плиты со слоями усиления. Поэтому, в большинстве случаев, цемент-

тобетонное покрытие подлежит разработке, дроблению и вторичному использованию.

В зарубежном опыте производства работ по реконструкции жестких конструкций, дробление старой цементобетонной плиты осуществляется на месте с одновременным уплотнением. В итоге полученный слой используют в качестве основания будущей конструкции.

В первую очередь на стадии проектирования необходимо ознакомиться с проектной и исполнительной документации. В проектной документации выясняют принятые расчетные характеристики конструктивных слоев существующей дорожной одежды и грунта земляного полотна. По исполнительной документации определяют сроки проведения ремонтных работ, таких как устройство дополнительных слоев асфальтобетона, а так же поверхностной обработки.

Вторая стадия проектирования конструкции дорожной одежды включает в себя:

- установление возможности использования старой конструкции в виде слоя основания будущей дороги;
- проектирование и расчет слоев усиления существующей дорожной одежды;
- проектирование и расчет дорожной одежды в местах нового строительства, включая полосы уширения проезжей части;
- обеспечение трещиностойкости покрытия против появления копирующих трещин, а так же в местах сопряжения слоев усиления и нового строительства.

Первоначально, при разработке вариантов реконструкции дорожной одежды, необходимо определить требуемый тип покрытия, на основании данных о воздействии расчетной нагрузки в перспективе на 15 лет. Усовершенствованный тип покрытия для капитальных дорожных одежд назначается при интенсивности воздействия расчетной нагрузки более 300 единиц в сутки, для облегченных дорожных одежд – от 100 до 300 единиц в сутки, переходный тип покрытия назначается при интенсивности менее 100 единиц в сутки. При этом тип нового покрытия должен быть выше или равен типу старой конструкции.

Важнейшей характеристикой для реконструкции дорог является прочность существующей дорожной одежды, приведется и расчетному, весеннему периоду, при максимальном ослаблении земляного полотна. Прочность дорожной одежды характеризуется эквивалентным модулем упругости на поверхности, который определяется в период изысканий динамическим или статическим методом. Помимо определения прочности, необходимо изучить проектную документацию на предмет уточнения конструкции существующей дорожной одежды, оценить состояние и свойства материалов слоев.

Усиление конструкции дорожной одежды подразумевает их утолщение или устройство более совершенных типов покрытий, с использованием существующей одежды в качестве основания. Проектирование и расчет слоев усиления осуществляется с использованием основных положений проектирования

нежестких дорожных одежд по ОДН 218.046-01 [25], но с учетом особенностей связанных с наличием старой конструкции и характера исходных данных. В зависимости от исходных данных проектирование и расчет слоев усиления можно осуществлять двумя способами.

Первый способ обычно используют при наличии проектных данных на старую дорожную одежду, данных материалов изысканий содержащих результаты измерений всех толщин конструктивных слоев дорожной одежды, характеристику их состояния, сведения о виде грунта земляного полотна и условий его увлажнения. В этом случае расчет усиления дорожной одежды производят по всем критериям прочности (рис. 7.1).

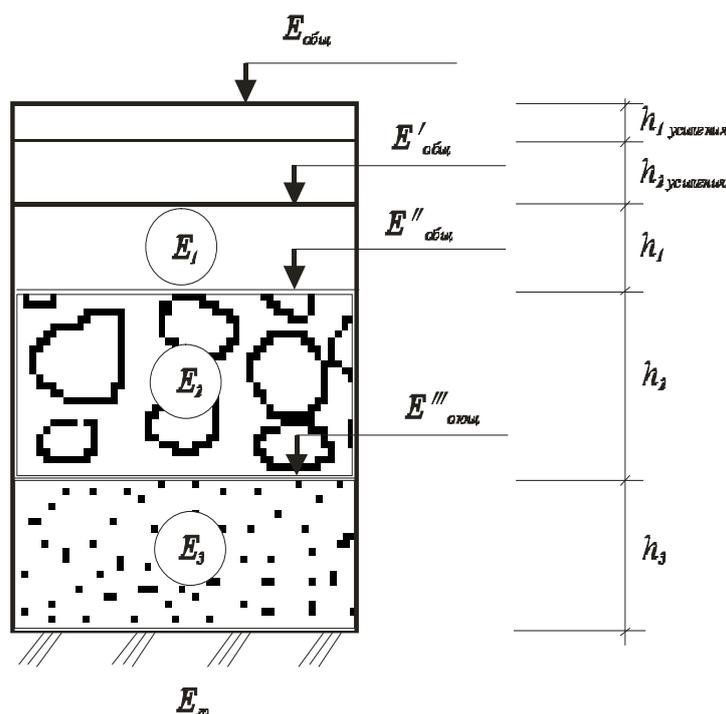


Рис. 7.1. Расчетная схема слоев усиления [25]

$$E_{общ} = E_{тр} \times K_{пр}, \quad (7.1)$$

где $E_{тр}$ – требуемый модуль упругости назначается по перспективным данным об интенсивности и составу движения в соответствии с ОДН 218.046-01 [25];

$K_{пр}$ – коэффициент прочности, назначается по ОДН 218.046-01 [25].

Толщина слоев усиления определяется на основании расчета по упругому прогибу всей конструкции с последующей проверкой несущей способности грунта земляного полотна, слоев основания и асфальтобетона при динамическом и статическом воздействии расчетной нагрузки.

При втором способе назначения слоев усиления необходимы достоверные данные о величине модуля упругости существующей дорожной одежды в период максимального ослабления земляного полотна. Толщины слоев усиления

ния назначаются на основании расчета по упругому прогибу и далее производят проверку принятых слоев на растяжение при изгибе и на сдвиг при высоких положительных температурах (рис. 7.2).

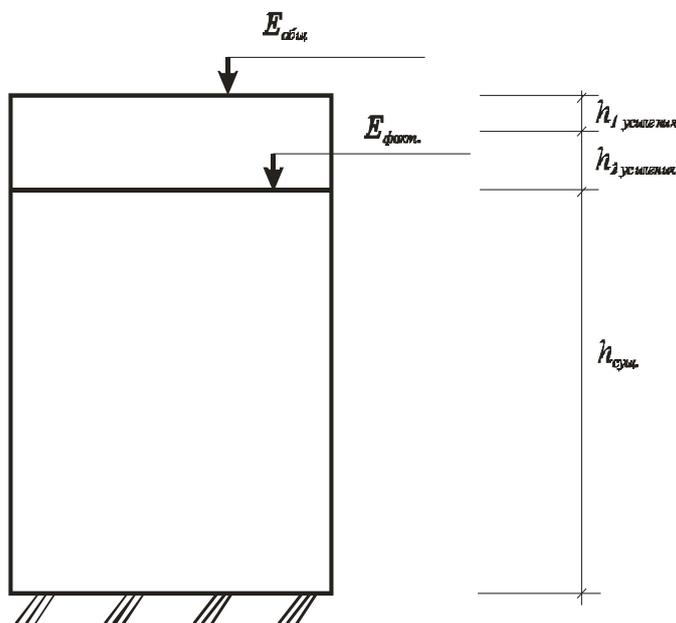


Рис. 7.2. Расчетная схема слоев усиления [25]

Общий модуль упругости определяется по формуле (7.1).

Величина требуемого модуля упругости определяется по формуле:

$$E_{тр} = (E_{тр}' + \Delta) \times K_k, \quad (7.2)$$

где $E_{тр}'$ – требуемый модуль упругости, определяемый по ОДН 218.046-01 [25] в соответствии с данными об интенсивности и состава движения;

Δ – поправка, величина которой зависит от общей толщины дорожной одежды и сложности климатических и грунтово-гидрологических условий (при благоприятных условиях в IV и V зонах $\Delta = 0$);

K_k – коэффициент, учитывающий толщину песчаного подстилающего слоя под конструкцией (при толщине менее 0,3 м принимается равным 1).

В большинстве случаев, в качестве материалов для слоев усиления применяют различные типы асфальтобетонов и черный щебень. Толщина отдельных слоев (табл. 7.1) назначается в соответствии с требованиями [25, 34] по условиям технологичности их укладки и уплотнения.

Минимальные толщины конструктивных слоев дорожных одежд [34]

Материал покрытий и других слоев дорожных одежд	Минимальная толщина слоя, см
Асфальтобетон и щебеночно-мастичный асфальтобетон (с номинально максимальным размером зерен не более 11,2 мм)	4
Асфальтобетон и щебеночно-мастичный асфальтобетон (с номинально максимальным размером зерен более 11,2 мм)	Не менее 2,5-кратного номинального максимального размера зерен минерального материала
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные органическим вяжущим	8
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные неорганическим вяжущим	8
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные комплексным вяжущим	8
Щебень, обработанный органическим вяжущим по способу пропитки	8
Щебеночные и гравийные материалы, не обработанные вяжущим на песчаном основании	15
Щебеночные и гравийные материалы, не обработанные вяжущим на прочном основании (каменном или из укрепленного грунта)	8
Грунты, обработанные органическими или неорганическими вяжущими	10
Песок	20

При назначении усиления конструкции дорожной одежды обязательно учитывают необходимость исправления дефектов старого покрытия путем устройства выравнивающего слоя. При этом возможно использовать черный щебень или крупнозернистый асфальтобетон.

Для участков нового строительства реконструируемой дороги, расчет и конструирование дорожной одежды ведется стандартными методами в соответствии с ОДН 218.046-01 [25] и СП 34.13330.2021 [34]. Однако следует предусматривать совмещение новой конструкции со слоями усиления. Необходимо получить однотипное, равнопрочное покрытие на всем протяжении реконструируемого участка по всей его ширине. Это достигается путем устройства одинаковых слоев покрытия для участка усиления и нового строительства (рис. 7.3).

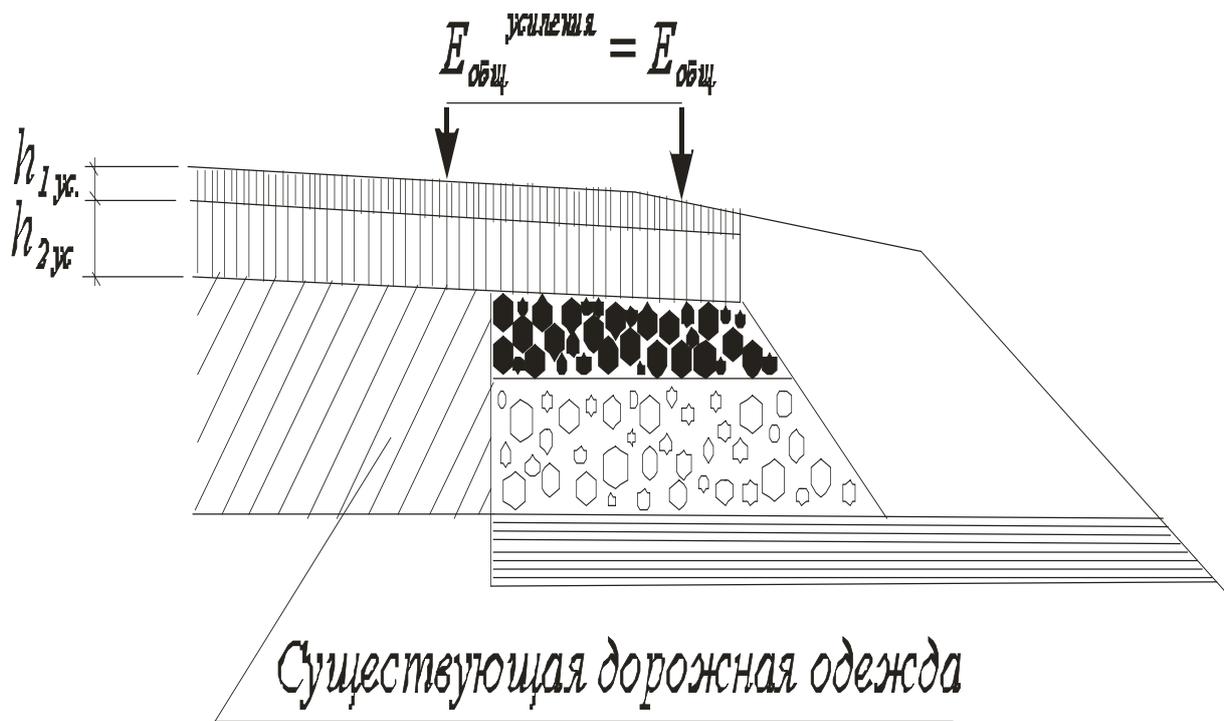


Рис. 7.3. Сопряжение усиления дорожной одежды с конструкцией запроектированной для уширения проезжей части

Как уже отмечалось, при конструировании усиления дорожной одежды, основной задачей является исключения появления отраженных или копирующих трещин на новом покрытии. Копирующая трещина представляет собой разрушение покрытия в месте старого дефекта проезжей части. Поэтому с этой целью предусматривается минимальная толщина битумосодержащих слоев укладываемых на старое асфальтобетонное покрытие, в зависимости от интенсивности расчетной нагрузки (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Минимальная толщина битумосодержащих слоев в усилении дорожной одежды

Предельная интенсивность расчетной нагрузки	100	200	500	1000	2000	5000	>5000
Минимальная толщина покрытия из материала содержащее органическое вяжущее, см.	7	8	10	12	13	15	17

Однако, как показывает практика эксплуатации, этой толщины оказывается недостаточно и уже на 2 – 3 год после усиления старой конструкции, на поверхности нового покрытия появляются копирующие трещины, особенно если слои усиления устраиваются только из мелкозернистых и крупнозернистых асфальтобетонов. Поэтому в современном дорожном строительстве для предотвращения копирующих трещин предусматриваются три основных метода, принимаемые на стадии проектирования.

Первый метод основан на прерывании копирующей трещины непосредственно на поверхности старого покрытия путем устройства тонких армирующих прослоек из нетканых синтетических материалов или геотекстильных решеток, непосредственно укладываемых на старое покрытие.

Во втором случае стремятся повысить сопротивление растяжению нижних слоев усиления за счет их армирования синтетическими или стекловолоконными георешетками. Например, армирующие элементы укладываются в нижний слой крупнозернистого асфальтобетона.

Третий, наиболее дешевый, метод заключается в использовании в нижних слоях усиления материалов, не передающих растягивающие напряжения от существующей трещины старого покрытия на монолитные верхние слои. Общая прочность конструкции при этом не снижается. Такими свойствами обладают слои из черного щебня, битумопесчаных смесей, холодного асфальтобетона. Данный метод целесообразно использовать, когда общая толщина слоев усиления составляет более 10 см, а так же в случаях необходимости устройства выравнивающих слоев на больших по протяженности участках когда толщина выравнивающего слоя может достигать 15 – 20 см.

8. РЕКОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ПРЕДЕЛАХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Наиболее эффективной мерой улучшения условий движения при реконструкции дороги проходящей через населенный пункт является устройство его обхода. Однако при невозможности такого решения нужно предусматривать улучшение условий движения в целях устранения затруднений для транзитного и местного транспорта, а так же обеспечения безопасности пешеходов и велосипедистов. Все возможные варианты по улучшению движения в пределах населенных пунктов должны оцениваться на основе технико – экономического сравнения по приведенным затратам. Предварительная оценка эффективности мероприятий по реконструкции в пределах населенного пункта оценивается по номограмме (рис. 8.1) в зависимости от интенсивности движения и протяженности населенного пункта.

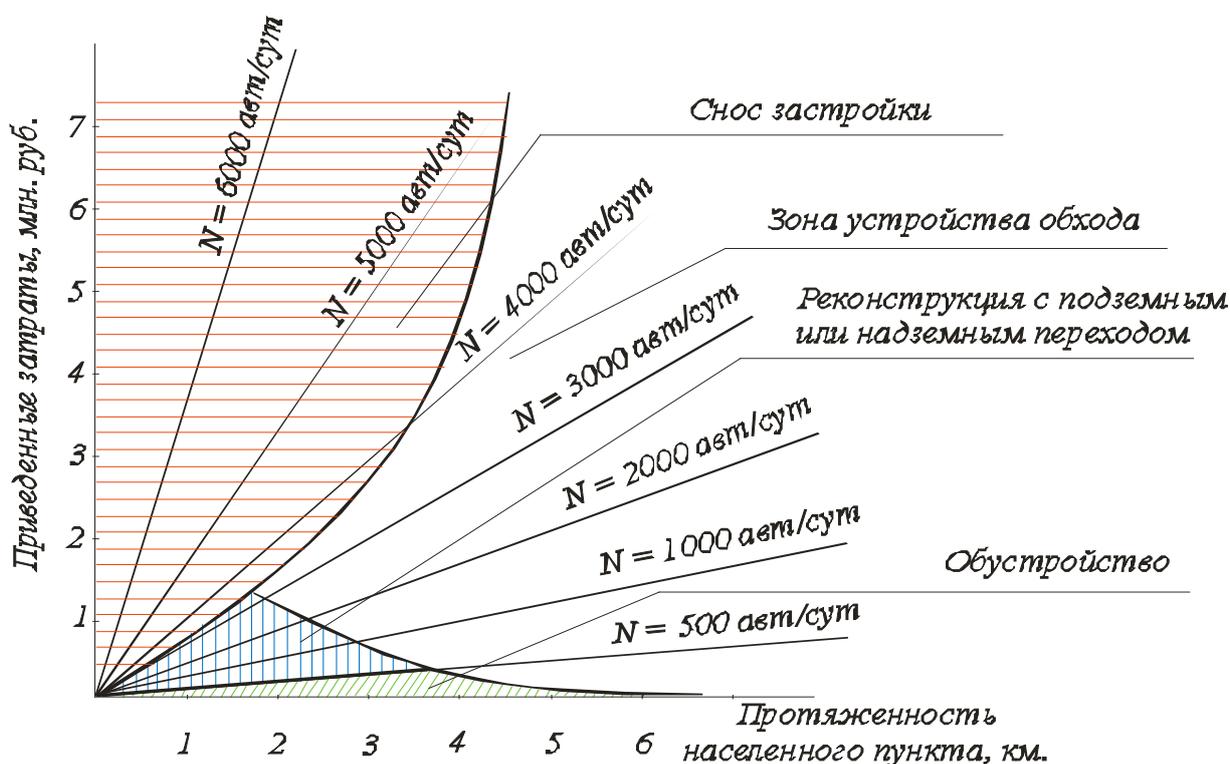


Рис. 8.1. Номограмма для предварительной оценки эффективности мероприятий по реконструкции дороги в пределах населенного пункта

Основные мероприятия при реконструкции в пределах населенного пункта направлены на повышение безопасности движения, увеличение допустимых скоростей движения, улучшения его благоустроенности, к ним относят:

- разделение путей движения медленно движущихся транспортных средств и транзитного транспорта, обустройство отдельных пешеходных дорожек;
- организация пешеходных переходов;
- разработка мероприятий по организации движения автомобилей в пределах населенного пункта – расстановка знаков; устройство канализированных пересечений, введение светофорного регулирования, устройство улиц с односторонним движением;
- устройство стоянок автомобилей, оборудование автобусных остановок;
- освещение дороги в пределах всего населенного пункта.

Перечень проводимых мероприятий зависит от вида населенного пункта, его планировки, ширины улиц и численности жителей, а так же от интенсивности движения по проходящей дороге. Помимо этого выбор способа реконструкции улицы зависит от ее ширины – расстоянием между рядами застройки. Для автомобильных дорог I – III категорий проходящих по территории населенного пункта, и расположении застройки на значительном расстоянии, в проекте реконструкции должно предусматриваться устройство местных проездов, пешеходных дорожек, путей для сельскохозяйственных машин.

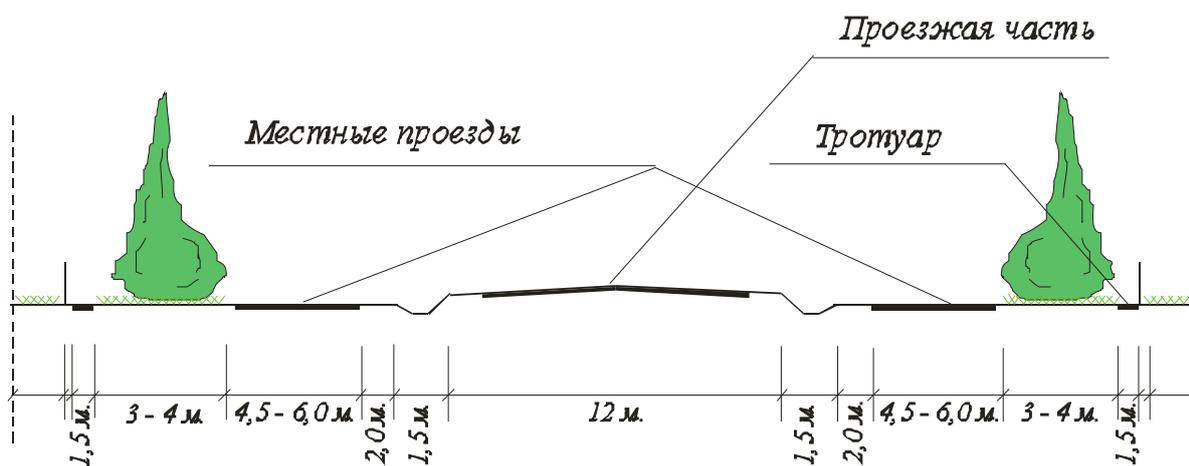


Рис. 8.2. Общая схема реконструкции автомобильной дороги в пределах населенного пункта

В пределах населенного пункта проезжую часть расширяют до бровок земляного полотна, то есть устраивают остановочные полосы на обочинах. Конструкция их должна быть равнопрочной основной полосе движения. Также устраивают водоотводные канавы с целью продольного водоотвода и устранения возможности неорганизованных выездов на дорогу.

Местные проезды выполняются шириной от 1,5 м до 6 м из облегченной конструкции дорожной одежды, а в ряде случаев бывает достаточно устройства песчано-гравийного или песчано-щебеночного слоя.

Пешеходные дорожки [34] устраиваются на всем протяжении населенного пункта, независимо от интенсивности пешеходного движения. А на подъездах к населенным пунктам – в зонах автобусных остановок и зон отдыха при количестве пешеходов превышающих 200 чел./сутки. Пешеходные дорожки устраиваются за пределами обочин не ближе 2,7 м от кромки проезжей части. Ширина пешеходных дорожек зависит от интенсивности пешеходного движения в часы пик. При интенсивности пешеходного движения от 100 до 1000 чел./час ширина дорожки составляет 1,5 м с последующим увеличением на 0,75 м при каждом увеличении интенсивности на 1000 чел./час. Минимальная ширина пешеходной дорожки принимается равной 1,0 м.

В случае наличия значительного количества велосипедного движения устраиваются также велосипедные дорожки [15]. Их устраивают при интенсивности движения автомобилей проходящих по реконструируемой дороге свыше 1000 авт./сутки и при интенсивности велосипедного движения более 100 вел./сутки. Длина велосипедной дорожки зависит от длины населенного пункта и численности жителей. Так, на подходах к населенному пункту при численности населения 10 – 25 тыс. жителей оптимальная длина дорожки составляет 1-3 км; при 25 – 50 тыс. жителей 3-6 км. Ширина велосипедной дорожки в одну сторону принимается равной 1,0 м, для двух полос – 1,75 м. Ширина разделительной полосы между автомобильной дорогой и велосипедной

полосой должна составлять не менее 1.5 м; в стесненных условиях допускается 0.7 м с устройством барьера.

При реконструкции автомобильных дорог в пределах населенного пункта необходимо учитывать зону влияния по протяженности дороги. Так, устройство остановочных полос целесообразно начинать за 300 – 400 м до начала населенного пункта.

Наряду с вышеперечисленными мероприятиями по улучшению транспортных параметров автодороги в пределах населенного пункта, необходимо предусмотреть устройство площадок для стоянки автомобилей около магазинов, столовых, достопримечательных мест. В темное время суток стоянки должны быть освещены. Количество мест на стоянке рассчитывается в зависимости от интенсивности движения по дороге и расстояния между пунктами обслуживания. Так, на участке дороги в 100 – 120 км для стоянки около кафе или столовой необходимо предусмотреть размещение 30 легковых, 10 грузовых автомобилей и 30 автобусов на 1000 автомобилей транзитного движения.

Автобусные остановки в пределах населенного пункта необходимо располагать у общественных центров. При протяженности населенного пункта от 0.1 до 1.2 км оборудуют одну автобусную остановку. При значительном протяжении населенного пункта автобусные остановки располагают через 1 км друг от друга. Въезд и выезд на остановочные площадки, и автобусные остановки должны оснащаться переходно-скоростными полосами.

Особое внимание при реконструкции автомобильной дороги в пределах населенного пункта необходимо уделять организации пешеходного движения. В крупных населенных пунктах пешеходные переходы располагаются не реже чем через 300 м. В населенных пунктах протяженностью до 0.5 км устраивают не более двух переходов с интервалом 150 – 200 м. Места пешеходных переходов должны быть хорошо освещены, оборудованы, и хорошо просматриваться на расстоянии не менее 150 м. На автодорогах I технической категории необходимо устраивать подземные и надземные переходы.

На дорогах I и III технической категории при интенсивности движения пешеходов до 300 чел./ч устраивают нерегулируемые пешеходные переходы, оборудованные знаком и разметкой «зебра». При большей интенсивности пешеходного движения устраивается светофорное регулирование.

По статистике, значительное количество происшествий в населенных пунктах происходит в темное время суток, когда интенсивность уменьшается, а скорость движения возрастает. Поэтому при реконструкции автомобильной дороги, в пределах населенного пункта обязательно предусматривается освещение. На дорогах IV категории освещение обязательно у основных мест скопления пешеходов. На дорогах III категории, кроме вышеперечисленных мест должны освещаться автобусные остановки и тротуары. На автомобильных дорогах I и II категорий стационарное освещение нужно устраивать так же на перекрестках, пешеходных переходах, стояночных площадках, кривых малого радиуса и в местах сужения проезжей части. При интенсивности движения

свыше 10000 авт./сутки освещение дороги образовано на всем протяжении населенного пункта.

В итоге можно отметить, что все работы по реконструкции автомобильной дороги в пределах населенного пункта направлены на обеспечение безопасности пешеходов и уменьшение влияния дороги на близлежащие постройки. Наряду с этим, в процессе проектирования стремятся максимально улучшить движение транзитного транспортного, в пределах населенного пункта [34].

9. РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ

9.1. Реконструкция примыканий и пересечений в одном уровне

Наиболее опасным участком автомобильной дороги, с точки зрения возникновения дорожно-транспортных происшествий, являются пересечения или примыкания с другими дорогами в одном уровне, при условии их неудачного расположения.

В практике дорожного строительства, для каждого конкретного случая, количество пересечений и примыканий назначается в зависимости от густоты транспортной сети района прохождения основной дороги. При этом стараются исключить перепробег автомобилей местного движения. Для дорог I и II категорий, в оптимальном варианте, примыкания или пересечения должны встречаться не чаще чем через 5км, для дорог III категории – через 2 км.

Наряду с запланированными пересечениями и примыканиями, много въездов на основную дорогу возникает стихийно, в удобных местах, таких как: низкие насыпи в нулевых отметках, на вогнутых вертикальных кривых. Такие пересечение и примыкания не обозначены знаками и разметкой. Они в первую очередь являются причиной большого количества дорожно-транспортных происшествий.

На стадии разработки проекта реконструкции дороги производит анализ расположения и работы пересечений с дорогами малой интенсивности. Выбирают места их оптимального расположения, а так же производят детальную перепланировку и улучшение условий движения. В процессе производства работ, производят перекрытие неорганизованных съездов, путем устройства ограждающих траншей, земляных валов и вспахивание полосы отвода.

При реконструкции пересечений в одном уровне основной задачей является ясная и понятная водителю организация движения. Требуется добиться явного ощущения преимущества главной дороги. Для удобного восприятия дорожной обстановки, пересечения и примыкания целесообразно размещать на вогнутых участках продольного профиля. Не допускается располагать пересечения и примыкания с внутренней стороны на кривых в плане радиусами менее: 2000 м – на дорогах категорий I и II и с радиусами, как правило, менее 800 м – на дорогах категорий III, IV. Примыкания второстепенной дороги с внешней стороны кривой в плане допускается размещать, как правило, при радиусе круговой кривой не менее 600 м [34]. Допускается уменьшать радиусы

кривых в плане, на которых располагаются примыкания второстепенных дорог, при условии обеспечения видимости. Продольные уклоны главной дороги на подходах к пересечениям и примыканиям в одном уровне следует принимать по ГОСТ Р 58653 [16]. Продольный уклон второстепенной дороги на расстоянии 20 м от кромки проезжей части главной дороги, как правило, не должен превышать 20 %. На второстепенных дорогах допускается применение перелома продольного профиля при примыкании к поперечному профилю главной дороги не более 40 % [34]. Земляное полотно в зоне пересечения располагают в нулевых отметках или в насыпи не выше 1 м, с заложением откосов не круче 1:3.

Наряду с этим, обязательным является устройство твердого покрытия на подходах дорог низких категорий к пересечениям или примыканиям с автодорогами I – III технических категорий. В связи с этим, существуют следующие требования:

- при песчаных, супесчаных и легких суглинистых грунта, твердое покрытие устраивают на протяжении не менее 100 м.;
- на черноземах, глинах, легких и пылеватых суглинках не менее 400 м.;
- при засоленных грунтах – не менее 500 м.

В последних двух случаях на длине 200 м устраивается усовершенствованное покрытие, а на остальном протяжении гравийное или щебеночное.

На пересечениях в одном уровне обязательно обеспечивают боковую видимость. При этом расчет выполняют из условия видимости с главной дороги автомобиля стоящего на пересечении или примыкании.

При разработке проекта реконструкции пересечений и примыканий необходимо рассматривать несколько сопоставимых вариантов и принимать решение на основе технико-экономических расчетов по размеру суммарных приведенных затрат. В приведенных затратах учитывается строительная стоимость пересечения, затраты на ремонт и содержание, эксплуатационные и автотранспортные расходы, потери от дорожно-транспортных происшествий и изъятия земельных угодий.

По статистике, а также по опыту эксплуатации пересечений, в одном уровне установлено, что наиболее безопасными являются пересечения под углом от 50° до 75° , когда отсутствуют не просматриваемые зоны и водитель имеет наиболее удобные условия оценки дорожно-транспортной ситуации. Следовательно, необходимо принимать меры по устранению и переустройству пересечений и примыканий под очень острыми углами.

Так пересечение или примыкание автомобильных дорог под углом менее 25° характеризуется высокой аварийностью, а под углом 10° опасно. Исправления таких примыканий возможно двумя путями:

- перестройкой мест сопряжения дорог таким образом, что бы оси дорог пересекались под оптимальным углом $50 - 75^{\circ}$ (рис. 9.1,а);
- устройство дополнительной полосы движения для автомобилей, осуществляющих поворот (рис. 9.1,б).

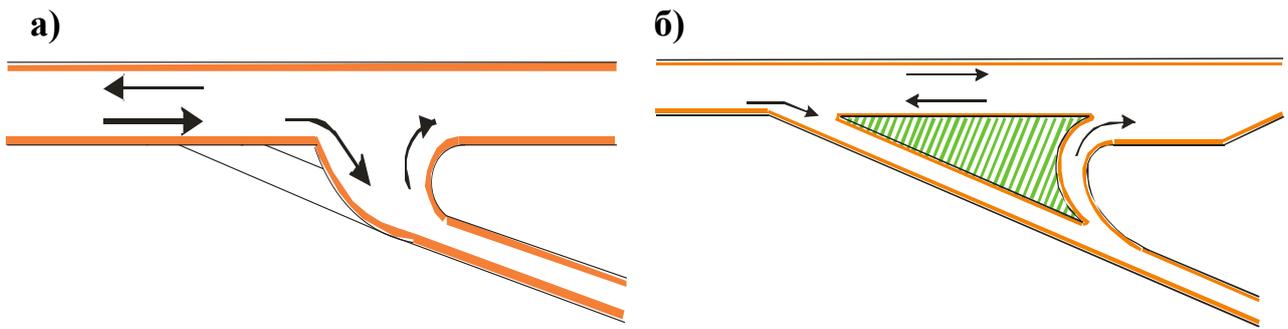


Рис. 9.1. Варианты переустройства примыкания автомобильных дорог под острыми углами

При пересечении дорог под острыми углами возможны следующие решения (рис. 9.2), (рис. 9.3), (рис. 9.4):

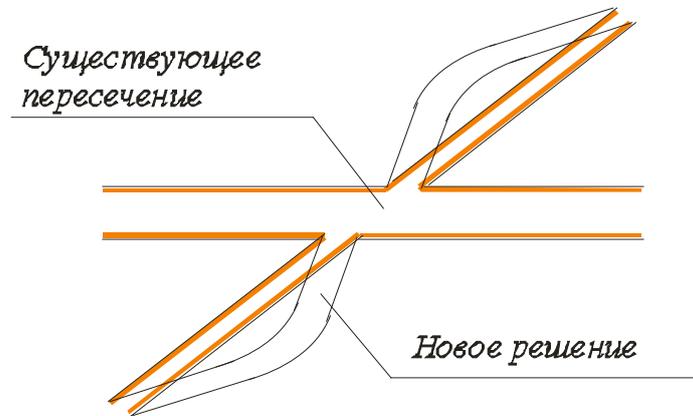


Рис. 9.2. Устройство двух изгибов

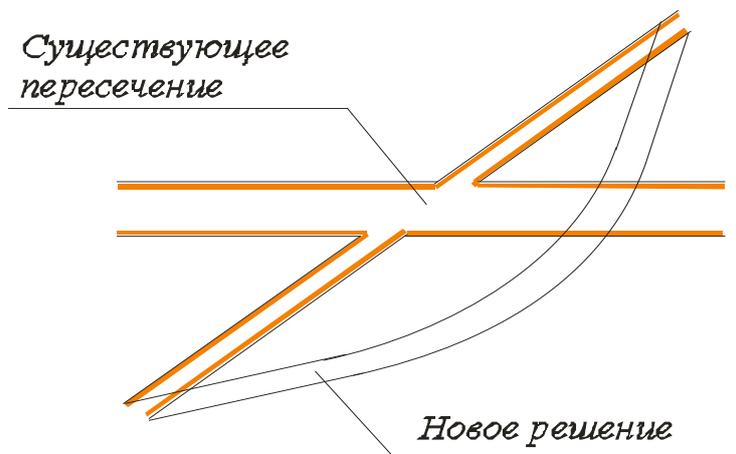


Рис. 9.3. Устройство одного изгиба

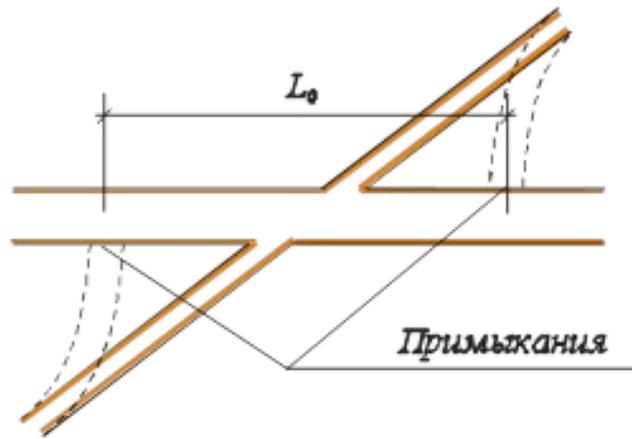


Рис. 9.4. Устройство двух примыканий

При устройстве двух примыканий взамен пересечения под острым углом принимается следующая организация движения (рис. 9.5):

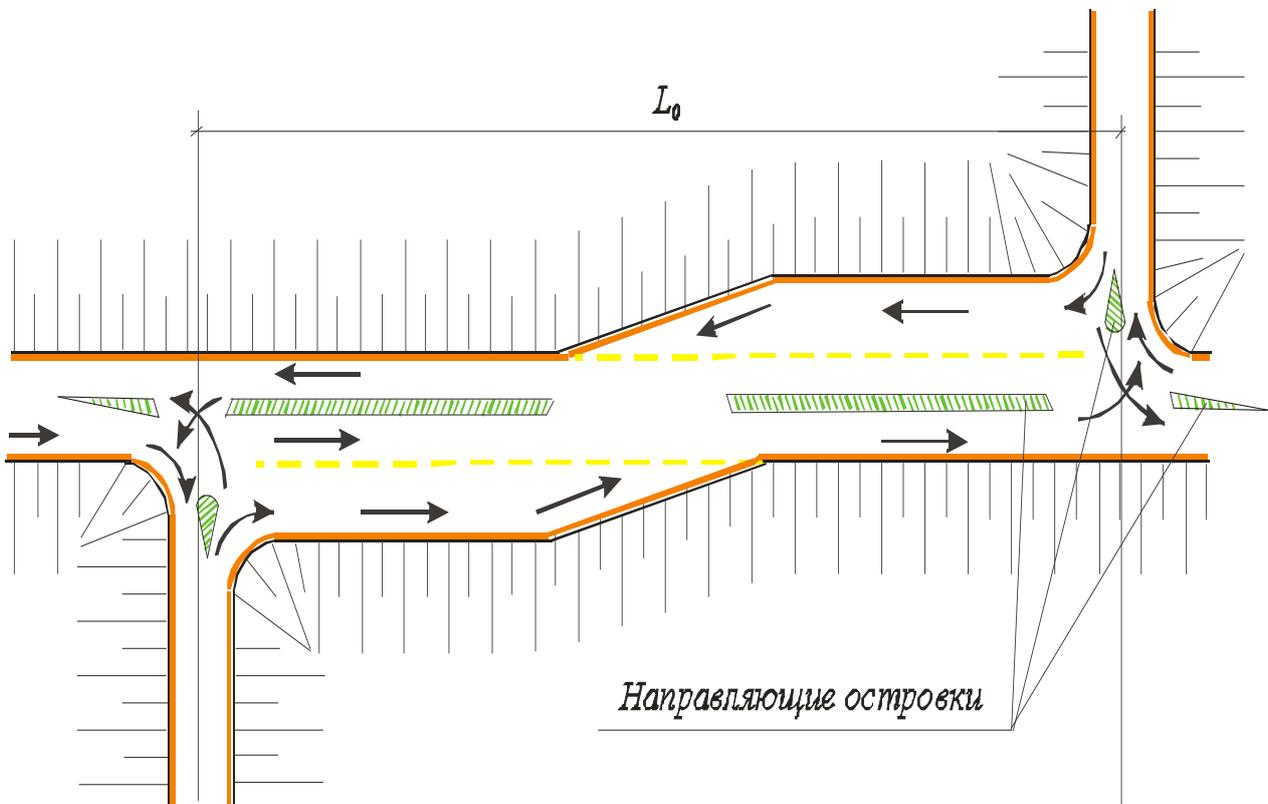


Рис. 9.5. Схема организации движения

Наименьшее расстояние L_0 назначается из учета беспрепятственного переплетения потоков с наименьшими помехами автомобилям, движущимся по главной дороге. По нормативам это расстояния установлено для двухполосных дорог при уклоне основной дороге от 0 до 10 % – 400 м, для четырехполосных дорог – 500 м.

В случае высокой интенсивности движения на пересечениях в одном уровне, особенно при большом количестве поворачивающих автомобилей, осо-

бое значение приобретают меры пассивной организации движения – устройство направляющих островков, которые выделяют полосы движения автомобилей и ясной разметки. Принципы такой организации движения основаны на ограничении свободы выбора водителем возможного направления движения. Наряду с этим разметкой ясно обозначается правильное направление. Такие пересечения, с направляющими островками и переходно-скоростными полосами, называются *канализированными пересечениями*. При переустройстве автодорог, такой вид пересечений и примыканий является наиболее оптимальным. Исключением является реконструкция дороги под I категорию. В этом случае обязательно устройство транспортных развязок в разных уровнях.

Планировка канализированных пересечений должна удовлетворять следующим требованиям (рис. 9.6), (рис. 9.7):

- организация движения на пересечении должна быть простой и понятной, пути движения автомобилей четко выделены с обеспечением преимущества по дороге более высокой категории;
- точки пересечений траекторий движения автомобилей по возможности должны быть удалены друг от друга;
- в каждый момент времени, при движении по пересечению, водитель мог бы выбрать не более одного или двух направлений. Нужное направление должно подсказываться: знаками на подходах к пересечению или примыканию, расположением разделительных островков, а также линиями разметки на самом пересечении;
- островки и линии разметки должны разделять скоростные – транзитные и поворачивающие транспортные потоки, выделяя для каждого из них самостоятельные полосы движения, обеспечивающие их плавное разделение и слияние;
- ширина полос движения должна обеспечивать беспрепятственный поворот автомобилей с прицепом и автопоездов. Для этого на прямых участках ширину проезжей части без возвышающихся барьеров назначают не уже 3,5 м, у начала островков ширину съезда не уже 4,5 – 5,0 м, у въезда на главную дорогу – 6,0 м;
- очертания островков должны обеспечивать пересечение потоков под оптимальными для следующего маневра углами. Слияние и разделение потоков должно быть под острыми углами, пересечения – под углами близкими к 90° . Эти требования лучше выполняются при каплеобразной форме островков.
- параметры расчетных траекторий движения должны выбираться с учетом скоростей на пересекающихся дорогах. Для транзитного движения по главной дороге – это расчетная скорость по данной категории; для транспорта изменяющего свое направление при правых поворотах – не менее 30 км/ч., при левых поворотах 15 – 20 км/ч.

Характерные примеры перепланировки примыканий и пересечений

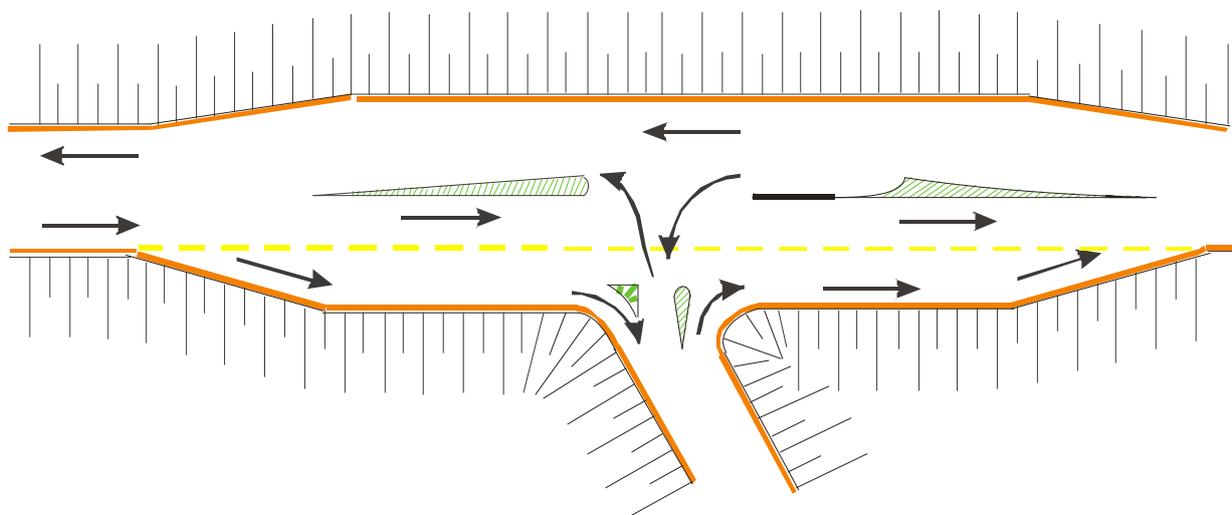


Рис. 9.6. Схема организации движения на примыкании

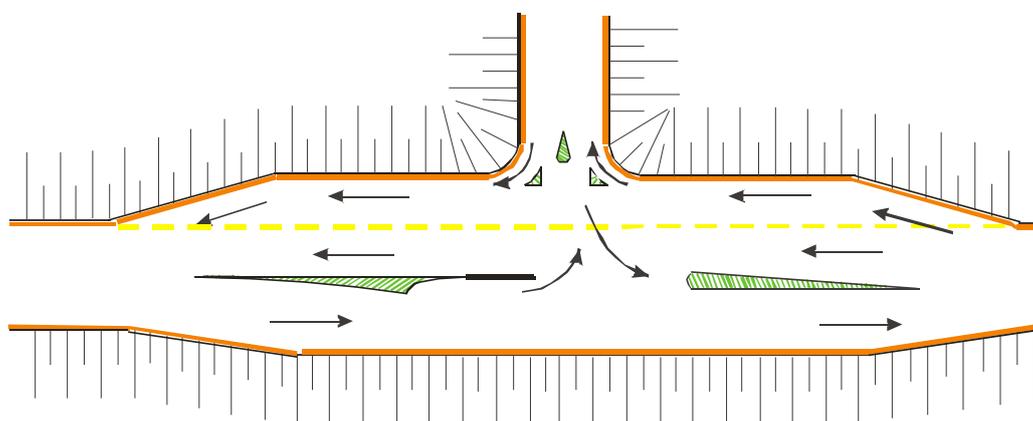


Рис. 9.7. Схема организации движения на примыкании под углом 90°

Применяются следующие виды разделительных островков:

- центральные каплеобразные островки на второстепенной дороге;
- направляющие островки на главной дороге (рис. 9.8);
- треугольные вспомогательные островки на второстепенной дороге.

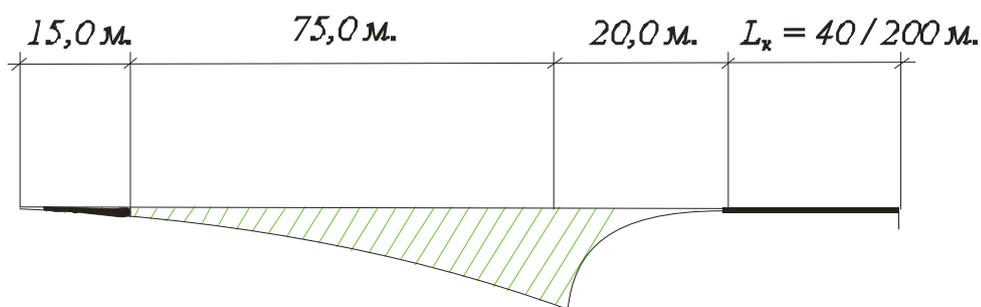


Рис. 9.8. Общий вид направляющего островка

Количество направляющих островков должно быть минимальным, размер сторон треугольных островков не менее 6 м, длина каплеобразных не менее 20 м.

Ширину полосы движения на главной дороге II и III технических категорий принимают равной 3,75 м, для IV категории 3,50 м. Ширина отдельных съездов назначается в зависимости от радиуса кривой и принимается от 5 до 4,0 м при отсутствии барьера, и от 4,7 – 5,8 м при наличии барьера с двух сторон. Ширину обочин следует принимать по 3,75 м на главной, и не менее 2,5 м на второстепенной дороге.

9.2. Устройство пересечений в разных уровнях

Целесообразность устройства того или иного типа пересечения в разных уровнях определяется на основе сравнения приведенных затрат, степени безопасности и удобства движения, пропускной способности по вариантам. Количество сравниваемых вариантов зависит от интенсивности движения и сложности рельефа местности.

При пересечении дорог низких категорий: IV с IV, III с IV; III с V, а также при пересечениях дорог II технической категории с дорогами IV и V категорий, возможности устройства пересечений в разных уровнях как правило не рассматриваются. Существующие примыкания и пересечения при реконструкции, улучшаются путем устройства дополнительных полос, островков безопасности или же, путем устройства полностью канализированных пересечений.

Для магистральных автомобильных дорог все пересечения и примыкания должны быть выполнены в разных уровнях. По количеству затрат, пересечение или примыкание в разных уровнях это достаточно дорогостоящий объект. Поэтому дорожная сеть зоны тяготения должна быть тщательно проанализирована на предмет уменьшения количества пересечений и примыканий на магистральной автодороге. В результате перепланировки дорожной сети, параллельные направления различных дорог объединяются в одну, для пересечения или примыкания и магистрали.

При пересечении автомобильных дорог первых технических категорий между собой, а также дорог I и II технических категорий применяют: пересечения в виде полного клеверного листа, развязки кольцевого и грушевидного типов. Примыкания, наиболее часто проектируются по типу трубы или листового типа.

При проектировании развязки по типу клеверного листа предусматриваются переходно-скоростные полосы на каждой из автодорог. Преимущество имеют автомобили при съезде с дороги более высокой технической категории. Дорогу более высокой категории стремятся расположить под путепроводом.

При пересечении автодорог II технической категории с III, IV или дорог II и II технических категорий между собой, наиболее часто применяются развязки неполного клеверного листа. В этих случаях на дорогах с большей интен-

сивностью не должно быть конфликтных точек пересечения траекторий движения транспортных средств.

В этом случае на автомобильной дороге более высокой технической категории обеспечена возможность как левых так правых поворотов без конфликтных точек пересечения транспортных потоков. При этом на этой же автомобильной дороге обязательно наличие переходно-скоростных полос. На автодороге более низкой категории, переходно-скоростные полосы могут не выполняться. Также левые повороты на пересекаемую дорогу выполняются путем разворота, за пределами развязки и в дальнейшем движение осуществляется по правоповоротному съезду.

9.3. Реконструкция пересечений с железными дорогами

Как правило, данный вид пересечения выполняется на автомобильных дорогах I, II и III технических категорий в разных уровнях. Высота габарита для железных дорог на перегонах 6,20 м от головки рельса, 6,70 м – на станциях. Ширина габарита назначается в зависимости от количества железнодорожных путей. Для автодорог IV и V допускается устройство железнодорожных переездов.

Опасность железнодорожного переезда оценивается следующим показателем:

$$k_a = 2,74 + 0,00038 \times N_a + 0,0068 \times N_{II} - 0,034 \times K_{об} - 0,0045 \times S,$$

где N_a – интенсивность движения по автодороге авт./сут;

N_{II} – интенсивность движения по железной дороге поездов/сут;

$K_{об}$ – коэффициент оборудования переезда, от 4,0 – дорожные знаки до 61 – автоматический шлагбаум, сигнализация, светофор;

S – расстояние видимости;

Определяемый коэффициент K_a характеризует степень опасности железнодорожного переезда следующим образом:

$K_a < 1,0$ – переезд считается неопасным;

$K_a = 1,0 / 2,0$ – переезд малоопасный;

$K_a = 2,0 / 3,0$ – переезд опасный;

$K_a > 3,0$ – переезд очень опасный.

При невозможности или нецелесообразности устройства пересечения с железной дорогой в разных уровнях, необходимо, в процессе реконструкции повысить пропускную способность переезда и его безопасность.

В связи с этим, рекомендуется устраивать дополнительные полосы на автомобильной дороге в обоих направлениях до и после переезда. При этом обязательна установка знаков. Длина дополнительных полос назначается в зависимости от интенсивности движения поездов и автомобилей, и колеблется от 50 до 200 м до переезда и от 100 до 350 м после переезда. Также, при необеспечен-

ной видимости на переезде, необходимо устанавливать знак ограничения скорости:

видимость	50-100 м	40 км/ч;
- видимость	100-200 м	50 км/ч;
- видимость	200-400 м	60 км/ч.

Для обеспечения удобства проезда транспортных средств по проезду, на железнодорожном полотне устраивают настил, который должен быть больше проезжей части на 0.5 м в каждую сторону.

Ширину проезжей части, принимают не менее 7,0 м (для дорог IV и V категорий) на расстоянии 20 м в обе стороны от пересечения.

9.4. Виды переходно-скоростных полос применяемых при реконструкции пересечений и примыканий, автомобильных дорог

Переходно-скоростные полосы используются автомобилями для съезда или выезда на автомобильную дорогу. Различают полосы торможения – позволяющие без помех для транспортного потока снизить скорость движения, а также полосы разгона – обеспечивающие возможность влиться в транспортный поток.

При реконструкции автомобильной дороги переходно-скоростные полосы устраивают:

- в случае разноуровневых пересечений или примыканий на правоповоротных и левоповоротных съездах;
- на полностью канализированных пересечениях в одном уровне;
- на частично канализированных пересечениях, при интенсивности по главной дороге более 1000 авт./сут и из них более 100 поворачивающих автомобилей;
- на съездах к элементам сервиса и на автобусных остановках.

Для съездов, применяют следующие типы переходно-скоростных полос торможения:

Клиновидные – на дорогах II и III технических категорий при суммарной интенсивности не более 100 авт/ч, а также на автобусных остановках дорог II и III технических категорий (рис. 9.9).

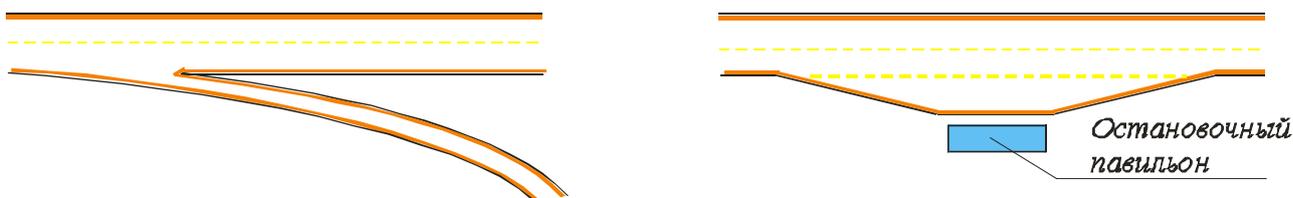


Рис. 9.9. Схема клиновидной полосы торможения

Параллельные – применяются на канализированных пересечениях с интенсивностью более 100 авт/сут; на съездах транспортных развязок рассчитанных на скорость менее 60 км/ч (рис. 9.10).

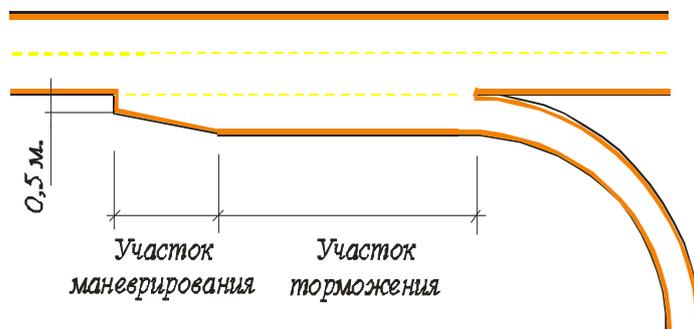


Рис. 9.10. Схема параллельной полосы торможения

Параллельные с разделительной полосой – применяют на пересечениях в разных уровнях по типу клеверного листа, на развязках I и II категорий при высокой (более 40 %) интенсивности поворачивающего движения (рис. 9.11).

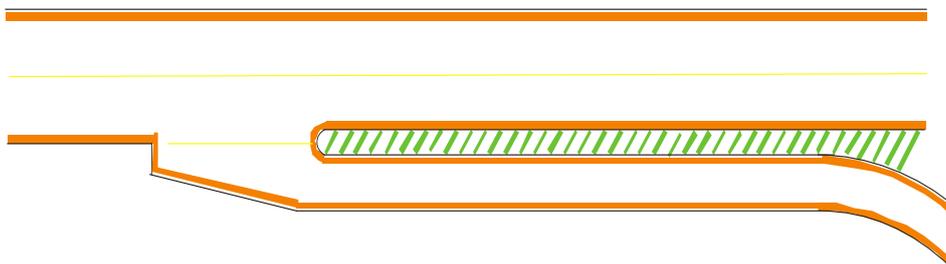


Рис. 9.11. Схема параллельной полосы торможения с разделительной полосой

Полосы разгона имеют ту же конфигурацию, как и полосы торможения, и применяются:

- клинообразные – на дорогах III и IV категорий;
- параллельные – на автобусных остановках и развязках всех типов;
- параллельные с разделительной полосой – на развязках по типу полного клеверного листа.

Ширину переходно-скоростных полос принимают равной полосе движения, но не менее 3.5 м. Длину назначают в соответствии с СП 34.13330.2021 [34] в зависимости от категории дороги или же по расчету.

10. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

В настоящее время, как отмечалось в предыдущих разделах, для выявления неблагоприятных элементов существующей дорожной сети или же отдельных участков дорог используются комплекс взаимосвязанных показателей включающий:

- методы построения линейных графиков коэффициентов аварийности и коэффициентов безопасности;
- показатели соответствия пропускной способности дороги или отдельных ее элементов – участков;
- показатели соответствия технических скоростей движения отдельных автомобилей, транспортного потока по дороге в целом или по отдельным ее участкам, требованиям эффективной работы автомобильного транспорта;
- показатели соответствия прочности и ровности дорожных одежд требованиям движения.

В дальнейшем при разработке проекта реконструкции автомобильной дороги рассматриваются вопросы взаимосвязи ряда из этих критериев с экономическими показателями, то есть каждый из показателей, применяемых для оценки текущего состоянию автомобильной дороги в той или иной степени используются в качестве критерия экономической целесообразности выполнения работ по реконструкции.

Например, было предложено увязывать показатели аварийности с экономическими последователями дорожно-транспортных происшествий. На этой основе был разработан метод построения линейного графика коэффициентов аварийности с учетом ряда стоимости коэффициентов.

Однако использование частных или отдельных элементов всей системы оценки транспортного эксплуатационного состояния дает приближенную картину экономической необходимости проведения работ по реконструкции. Что не позволяет решать вопросы планирования работ по реконструкции или капитальному ремонту в условиях недостаточного финансирования.

Учитывая данные недостатки, был разработан критерий, называемый *«эффектом реконструкции»*, основанный на комплексном использовании экономических, технических и эксплуатационных параметров. При его использовании существует возможность наиболее полного учета капиталовложений в реконструкцию дороги, эксплуатационных затрат, потерь от дорожно-транспортных происшествий, технических параметров и срока службы объекта.

В конечном итоге можно отметить, что методы оценки технико-экономической эффективности и целесообразности мероприятий по реконструкции автомобильной дороги основываются на комплексе показателей, позволяющих учитывать изменение размеров текущих расходов в зависимости от скорости движения потоков автомобилей и обеспечения безопасности движения.

11. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Для повышения качества проектных решений, а также сокращения затрат труда и времени, как и в новом строительстве, при разработке проекта реконструкции автомобильной дороги широко применяются системы автоматизированного проектирования САПР АД.

В настоящее время в России применяются достаточно большое количество различных программных продуктов реализующих возможности автоматизированного проектирования автомобильных дорог. Однако, несмотря на такое разнообразие, общий алгоритм разработки проектов реконструкции остается неизменным. То есть:

- предварительно осуществляется ввод параметров существующей автомобильной дороги. Исходной информацией в данном случае могут являться данные линейных изысканий.

- далее необходимо ввести проектные параметры земляного полотна.
- назначить проектные данные по поперечному профилю.
- назначить проектные параметры для конструирования виражей.

- рассчитать отметки для выравнивания покрытия.

- запроектировать продольный профиль с учетом продольного выравнивания.

- сконструировать и рассчитать слои усиления и дорожную одежду в местах нового строительства.

- запроектировать продольный водоотвод.

- рассчитать объемы земляных работ, дорожной одежды, объем выравнивающего слоя.

- в конечном итоге оценить проектное решение, определив:

1. Расстояние видимости поверхности дороги;
2. Скорости транспортного потока;
3. Скорости движения одиночного автомобиля;
4. Коэффициенты безопасности;
5. Коэффициенты аварийности;
6. Экологическое воздействие на окружающую местность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебное пособие ориентировано на освоение методов, применяемых при разработке проектов реконструкции автомобильных дорог и оценке проектных решений. Основные разделы пособия посвящены изысканиям, выполняемым при реконструкции автомобильных дорог. Издание включает в себя вопросы по техническим требованиям к реконструируемым автомобильным дорогам, рекомендации по последовательности выполнения расчетов, справочные материалы, наглядные иллюстрации.

Освоение принципов оценки проектных решений при выполнении проектов реконструкции автомобильных дорог способствует формированию общепрофессиональных компетенций, в частности способность участвовать в инженерных изысканиях и обработке их результатов, проектировании объектов транспортного строительства, подготовке проектной документации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог с использованием программного комплекса Топоматик Robur – Автомобильные дороги: лабораторный практикум / Т. В. Самодурова, О. В. Гладышева, Ю. В. Бакланов, Н. Ю. Алимова, К. В. Панферов. — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. — 91 с.
2. Автоматизированное проектирование транспортных сооружений с использованием программных средств CREDO III: лабораторный практикум / Т. В. Самодурова, О. В. Гладышева, К. В. Панферов, Н. Ю. Алимова, Ю. В. Бакланов. — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. — 116 с.
3. Автомобильные дороги: примеры проектирования [Текст] : учебное пособие для вузов / под ред. В. С. Порожнякова. – М.: Транспорт, 1983. – 303 с.
4. ГОСТ 21.1101-2013. СПДС. Основные требования к проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации [Текст] : – Введ. 30.12.2013, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. и метр. № 2385-ст. – М.: Стандартиформ, 2015. – 32 с.
5. ГОСТ 21.204-93. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта [Текст] : - Введ. 01.09.1994, постановление Госстроя России № 18-27. – М: Изд-во стандартов, 2003. – 23 с.
6. ГОСТ 32965-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока [Текст] : – Введ. 08.09.2016, приказ Фед. Агентство по техн. Регул. И метр. №997-ст. – М.: Стандартиформ, 2016. – 22 с.
7. ГОСТ 33388-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению диагностики и паспортизации [Текст] : – Введ. 08.09.2016, приказ Фед. Агентство по техн. Регул. И метр. №1004-ст. – М.: Стандартиформ, 2016. – 16 с.
8. ГОСТ 33475-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Технические требования [Текст] : – Введ. 08.09.2016, приказ. Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 1008-ст. – М.: Стандартиформ. 2016. –11 с.
9. ГОСТ Р 21.101-2020. СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации. – Введ. 01.01.2021, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 282-ст. – М.: Стандартиформ, 2020. – 69 с.
10. ГОСТ Р 21.207-2013. СПДС. Условные графические обозначения на чертежах автомобильных дорог [Текст] : – Введ. 01.01.2015, приказ. Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 2315-ст. – М.: Стандартиформ. 2015. –21 с.

11. ГОСТ Р 21.701-2013. СПДС. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог [Текст] : – Введ. 01.01.2015, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 2380-ст. – М.: Стандартиформ. 2014. –35 с.
12. ГОСТ Р 50597-2017. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля. [Текст] : – Введ. 01.06.2018, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 1245-ст. – М.: Стандартиформ. 2017. – 28 с.
13. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог [Текст] : – Введ. 01.05.2006, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 296-ст. – М.: Стандартиформ. 2006. – 3 с.
14. ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог [Текст] : – Введ. 01.05.2006, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 297-ст. – М.: Стандартиформ. 2006. – 7 с.
15. ГОСТ Р 52766-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования [Текст] : – Введ. 01.07.2008, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 297-ст. – М.: Стандартиформ. 2007. – 26 с.
16. ГОСТ Р 58653-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Пересечения и примыкания. Технические требования [Текст] : – Введ. 01.03.2020, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 1120-ст. – М.: Стандартиформ. 2019. – 55 с.
17. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (с изменениями на 15 октября 2020 года) [Текст]: - Введ. 12.11.2007, Федеральный закон от 08.11.2007 N 257-ФЗ.
18. ОДМ 218.2.020-2012. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог [Текст] : – Введ. 17.02.2012, распоряжение Фед. дорожного агентства № 49-р. – М.: Информавтодор. 2012. – 101 с.
19. ОДМ 218.2.024-2012. Методические рекомендации по оценке прочности нежестких дорожных одежд [Текст] : – Введ. 05.05.2012, распоряжение Фед. дорожного агентства № 255-р. – М.: Информавтодор. 2013. – 23 с.
20. ОДМ 218.3.1.005-2021. Проектирование нежестких дорожных одежд. Методические рекомендации по расчету параметров напряженно-деформированного состояния многослойных конструкций при воздействии колесных нагрузок [Текст] : – Введ. 17.02.2021, распоряжение Фед. дорожного агентства № 567-р. – М.: Росавтодор. 2021. – 143 с.
21. ОДМ 218.4.005-2010. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах [Текст] : – Введ. 12.01.2011, распоряжение Фед. дорожного агентства № 13-р. – М.: Информавтодор. 2011. – 264 с.

22. ОДМ 218.4.039-2018. Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог (взамен ОДН 218.0.006–2002) [Текст] : – Введ. 04.07.2018, распоряжение Фед. дорожного агентства № 2481-р. – М.: Информавтодор. 2018. – 60 с.

23. ОДМ 218.6.002-2010. Методические рекомендации по определению допустимых осевых нагрузок автотранспортных средств в весенний период на основании результатов диагностики автомобильных дорог общего пользования Федерального значения [Текст] : – Введ. 23.12.2010, распоряжение Фед. дорожного агентства № 826-р. – М.: Информавтодор. 2011. – 17 с.

24. ОДН 218.0.006-2002. (взамен ВСН 6-90). Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог [Текст] : – Введ. 03.10.2002, распоряжение Мин. транспорта РФ № ИС-840-р. – М.: Информавтодор. 2002. – 137 с.

25. ОДН 218.046.01. (взамен «Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. ВСН 46-83»). Проектирование нежестких дорожных одежд [Текст] : – Введ. 01.01.01, распоряжение Гос. службы дорожного хозяйства (Росавтодора) Мин. транспорта РФ № ОС-35-Р. – М.: Информавтодор. 2001. – 146 с.

26. ОДН 218.1.052-2002. Оценка прочности нежестких дорожных одежд (взамен "Указаний по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд. ВСН 52-89") [Текст] : – Введ. 19.11.02, распоряжение Мин. транспорта РФ № ОС-1040-р. – М.: Информавтодор. 2002. – 33 с.

27. Основы проектирования автомобильных дорог [Текст] : учебное пособие / А. В. Еремин, О. А. Волокитина, О. В. Гладышева, Н. Ю. Алимова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. — 111 с.

28. Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (с изменениями на 21 декабря 2020 года) : – Введ. 04.03.2008, постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 №87. – М.: – 47 с.

29. Построение цифровых моделей местности с использованием программных средств CREDO III: лабораторный практикум/ Т. В. Самодурова, О. В. Гладышева, К. В. Панферов, Н. Ю. Алимова, Ю. В. Бакланов. — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. — 85 с.

30. Проектирование автомобильных дорог. Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Том 5. Проектирование автомобильных дорог [Текст] : - Г. А. Федотов, П. И. Поспелов, Э. К. Кузахметова, В. Д. Казарновский и др.; под ред. Д-ра.техн.наук, проф. Г. А. Федотова, д-ра.техн.наук, проф. П. И. Поспелова, - М.: Информавтодор, 2007. – 668 с.

31. Проектирование автомобильных дорог [Текст] : справочник инженера-дорожника / под ред. Г. А. Федотова. – М.: Транспорт, 1989. – 437 с.

32. Развитие транспортной системы [Электронный ресурс] : Государственная программа РФ – Введ. 28.12.2012, распоряжение правительства РФ от 28.12.2012 № 2600-р. – URL: <https://docplan.ru/Data2/1/4293785/4293785961.pdf> (дата обращения 20.04.2021).

33. Самодурова, Т.В. Геометрическое и пространственное моделирование транспортных сооружений с использованием программных средств CIVIL 3D: лабораторный практикум / Т. В. Самодурова, О. В. Гладышева, Н. Ю. Алимова. — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. — 79 с.

34. СП 34.13330.2021. Автомобильные дороги [Текст] : – Введ. 10.08.2021, приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации № 53/пр. – М.: АО "Кодекс". 2021. – 94с.

35. СП 48.13330.2011. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 [Текст] : – Введ. 20.05.2011, приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) № 781– М.: ОАО «ЦПП». 2011. – 25 с.

36. Типовые проектные решения. 503-0-48.87. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования [Текст] : – Введ. 30.03.1987, распор. Минтрансстроя СССР №7. – М.: Союздорпроект. 1987. – 55 с.

37. Транспорт. Основные итоги работы транспорта [Электронный ресурс] : – М.: Федеральная служба государственной статистики, 2020. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/23455?print=1> (дата обращения 20.04.2021).

38. Транспортная стратегия развития до 2030 года [Электронный ресурс] : - Введ. 22.11.2008, распоряжение правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р. – URL: <https://docplan.ru/cgi-bin/ecat/ecat.cgi?b=2&pid=1&i=4293747111&pr=1> (дата обращения 20.04.2021).

39. Федотов, Г. А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог [Текст] : учебник для вузов: [в 2 кн.] . Кн. 1 / Г. А. Федотов, П. И. Поспелов . – М. : Высш. шк., 2011 . – 645 с.

40. Федотов, Г. А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог [Текст] : учебник для вузов: [в 2 кн.] . Кн. 2 / Г. А. Федотов, П. И. Поспелов . – М. : Высш. шк. , 2011 . – 518 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Общие сведения о реконструкции автомобильных дорог	4
1.1. Состояние дорожной сети Российской Федерации	6
1.2. Понятие о реконструкции автомобильных дорог	8
1.3. Цель и задачи реконструкции автомобильных дорог	10
2. Оценка транспортно – эксплуатационного состояния автомобильных дорог, способы выявления участков, нуждающихся в реконструкции	10
2.1. Предварительная оценка транспортно – эксплуатационного состояния автомобильной дороги	11
2.2. Пропускная способность и скорость транспортного потока как критерии оценки состояния дорог.....	19
2.3. Методы выявления участков, нуждающихся в реконструкции	27
3. Проведение изысканий для реконструкции автомобильных дорог	27
3.1. Особенности изыскательских работ для разработки проекта реконструкции дороги	29
3.2. Полевые работы на изысканиях для реконструкции дорог	29
3.2.1. Полевые обследования дорог	30
3.2.2. Проведение полевых измерений	35
3.2.3. Измерение геометрических элементов с помощью передвижных лабораторий	36
3.2.4. Обследование дорожных одежд	38
3.2.5. Обследование искусственных сооружений.....	38
3.2.6. Оценка фактической интенсивности, состава и скорости движения.....	38
3.3. Требования охраны труда и техники безопасности при изысканиях для реконструкции	39
4. Общие принципы реконструкции, разработка проекта реконструкции автомобильной дороги	40
4.1. Общие сведения о разработке проектов реконструкции дорог.....	40
4.2. Особенности разработки проекта реконструкции автомобильных дорог.....	40
4.2.1. Стадии выполнения проектных работ, предпроектная и проектная документация	41
4.2.2. Задание на разработку проекта реконструкции, исходные данные	41
4.2.3. Программа развития дороги, обоснование инвестиций	43
4.2.4. Инженерный проект и рабочая документация	45
5. Методы реконструкции участков автомобильных дорог в плане и продольном профиле.....	47
5.1. Исправление трассы в плане.....	47

5.1.1. Устранение извилистости и обеспечение ясности направления движения.....	48
5.1.2. Исправление кривых малого радиуса	51
5.1.3. Улучшение пересечений водотоков	53
5.1.4. Обходы населенных пунктов	55
5.2. Реконструкция элементов продольного профиля	57
6. Методы реконструкции земляного полотна	60
6.1. Причины, вызывающие необходимость изменения конструкции земляного полотна	60
6.2. Одностороннее и двустороннее уширение земляного полотна	61
6.3. Улучшение водно-теплого режима земляного полотна	64
7. Реконструкция проезжей части автомобильных дорог.....	66
7.1. Принципы реконструкции проезжей части автомобильных дорог.....	66
7.2. Проектирование и расчет дорожных одежд при реконструкции.....	67
8. Реконструкция автомобильных дорог в пределах населенных пунктов.....	73
9. Реконструкция транспортных пересечений.....	77
9.1 Реконструкция примыканий и пересечений в одном уровне.....	77
9.2. Устройство пересечений в разных уровнях.....	83
9.3. Реконструкция пересечений с железными дорогами.....	84
9.4. Виды переходно-скоростных полос применяемых при реконструкции пересечений и примыканий, автомобильных дорог.....	85
10. Оценка экономической эффективности мероприятий по реконструкции автомобильной дороги.....	87
11. Автоматизированное проектирование реконструкции автомобильных дорог.....	88
Заключение.....	89
Библиографический список.....	90

Учебное издание

**Еремин Андрей Владимирович
Волокитина Ольга Анатольевна
Волокитин Владимир Павлович**

**ИЗЫСКАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
НА СТАДИИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА
РЕКОНСТРУКЦИИ**

Учебное пособие

Иллюстрация на обложке авторская.

Редактор Каширина О. В.

Подписано в печать 28.09.2021.

Формат 60x84/16 Бумага для множительных аппаратов.

Уч.-изд. л. 6,0. Усл. печ. л. 5,6. Тираж 350 экз.

Заказ № 161.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский проспект, 14

Участок оперативной полиграфии издательства ВГТУ
394026 Воронеж, Московский проспект, 14