

ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ»

Лекция 1. Вводная. Автомобильные дороги как составная часть системы инженерного оборудования территории

1. Предмет, цели и задачи курса, связь его с другими дисциплинами
2. Понятие инженерного оборудования территории, его виды и основные направления развития.
3. Автомобильные дороги - составляющие системы инженерного оборудования территории.
4. Состояние автомобильных дорог и перспективы дорожного строительства в Республике Беларусь.
5. Классификация автомобильных дорог в Республике Беларусь.

Литература:

1. Дороги местного значения. / Под ред. Г.А. Кузнецова. – М.: Агропромиздат, 1986.
2. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. – М.: Автотранспорт, 1987.
3. Проектирование автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника. / Под ред. Г.А. Федотова. – М.: Транспорт, 1989.
4. Автомобильные дороги. Проектирование и строительство. / Под ред. В.Ф. Бабкова, В.К. Некрасова, Г. Щилиянова. – М.: Транспорт, 1983.
5. Бойчук В.С. Проектирование сельскохозяйственных дорог и площадок. – М.: Колос, 1996.
6. Кочаева М.А. Инженерное оборудование и благоустройство застроенных территорий: уч. пособие. – Новгород

1. Предмет, цели и задачи курса, связь его с другими дисциплинами.

Решение проблем дальнейшего экономического развития нашей страны, создание мощной продовольственной и сырьевой базы для роста народного благосостояния, приближения условий жизни в сельской местности к городским неразрывно связано не только с интенсификацией сельскохозяйственного производства, утверждением в нем на равноправной основе различных форм хозяйствования, но и грамотным, научно обоснованным оснащением территорий инженерными сооружениями и коммуникациями, объединением усилий всех отраслей хозяйственного комплекса для получения высоких конечных результатов.

Одно из важнейших условий выполнения этих задач — повышение интенсивности использования и охрана земель, защита их от ветровой и водной эрозии, селей, оползней, подтопления, заболачивания, иссушения и засоления.

Для охраны и улучшения плодородия земель существенную роль, наряду с агротехническими играют мелиоративные приемы и другие способы решения этих проблем, осуществляемые при помощи инженерных сооружений.

Инженерное оборудование территории является специальной дисциплиной в подготовке студентов по специальностям «Землеустройство» и «Земельный кадастр».

Инженерное оборудование территории – учебная дисциплина, рассматривающая принципы технико-экономического обоснования размеров всех элементов дорог и инженерных сетей на основе комплексного учета народнохозяйственного значения, природных условий и требований эффективности, экономичности и безопасности автомобильных перевозок, а также методы выбора направления дороги на местности и составления проекта ее постройки.

Цель дисциплины – обеспечение будущих инженеров теоретическими знаниями, методическими приемами и способами организации инженерно-транспортной инфраструктуры административного района и конкретных сельскохозяйственных предприятий.

Задачей изучения курса является формирование у студентов инженерного мышления и привитие практических навыков в области проектирования внешних инженерных сетей и межхозяйственных коммуникаций, обеспечивающих транспортные связи, социальные условия проживания сельского населения и процессы сельскохозяйственного производства.

Курс инженерное оборудование территории состоит из двух разделов: дороги местного значения и внешние инженерные сети.

В первом разделе рассматриваются вопросы:

- Общие сведения об автомобильных перевозках и дорогах;
- Дорожные изыскания и проектирование сети местных дорог;
- Дорога в поперечном профиле;
- Дорога в профиле;
- Дорога в продольном профиле;
- Водоотводы на дорогах и переходы через водотоки;
- Дорожные одежды;
- Совершенствование территориальных связей в сельских районах и сельскохозяйственных предприятиях;
- Основные принципы организации строительства, содержания и ремонта местных дорог.

В разделе «Внешние инженерные сети» рассмотрены вопросы устройства электроснабжения, газоснабжения, водоснабжения, канализации и очистки территории, теплофикации, связи.

Для изучения курса необходимы знания по математике, геодезии, физике и др. дисциплинам.

Инженерное оборудование территории связано с геологией, грунтоведением, гидравликой, картографией, проектированием, прогнозированием т.д.

2. Понятие инженерного оборудования территории, его виды и основные направления развития.

Всё построенное человеком в процессе его трудовой деятельности для обеспечения материальных и духовных потребностей общества и личности называется сооружениями.

Инженерное оборудование территории – это совокупность инженерных сооружений (объектов), включая коммуникации, обеспечивающие благоприятные условия жизнедеятельности населения, защиту природной среды от негативных природных и антропогенных явлений и процессов.

Инженерное оборудование территории состоит из ряда систем: транспортных сетей (дорог); системы энергоснабжения, включающей (газоснабжение, электроснабжение, теплоснабжение); водоснабжения, водоотведения (канализации), водных систем; систем телекоммуникаций (связи) и др.

Особое место среди разнообразных сооружений занимают здания — надземные сооружения, имеющие внутренний объем, предназначенный и приспособленный для всевозможной деятельности человека. Все прочие сооружения (надземные, подземные, надводные и подводные) называются инженерными.

Инженерные здания и сооружения могут классифицироваться по различным признакам. По функциональному назначению — на промышленные, гражданские, сельскохозяйственные, гидротехнические, транспортные и др.

К промышленным инженерным сооружениям относятся заводы, фабрики, предприятия топливно-энергетического комплекса. Гражданские (общественные) сооружения — это жилые дома, здания культурно-бытового назначения, административные здания. Сельскохозяйственные здания и сооружения — это элеваторы, животноводческие и птицеводческие комплексы, сооружения для ремонта и хранения техники и переработки сельскохозяйственной продукции. Гидротехнические сооружения — это плотины, каналы, трубопроводы, водозаборы, насосные станции, порты и т. д. К транспортным сооружениям относятся железные и автомобильные дороги, мосты, судоходные каналы, линии электропередач, аэропорты.

Приведенное деление в некоторых случаях условно, так как одно и то же сооружение может быть отнесено как к одной, так и к другой группе. Например, судоходные каналы и шлюзы отнесены к транспортным сооружениям по своему назначению, вместе с тем они являются гидротехническими сооружениями, поскольку связаны с использованием воды. Кроме того, ряд инженерных сооружений вообще не подходит ни под одну из названных категорий.

В зависимости от материалов, из которых они возведены — на металлические, железобетонные, бетонные, кирпичные, деревянные, грунтовые и др.

В зависимости от положения уровня поверхности земли или воды — на надземные, надводные, подводные, периодически затопляемые.

В зависимости от срока службы — на временные и постоянные. Постоянные сооружения возводятся на длительный срок эксплуатации, например, железные дороги, заводы, фабрики, электростанции и др. Временные сооружения строятся на вполне определённый небольшой период, это, например, дамбы обвалования и перемычки котлованов строящихся гидротехнических сооружений, подсобные помещения строительных площадок и др.

В зависимости от геометрической формы в плане — на линейные и площадные. К линейным сооружениям относятся дороги, линии электропередач, трубопроводы, каналы, линии связи. К площадным сооружениям относятся уз-

лы гидротехнических сооружений, комплексы промышленных сооружений и населённых мест, аэропорты и др.

Строящееся сооружение должно отвечать назначению, обеспечивать проектные условия эксплуатации, быть долговечным, соответствовать современным эстетическим и архитектурным требованиям, строиться в установленные сроки, при минимуме затрат труда и материальных средств.

Функции каждой системы состоят в следующем:

1. Транспортная система – обеспечивает транспортные связи (перевозку грузов и перемещение людей) между населенными пунктами, производственными предприятиями и другими объектами.

2. Система газоснабжения – обеспечивает подачу газа и его распределение между потребителями.

3. Система электроснабжения служит для производства и передачи электрической энергии от источника ее производства к потребителям.

4. Система теплоснабжения – обеспечивает производство тепловой энергии, передачу ее потребителю.

5. Водоснабжение – служит для забора воды, доведения ее до необходимого качества и передачу ее потребителю.

1. Система канализации – сбор, отвод и очистка канализационных и сточных вод.

3. Автомобильные дороги - составляющие системы инженерного оборудования территории.

Все виды транспорта в нашей стране – автомобильный, железнодорожный, водный, воздушный, трубопроводный – составляют единую систему, в которой значительная роль по количеству перевозимых грузов и пассажиров, а также по темпу роста перевозок принадлежит автотранспорту.

По сравнению с другими видами транспорта автомобильный обладает рядом особенностей, которые во многих случаях делают его наиболее приемлемым. Он дает возможность получения груза непосредственно в пункте его производства и доставлять в пункт потребления без дополнительных перегрузок; обладает большой маневренностью, что в сравнительно короткий промежуток времени позволяет сосредоточить необходимое количество транспортных средств в определенном месте и легко менять направление перевозок. Высокая скорость перевозок, малая зависимость от путей сообщения.

Существенный недостаток автомобильного транспорта по сравнению с железнодорожным и водным – значительно большая себестоимость перевозки единицы продукции или одного пассажира, так как на 1 тыс. ткм приходится большая численность обслуживающего персонала.

Автомобили средней грузоподъемности 6-12 т. наиболее эффективны для перевозок на расстояния до 30 км, а при наличии обустроенных автомобильных дорог и отсутствии железнодорожных – до 150...200 км. Для централизованных перевозок скоропортящихся грузов автомобильный транспорт эффективно используют на расстоянии 1000 км и более.

Автомобильным транспортом осуществляются почти все виды внутрехозяйственных и межхозяйственных перевозок сельхозпредприятий. Средняя дальность перевозок грузов в целом по стране составляет около 17 км, что свидетельствует о его применении для перевозки короткопробежных грузов, доставлять которые другими видами транспорта невозможно или экономически нецелесообразно.

Автомобильным транспортом в РБ перевозится около 80% сельскохозяйственных грузов, это почти в 4 раза больше чем всеми остальными видами транспорта вместе взятыми. На его долю приходится также около 90% всех пассажирских перевозок в сельской местности.

О значении автотранспорта для сельского хозяйства говорит тот факт, что из всей массы перевозимых им грузов более половины сельскохозяйственные: семена, удобрения, топливно-смазочные материалы, машины, разнообразная продукция сельского хозяйства.

Эффективная работа автотранспорта невозможна без хорошо подготовленных путей сообщения, которыми являются дороги.

Автомобильная дорога - комплекс инженерных сооружений, предназначенный для движения транспортных средств с установленными скоростями, нагрузками и габаритами.

Автомобильная дорога общего пользования - автомобильная дорога, предназначенная для использования любыми лицами с учетом требований, установленных законодательством Республики Беларусь.

Автомобильная дорога необщего пользования - автомобильная дорога, предназначенная для использования в порядке, определяемом ее владельцем с учетом требований, установленных законодательством Республики Беларусь.

Сеть автомобильных дорог развивается в соответствии с направлением грузовых и пассажирских потоков и одновременно удовлетворяет потребностям административных, культурно-бытовых и иных сообщений.

Работа автотранспорта в большой степени зависит от состояния дорог. Еще значительная часть дорог, расположенная в сельских районах, не имеет твердого покрытия. Проезд по ним на автомобилях, особенно в ненастную погоду затруднен, а иногда и совсем невозможен.

Из-за бездорожья сельхозорганизации вынуждены в распутицу перевозить грузы с помощью тракторов, что снижает скорость перевозок и невыгодно экономически. Плохое состояние дорог (дороги без твердого покрытия) резко снижает эффективность работы автотранспорта: в три – четыре раза уменьшаются скорости перевозок, в 3 – 5 раз увеличивается расход топлива, быстро изнашиваются автомобили, нарушаются сроки вывоза продукции, что снижает ее качество. Все это ведет к увеличению в 4 - 5 раз себестоимости перевозок.

Под колесами автомобилей при объездах непроезжаемых грунтовых дорог гибнет 15% сенокосов и 5% посевов зерновых культур.

Сельскохозяйственные предприятия, расположенные в районах с более густой сетью дорог с твердым покрытием, имеют при всех прочих равных условиях более высокую урожайность сельхозкультур. Увеличение плотности сети дорог в среднем на 50 – 60% позволяет увеличить урожайность сельхозкультур на 60 – 70 %.

Для достижения равного прироста чистого продукта в сельскохозяйственном производстве в бездорожных районах требуется в 1,3 – 1,5 раза больше капитальных вложений, чем в районах с развитой сетью дорог.

Сеть благоустроенных дорог способствует целесообразному размещению и укрупнению сельских населенных пунктов, позволяет лучше организовать бытовое обслуживание населения и доставку сельских жителей к месту работы в экономически оправданные сроки.

Улучшение дорог является важнейшим фактором интенсификации сельскохозяйственного производства.

4. Состояние автомобильных дорог и перспективы дорожного строительства в Республике Беларусь.

Республика Беларусь имеет выгодное территориально-географическое расположение, через нее проходят важные автомобильные пути, связывающие восточную часть Европы с ее западной частью. Кроме этого РБ имеет довольно густую внутреннюю дорожную сеть. С развитием автомобильного транспорта расширилось и строительство дорог.

Если проследить историю, то более 4-х столетий тому назад на белорусских землях Статуты – документы, в которых были статьи, устанавливающие государственное регулирование дорог и движение по ним.

В XVII – XIX вв. основные белорусские дороги достигали высокого европейского уровня. В советское время было развернуто широкое дорожное строительство, обеспечивавшее создание оптимальной структуры автомобильных дорог.

Протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием выросла с 3,5 тыс. км. в 1913 до 14,6 тыс. км. в 1960 и 62,6 тыс. км. в 2003 г. Из них более 40,5 тыс. км. с усовершенствованным покрытием (цементно-асфальтированное и черное шоссе). Большинство магистралей имеет ширину проезжей части 7,5 – 12 м.

В настоящее время при площади территории 207,6 тыс. кв. км и населении около 10 млн. жителей в стране сеть дорог составляет 150 тыс. км, из которых дорог общего пользования (по состоянию на 1.2012 г.) 86,0 тыс. км, из которых 15,5 тыс. относятся к дорогам республиканского и 70,5 тыс. км – к дорогам местного значения.

Сеть автомобильных дорог сформирована с учетом дальнейшего развития экономики страны, социальных потребностей населения и практически не требует строительства новых направлений за некоторым исключением.

Твердое покрытие имеют 62,6 тыс. км дорог, в т.ч. асфальтобетонное и цементобетонное – 40,5 тыс. км (70%).

В республике насчитывается 24,4 тыс. населенных пунктов. Из них 13,3 тыс. не связаны дорогами общего пользования, а 10,5 тыс. не имеют подъездов с твердым покрытием, а это значит, что транспортные связи с ними не постоянны. Протяженность внутрихозяйственных дорог к сельским населенным пунктам составляет 33,8 тыс. км, в том числе не имеющих твердого покрытия – 24 тыс. км.

Среди развитых в дорожном отношении стран Беларусь занимает 15-е место по плотности дорог общего пользования на 1 кв. км территории (0,245 км) и 12-е место по их протяженности на 1000 жителей - 4,9 км, Украина - 3,2 км, Польша - 4,7 км. Основным государственным документом, определяющим экономические, правовые и организационные основы управления автомобильными дорогами, является Закон Республики Беларусь «Об автомобильных дорогах», принятый в 1994 году. Республиканским органом государственного управления в области дорожного хозяйства является Комитет по автомобильным дорогам при Минтрансе РБ. Финансирование дорожной отрасли осуществляется за счет средств государственных целевых бюджетных дорожных фондов.

Важнейшие автомобильные дороги РБ:

Москва – Минск – Брест (592 км);

Санкт-Петербург – Киев – Одесса (в пределах РБ на участке Невель – Витебск – Орша – Могилев – Гомель);

Подольск – Кричев – Слуцк – Ивацевичи;

Минск – Бобруйск – Мозырь;

Минск – Вильнюс;

Минск – Лида – Гродно.

(По информации, предоставленной пресс-службой
Департамента "Белавтодор")

С целью создания условий для дальнейшего динамичного развития национальной экономики, обеспечения безопасности и обороноспособности страны, реализации социальной политики государства и дальнейшего повышения деловой активности населения Министерством транспорта и коммуникаций реализуется Программа "Дороги Беларуси" на 2006–2015 годы. Ее основными задачами являются модернизация дорог на всех направлениях международных транспортных коридоров; повышение технического уровня республиканских дорог, соединяющих г. Минск с областными центрами; строительство обходов некоторых городов; развитие сети местных дорог; строительство объектов придорожного сервиса с целью повышения транзитных возможностей и привлекательности белорусских дорог в свете развития иностранного туризма; повышение качества дорожных работ на основе внедрения достижений научно-технического прогресса и развития дорожно-строительной индустрии. Особое внимание в Программе уделяется также вопросам обеспечения безопасности дорожного движения.

В прошедшей пятилетке были реконструированы наиболее грузонапряженные участки дорог общей протяженностью (с учетом нового строительства) 301 км и 2639 погонных метров мостов. Капитальным ремонтом отремонтировано 1727 км дорог и 10 867 погонных метров мостов, текущим — 8076 км дорог и 9519 погонных метров мостов. Реконструированы и введены в эксплуатацию участки дорог Минск — Витебск, Минск — Могилев, Минск — Гомель, Минск — Гродно, Витебск — Полоцк, Могилев — Бобруйск, Могилев — Быхов — Рогачев, Калинковичи — Мозырь, Барановичи — Новогрудок — Ивье и др. Построены обходы городов Могилева, Несвижа, Слонима. Благоустроены с увеличением числа полос движения участки дорог на подходах к пунктам про-

пуска "Домачево", "Бенякони", "Каменный Лог", "Котловка", "Мокраны", "Новая Гута". Завершены строительством мосты через реки Западная Двина, Сож, Бася, Лесная, Индурка, Птичь, Щара, Уборть и др.

В ближайшие годы предусматривается реализация ряда проектов по реконструкции и строительству автомобильных дорог, для чего, помимо целевых бюджетных средств, планируется привлечение дополнительных источников финансирования.

В частности, на реконструкцию республиканской автомобильной дороги М-4 Минск — Могилев на 2010–2012 годы выделен кредит ОАО "АСБ "Беларусбанк" в размере 830 млрд рублей. Планируется, что к 2013 г. автомобильная дорога М-4 будет соответствовать параметрам первой категории на всем протяжении от Минска до Могилева.

Еще один перспективный проект отрасли — это реконструкция автодороги М-5 Минск — Гомель. По реконструкции участка Пуховичи — Бобруйск подписаны Соглашение о предоставлении займа Всемирного банка, а также Указ об утверждении международного договора и некоторых вопросах его реализации. Генеральной подрядной организацией здесь является итальянская компания "Тодини". К реализации проекта подрядчик планирует приступить в ближайшее время. По участку Жлобин — Гомель автодороги М-5 подписано кредитное соглашение с Эксимбанком КНР. Здесь подрядчиком является китайская компания China Road and Bridge Corporation, с которой заключен договор на выполнение работ и поставку технологического оборудования. Начало работ по объекту запланировано на весну будущего года. Следует отметить, что основной объем строительства по вышеназванным участкам автодороги М-5 планируется выполнить силами белорусских дорожных организаций.

В 2011 году были начаты работы по возведению второй кольцевой дороги вокруг Минска. Общая ее протяженность составит 158 км. Предполагается построить дорогу по новому направлению от автомагистрали М-3 Минск — Витебск до М-6 Минск — Гродно — граница Республики Польша и далее до автодороги М-1/Е30 Брест — Минск — граница Российской Федерации общей протяженностью 85 км.

Реализацию проекта строительства второго кольца планируется осуществить в два этапа. С учетом изученных потоков движения на первом этапе целесообразно построить по новому направлению участок автомобильной дороги от М-3 Минск — Витебск до М-6 Минск — Гродно — граница Республики Польша протяженностью 44 км. Строительство этого участка планируется завершить в 2014 году до начала Чемпионата мира по хоккею. В текущем году на объекте освоено 19 млрд рублей.

В соответствии с поручением Президента Республики Беларусь в 2010–2011 годах осуществлялось строительство обхода вокруг территории Национального парка "Беловежская пуща" с максимальным использованием существующей дорожной сети. Протяженность обхода составила около 200 км, он построен по параметрам IV категории с шириной асфальтобетонного покрытия 9 м и соответствующей инженерной инфраструктурой. Реализация проекта осуществлялась за счет государственного целевого бюджетного фонда национального развития.

Итоги работы организаций дорожного хозяйства за январь–сентябрь 2011 г.

Программой дорожных работ 2011 года на республиканских дорогах было предусмотрено отремонтировать 1010,0 км дорог и 1927,0 погонных метров мостов; выполнить реконструкцию и строительство 147,7 км дорог и 371,4 погонных метров мостов.

По итогам девяти месяцев 2011 года (в целом программа выполнена на 101,1 % к плану) на республиканских дорогах текущим ремонтом отремонтировано 999,0 км дорог и 901,3 погонных метров мостов; капитальным — 16,2 км дорог и 633,7 погонных метров мостов, после реконструкции и строительства введено в эксплуатацию 34,5 км дорог (участки автодороги М-4 Минск — Могилев в Минской и Могилевской областях, Р-28 Минск — Молодечно — Нарочь, автомобильная дорога Р-45 Гоза — АЭС — Островец, а также мост через р. Сож в Гомеле).

За январь–сентябрь т. г. организациями Департамента "Белавтодор" выполнены показатели по энергосбережению, сальдо внешней торговли товарами и услугами, экспорту услуг, объему строительно-монтажных работ и др. Среднемесячная заработная плата за сентябрь составила 2 млн 144 тыс. рублей.

Таким образом выполнение программы «Дороги Беларуси» имеет огромное значение для всего народно-хозяйственного комплекса страны.

5. Классификация автомобильных дорог в РБ

Автомобильная дорога представляет собой комплекс инженерных сооружений, включающий земельное полотно, дорожную одежду, мосты, путепроводы, трубы, систему водоотвода, дорожные знаки, охранные устройства, площадки отдыха, средства связи, здания и сооружения дорожной службы, др. элементы благоустройства, предназначенные для обеспечения безопасного и удобного движения транспортных средств с установленными скоростями, нормативными нагрузками и габаритами, что определяется действующими правилами дорожного движения, гос. стандартами и другой документацией.

ЗАКОН РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ 2 декабря 1994 г. N 3434-XII ОБ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ И ДОРОЖНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Статья 12. Классификация автомобильных дорог

Автомобильные дороги Республики Беларусь включают в себя автомобильные дороги общего пользования и автомобильные дороги необщего пользования.

Автомобильные дороги Республики Беларусь находятся в государственной или частной собственности.

Автомобильные дороги общего пользования в зависимости от функционального назначения подразделяются на республиканские автомобильные дороги и местные автомобильные дороги.

Автомобильные дороги в зависимости от эксплуатационных характеристик, геометрических параметров и условий дорожного движения классифицируются по категориям, которые устанавливаются в соответствии с нормативными правовыми актами Республики Беларусь.

Статья 13. Республиканские автомобильные дороги

К республиканским автомобильным дорогам относятся автомобильные дороги, включенные в сеть международных автомобильных дорог, а также автомобильные дороги, обеспечивающие транспортные связи:

столицы Республики Беларусь - города Минска с административными центрами областей, Национальным аэропортом "Минск";

административных центров областей между собой;

административных центров областей с аэропортами, находящимися вне их городской черты, и административными центрами районов;

административных центров районов между собой по одному из направлений;

городов областного подчинения с административным центром области, на территории которой эти города расположены;

железнодорожных станций (внеклассных и I класса), расположенных вне городов, пунктов пропуска через Государственную границу Республики Беларусь, а также иных объектов, имеющих государственное значение, с республиканскими автомобильными дорогами.

Статья 14. Местные автомобильные дороги

К местным автомобильным дорогам относятся автомобильные дороги, обеспечивающие транспортные связи:

административных центров сельсоветов, городов районного подчинения, городских, курортных и рабочих поселков, сельских населенных пунктов с административными центрами районов, на территории которых они расположены, а также городов районного подчинения, городских, курортных и рабочих поселков между собой и с ближайшими железнодорожными станциями, аэропортами, речными портами и пристанями, находящимися вне городской черты;

мест массового отдыха, туризма, спортивных комплексов, курортов, парков, больниц, школ-интернатов, домов отдыха, оздоровительных лагерей, кладбищ, культурных, историко-культурных ценностей и памятников природы с административными центрами областей и районов, на территории которых находятся эти объекты, а также с ближайшими железнодорожными станциями, аэропортами, речными портами, пристанями и республиканскими автомобильными дорогами;

(в ред. Закона Республики Беларусь от 07.05.2007 N 212-3)

административных центров сельсоветов между собой, сельских населенных пунктов (в том числе дороги, проходящие по территории этих населенных пунктов) с автомобильными дорогами общего пользования;

районов индивидуального жилищного строительства, расположенных в сельской местности (включая основные проезды по данным районам), и садоводческих товариществ с автомобильными дорогами общего пользования.

Статья 15. Автомобильные дороги необщего пользования

К автомобильным дорогам необщего пользования относятся автомобильные дороги, предназначенные для внутривладельческих и технологических перевозок, служебные и патрульные автомобильные дороги вдоль каналов, трубопроводов, линий электропередачи, других коммуникаций и сооружений, а

также служебные автомобильные дороги к гидротехническим и иным сооружениям.

1. Внутрихозяйственные дороги сельскохозяйственных предприятий соединяют центральные усадьбы с их отделениями и бригадами, фермами, полевыми станами и другими сельскохозяйственными объектами, а также эти объекты с дорогами общей сети.

2. Подъездные – это дороги на территории промышленных и других предприятий, организаций, обслуживающие их производственно-технологические перевозки и обеспечивающие подъезды к предприятиям и организациям.

3. Служебные и патрульные – это дороги вдоль каналов, трубопроводов, линий электропередач и других коммуникаций и сооружений.

Статья 16. Платные автомобильные дороги общего пользования

На автомобильных дорогах общего пользования, обеспечивающих повышенный скоростной и безопасный режим движения транспортных средств с высоким уровнем сервисного обслуживания, может взиматься плата за проезд в соответствии с нормативными правовыми актами Республики Беларусь.

Автомобильная дорога общего пользования может быть платной на всем протяжении или на отдельных ее участках, в том числе на участках проезда по мостам и иным искусственным сооружениям, при наличии альтернативного пути для бесплатного проезда в данном направлении.

Отнесение автомобильных дорог к категории платных и порядок пользования ими определяются Советом Министров Республики Беларусь.

Автомобильные дороги на всем протяжении или на отдельных участках подразделяются на классы и категории в соответствии с таблицей 1. (ТКП 45-3.03-19-2006 (02250) АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ Нормы проектирования).

Под интенсивностью движения понимают количество транспортных средств (автомобилей) проходящих на определенном отрезке трассы за единицу времени. Измеряется в авт/сут, авт/ч.

За расчетную интенсивность движения следует принимать среднегодовую суточную интенсивность движения механизированных транспортных средств (ед./сут) суммарно в обоих направлениях за последний год перспективного периода. Расчетную интенсивность движения следует определять на основе данных экономических изысканий.

В отдельных случаях расчетная интенсивность движения может определяться как наибольшая часовая интенсивность движения, достигаемая в течение не менее 50 ч за последний год перспективного периода (интенсивность движения 50-го часа), выражаемая в единицах, приведенных к легковому автомобилю (прив. ед./ч).

Таким образом, чем выше интенсивность движения, тем более совершенными проектируются дороги.

Таблица 1

Класс дороги	Категория дороги	Функциональное назначение дороги	Область применения	Расчетная интенсивность движения, ед/сут	
				Республиканские дороги	Местные дороги
Автомагистрали	I-а	Для передвижения интенсивных транспортных потоков на большие расстояния без обслуживания прилегающих территорий	Участки основных республиканских дорог протяженностью не менее 150 км с долей транзита в транспортном потоке более 50%	Св. 8000	
Скоростные автомобильные дороги	I-б	Для локального передвижения интенсивных транспортных потоков с высокой скоростью	Республиканские автомобильные дороги на подходах к крупнейшим городам на расстоянии 40-50 км, подъезды к аэропортам I класса, кольцевые дороги вокруг крупнейших городов	Св. 10 000	
Обычные автомобильные дороги	I-в	Дороги общего назначения	Республиканские автомобильные дороги (кроме автомагистралей и скоростных дорог), а также местные автомобильные дороги (кроме автомобильных дорог низших категорий)	Св. 10 000	–
	II			Св. 5000 до 10 000 включ.	Св. 7000 включ.
	III			Св. 2000 до 5000 включ.	Св. 3000 до 7000 включ.
	IV			Св. 200 до 2000 включ.	Св. 400 до 3000 включ.
	V			До 200 включ.	До 400 включ.
Автомобильные дороги низших категорий	VI-а	Обеспечение постоянных подъездов к малым сельским поселениям	Тупиковые дороги с незначительной интенсивностью движения	–	Св. 25 до 50 включ.
	VI-б			–	До 25 включ

Примечания

- 1 Для подъездов к аэропортам I класса следует проектировать скоростную автомобильную дорогу, если расчетная интенсивность движения превышает 4000 ед/сут.
- 2 Нормы проектирования автомобильных дорог низших категорий следует принимать в соответствии с [П1 к СНиП 2.05.02.](#)
- 3 В соответствии с [СНБ 3.01.04](#) к крупнейшим относятся города с численностью населения на перспективный период, превышающей 1 000 000 чел., к крупным – превышающей 200 000 чел.

Лекция 2. Дорожные изыскания и проектирование сети местных дорог. Размещение дорожной сети в плане.

1. Грузооборотные пункты и их транспортные связи.
2. Выбор направления и размещение сети дорог.
3. Особенности проектирования сети внутрихозяйственных дорог.
4. Установление технических показателей дорог.
5. Экономическое обоснование размещения дорожной сети.

1. Грузооборотные пункты и их транспортные связи.

Пункты, между которыми осуществляются транспортные связи, называются **грузооборотными**.

Различают **грузообразующие** (из которых вывозят грузы) и **грузопотребляющие** (в которые ввозят грузы) грузооборотные пункты. Чаще всего один и тот же пункт выступает в обоих качествах.

По значимости и характеру грузопотоков грузооборотные пункты можно разделить на три группы:

а) административные и социально-культурные центры, железнодорожные станции, аэропорты и пристани, межхозяйственные предприятия, комплексы и базы;

б) местные предприятия и организации, осуществляющие транспортные связи с пунктами первой группы;

в) хозяйственные центры, селения, животноводческие фермы, массивы севооборотов, многолетних насаждений и луговых земель землеустраиваемого хозяйства.

Общий объем грузоперевозок выражается показателем грузооборота. **Грузооборот** – это количество грузов, ввозимых и вывозимых в данный пункт за единицу времени.

Информацию о грузообороте района собирают по всем его пунктам. При этом используют ежегодные отчеты организаций, предприятий и т.п., в сельскохозяйственных организациях – информации о производимой валовой продукции.

При установлении основных грузопотоков рассчитываются объемы грузов и определяются направления их перевозок. При этом определяют вид грузов, их тоннаж, распределение на внутренние и внешние направления исходя из площади пахотных и луговых земель, структуры посевов, урожайности сельскохозяйственных культур, планируемой реализации продукции, потребности животноводческих ферм в кормах.

Производственные процессы, выполняемые на больших площадях сельскохозяйственных предприятий, требуют больших по объему транспортных работ, тесно связанных по времени и в пространстве с технологией сельскохозяйственного производства.

В сельском хозяйстве различают две основные группы перевозок:

- внехозяйственные;
- внутрихозяйственные.

Внехозяйственные перевозки совершаются за пределы землепользования предприятия. Это перевозки продукции на перерабатывающие пункты, железнодорожные станции, для непосредственной реализации в города и поселки. Внутрихозяйственные перевозки осуществляются в пределах территории данного предприятия. В основном это доставка кормов, перевозимых с полей на фермы, и обратные грузопотоки с производственных и хозяйственных центров на поля (удобрения, семена и т. п.).

Расчет внутрихозяйственного грузооборота:
по растениеводству (т/га)

$$V_p = \sum_{i=1}^n P_i * V_i * \alpha_i$$

где P_i – площадь i -ой культуры, (га);

V_i – урожайность i -ой культуры (ц/га);

α_i – коэффициент товарности i -ой культуры (в долях единицы).

по животноводству

$$V_{ж} = \sum_{j=1}^n N_j * n_j * \alpha_j$$

где N_j – поголовье j -го вида скота;

n_j – масса одной головы j -го вида скота (ц);

α_j – коэффициент товарности j -го вида скота (в долях единицы).

Общий объем перевозок $V_{общ.} = V_p + V_{ж}$

Объем перевозок удобрений, топлива, промышленных, строительных и других материалов определяют по укрупненным показателям и нормативам в расчете на единицу площади или на одного жителя. Отдельно учитываются основные пассажиропотоки.

При расчете пассажирских перевозок по данным автотранспортных организаций учитывают так называемый показатель *транспортной подвижности населения*, выражаемый количеством поездок за год в расчете на одного жителя. Поездки сельских жителей можно подразделить на рабочие и культурно-бытовые, которые в большей мере осуществляются в районный центр. При определении грузооборота 10 пассажиров приравнивают к 1 т грузов.

Схема транспортных связей оформляется графически в произвольном масштабе. На схеме показываются грузооборотные пункты, объемы ежегодных перевозок между ними (в тоннах грузов, приведенных к I классу) и указывается грузонапряженность отдельных участков дорожной сети в среднем за год или в наиболее напряженные периоды. Расчеты производятся с учетом перспективы на 5-10 лет.

Сведения о направлениях и объемах грузопассажиропотоков — это исходные данные для проектирования дорожной сети — расположения дорог по территории и установления их технико-экономических показателей.

На основании данных об объемах и направлениях перевозок грузов и людей на карту района наносят *схему транспортных связей* (схему грузопассажирооборота), представляющую собой графическое изображение направлений и объемов перевозок между отдельными грузооборотными пунктами. Такая

схема служит важнейшим документом для выбора направлений и установления местоположения трасс проектируемой сети дорог. Наглядно показывая направления перевозок, схема позволяет выбрать наиболее выгодное и целесообразное расположение трасс, определить, соответствует ли существующее размещение дорог перспективам развития транспортных связей, выделить наиболее важные, т. е. будущие магистральные дороги.

Схема транспортных связей строится на плане или карте. Для этого транспортно взаимосвязанные грузооборотные пункты соединяются прямыми линиями (внемасштабное отображение) с надписями или полосами (масштабное) различной ширины, показывающими объемы перевозимых грузов между данными пунктами (рис. 1).

Ширина полос зависит от объема грузооборота между пунктами и принятого масштаба его отображения, например, 1 мм – 5 тыс. тонн.

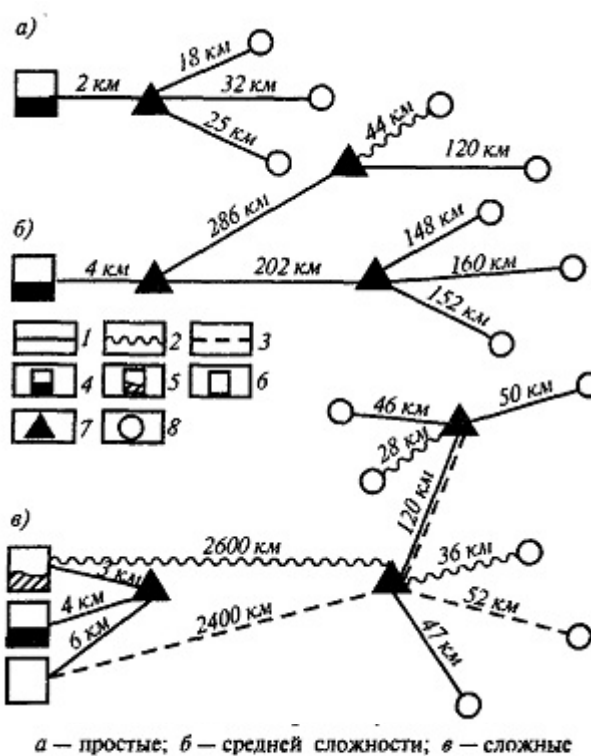
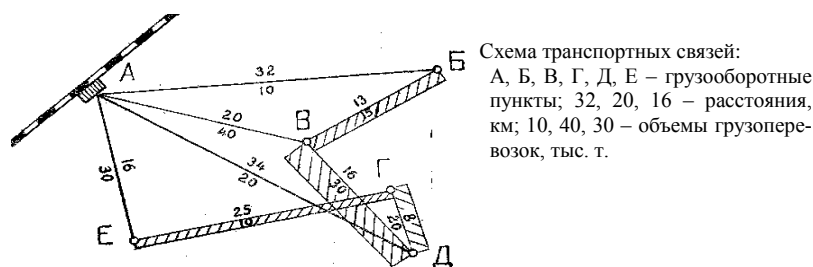


Рисунок 1. Схема транспортных связей

2. Выбор направления и размещение сети дорог.

Для правильного размещения автомобильных дорог в плане необходимо учитывать следующие группы принципов:

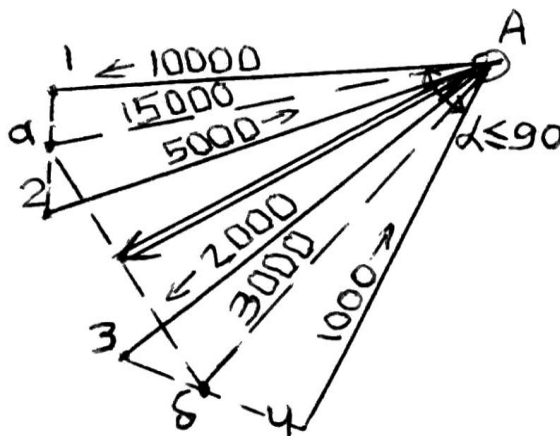
1 группа – социальная (учет интересов людей и т.п.);

- 2 группа – техническая (ТКП, СНиПы, СНБ и т.д.);
- 3 группа – экономическая (получение максимальной прибыли и минимизировать издержки и т.д.);
- 4 группа – экологическая.

При выборе направлений дорог рекомендуется использовать математические методы, позволяющие более обоснованно подойти к решению вопроса. Так, для основных дорог района задачу можно решить с помощью графоаналитических методов, используя схему транспортных связей. Наиболее простыми из них являются *комбинаторный метод и метод многоугольника сил*.

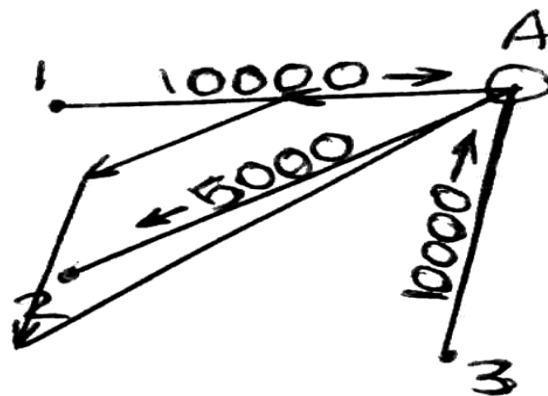
Суть первого заключается в том, что путем комбинаций объединяют рядом расположенные и идущие в одном направлении лучи схемы транспортных связей и их отрезки (например, лучи 4А и 7А, 2А и 3А, 5А и 6А на рисунке). Данные о перевозках по объединенным направлениям суммируют. Направления и объем перевозок по объединенным лучам служат основой для выбора направлений и размещения трасс проектируемой сети дорог.

Графоаналит: комбинир. и метод многоуг. сил. Суть 1, что объединяют рядом расположенные и идущие в одном направлении Лучи схемы транспортных связей и их отрезки. Данные о перевозках по объединенным направлениям суммируют. Направления и объём перевозок по объединенным лучам служат основой для выбора направлений и размещения трасс проектируемой сети д.

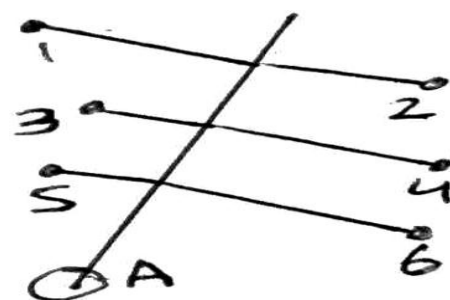
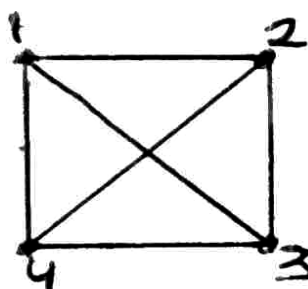
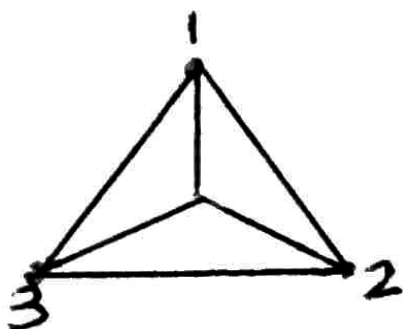


При 2 методе в узловых пунктах, в которых сходятся несколько направлений, по схеме транспортных связей строят так называемые многоугольники сил. За силы принимают объём перевозок в т по каждому направлению, его строят складывая в опред масштабе эти силы 1мм=5тыс.т от угла А параллельно лучам схемы трансп связей.

Равнодействующая многоугольника, связывающая узловую точку и конец последней силы, показывает наиболее выгодное направление магистрали для данной группы пунктов. При этом она объединяет пункты примерно в пределах четверти окружности, что гарантирует минимум транспортных затрат.



Графич.метод



После выбора направлений приступают к размещению трасс дорог. Основную их сеть проектируют исходя из схемы транспортных связей, используя выбранные направления и учитывая размещение пунктов производства и потребления, существующие дороги, а также рельеф, гидрографию и гидрологию, почвогрунты и климатические особенности местности.

Проектирование трассы дороги начинается с изучения возможности использования существующих дорог или их отдельных участков, направления и техническое состояние которых удовлетворяют требованиям обеспечения кратчайшего проезда между пунктами и перспективных перевозок. При отсутствии или несоответствии существующих дорог требованиям бесперебойного автомобильного движения с планируемым объемом грузоперевозок необходимо запроектировать новые дороги.

Исходя из взаимного расположения заданных грузооборотных пунктов и схемы транспортных связей, выбирают наиболее выгодные направления проектируемых трасс дорог в плане. При этом для узловых точек с несколькими направлениями грузоперевозок наиболее выгодное направление основной магистрали может быть определено графическим методом отыскания равнодействующей многоугольника сил. Далее по ним на карте размещают трассы основной и подъездных дорог, учитывая при этом местные природные условия (рельеф местности, гидрографию, размещение сельскохозяйственных земель, населенных пунктов и существующих дорог, технико-эксплуатационные и экономические требования, предъявляемые к строительству дорог.

Трассы дорог необходимо стремиться проектировать по кратчайшим расстояниям между заданными пунктами, совмещать с существующими дорогами (сохраняемыми на перспективу), границами землепользований, севооборотов,

располагать в сухих, незатопляемых местах с равнинным рельефом и прочными грунтами,
правильно вписывать в ландшафт местности,
по возможности обходить водотоки или пересекать их в наиболее узких местах с удобными подходами.

Пересечения проектируемых трасс дорог с существующими должны выполняться под углом не менее 45° , располагаться на прямых участках пересекающихся дорог.

Пересечения с водотоками, болотами и другими водными препятствиями необходимо предусматривать в наиболее узких местах.

Не следует совмещать трассы дорог с жилыми улицами, занимать под ними ценные земли, прокладывать через государственные заповедники и заказники, зоны, отнесенные к памятникам природы и культуры.

При проектировании трасс дорог должны учитываться вопросы охраны природной среды.

3. Особенности проектирования сети внутрихозяйственных дорог.

Основная особенность внутрихозяйственных дорог состоит в том, что они обслуживают непосредственно процесс сельскохозяйственного производства, неразрывно связаны с землей как со средством производства, предметом труда и сферой действия самого трудового процесса. В меньшей мере они используются в процессе обращения (вывоз сельскохозяйственной продукции, ввоз удобрений, строительных материалов, машин, горючего и др.).

Функции транспорта внутри предприятия отличаются от его функций по перевозкам между хозяйствами, предприятиями, т. е. между производством и потреблением. Являясь неразрывной составной частью производства, внутрихозяйственный транспорт перемещает рабочую силу и средства труда в процессе этого производства. Следовательно, его особенности и организация связаны с организацией и технологией обслуживаемой отрасли. Правильное размещение дорожной сети в хозяйстве способствует расширенному воспроизводству.

Характер сельскохозяйственного производства оказывает основное влияние на проектирование сети внутрихозяйственных дорог. Наряду с этим учитывают исторически сложившиеся условия расселения, имеющиеся дороги, местные природные условия.

В задачи проекта размещения сети дорог в сельхозорганизации входят обеспечение транспортных связей усадебных и производственных центров с внешними пунктами, между собой, с массивами севооборотов и сельскохозяйственных земель, а также обслуживание работающих на полях людей и техники. В связи с этим проектировать внутрихозяйственные дороги в отрыве от перспективной схемы организации территории хозяйства, от проекта внутрихозяйственного землеустройства и мелиорации нельзя.

Как составную часть перспективной схемы или проекта землеустройства и мелиорации дорожную сеть сельскохозяйственного предприятия размещают с учетом создания необходимых условий для рационального использования зе-

мельных массивов и улучшения организации производственных процессов на них, а также снижения себестоимости перевозок.

В землеустроительной литературе выделяют два *вида внутрихозяйственных дорог*, исходя из их назначения: **главные (магистральные) и полевые**. В литературе по дорожному строительству и в зависимости от назначения подразделяют на **внешнехозяйственные и внутрихозяйственные**. Иногда в качестве самостоятельной группы дорог внутри хозяйства выделяют скотопрогоны.

К **главным (магистральным)** относят дороги, по которым осуществляются транспортные связи между отдельными селениями и производственными подразделениями хозяйства, а также подъездные пути к дорогам общего пользования для связи хозяйства с пунктами, находящимися за его пределами. Эти дороги больше обусловлены сущностью производственного процесса сельскохозяйственного предприятия в целом, а не отдельных его частей. Однако в той или иной мере они выполняют и функции полевых дорог, в частности, служат связующим звеном между отдельными частями севооборотного массива и используются для обслуживания работающих на полях людей и сельскохозяйственной техники.

Полевая дорожная сеть обеспечивает транспортные связи и обслуживание производственных процессов на полях и других хозяйственных участках сельхозорганизаций.

Различие в назначении обуславливает разную методику проектирования главных и полевых дорог. Если проектирование полевых дорог должно базироваться в основном на изучении их роли в том или ином производственном процессе, то для магистральных, кроме того, необходимо знать размещение и взаимосвязь производственных отраслей данного хозяйства, его внешние транспортные связи, а также учитывать транзитные перевозки.

Исходные данные для проектирования главных внутрихозяйственных дорог получают по такой же методике, как и для проектирования полевых, однако при этом необходимо учитывать следующие особенности. В качестве грузооборотных пунктов в хозяйстве выступают усадебные центры внутрихозяйственных производственных единиц, производственно-хозяйственные комплексы, сады, массивы севооборотов и сельскохозяйственных земель.

Грузооборот сельхозорганизаций складывается из внутри- и внешнехозяйственных перевозок грузов и людей. Основой для его определения служит валовая продукция отрасли. Количество грузов с площади севооборотов достаточно точно и просто можно определить путем подсчета грузоемкости 1 га пахотных земель, исходя из структуры посевов, урожайности культур, количества ввозимых удобрений и прочих перевозок, а также безгрузовых переездов различных машин.

Данные расчетов показывают, что объем перевозок в расчете на 1 га пахотных земель в зависимости от указанных факторов и технологии производства могут составлять от 10 до 100 т и более.

Кроме грузовых, учитывают внешние пассажирские связи и внутренние производственные и другие перевозки и переезды людей как общественным, так и личным транспортом. Наряду с изучением внутрихозяйственных транспортных связей определяют количество вывозимой сельскохозяйственной про-

дукции и ввозимой продукции промышленности (удобрения, горючее, машины, строительные, торговые и другие грузы), а также учитывают транзитные перевозки через территорию хозяйства.

Данные грузо- и пассажирообмена отражают в балансовой таблице, на основании которой составляют внутривладельческую схему транспортных связей, или, при небольшом количестве грузооборотных пунктов, выбирают направления и размещают трассы магистральных дорог.

В крупных хозяйствах с большим количеством грузооборотных пунктов экономически наиболее выгодные направления основных магистралей для узловых пунктов могут быть определены, как и в пределах района, графоаналитическими методами, исходя из общей схемы транспортных связей,

Затем каждый пункт связывают с запроектированной магистралью подъездным путем, учитывая размещение существующих дорог, природные условия, а также другие составные части и элементы перспективной схемы организации территории предприятия.

Местоположение внутривладельческих основных дорог на местности в решающей мере определяется размещением существующих дорог, границами землепользования отделений, бригад, севооборотных массивов, расположением усадебных центров, ферм и производственных комплексов на территории хозяйства. Относительная простота технических решений при размещении сети дорог сельхозорганизаций позволяет применять упрощенное проектирование, исключая ряд расчетов. Например, иногда нет необходимости определять объем перевозок между всеми грузооборотными пунктами, так как рассчитанная интенсивность движения, как правило, не будет превышать показателя пятой технической категории или наиболее низкой группы дорог. Дороги в этом случае проектируют в составе схемы или проекта землеустройства непосредственно по данным размещения грузооборотных пунктов хозяйства.

В отличие от всех других полевые дороги обслуживают не грузооборотные пункты, а грузооборотную площадь в виде полей севооборотов, кварталов садов и ягодников, участков сенокосов и пастбищ. Это обслуживание заключается в вывозе произведенной продукции, подвозе семян, удобрений и в непосредственном участии дороги в производственном процессе.

Перечисленные факторы и определяют особенности размещения полевых дорог. Их проектируют одновременно с другими элементами внутреннего устройства территории севооборотов, садов, сенокосов и пастбищ, полей, кварталов, гуртовых и других участков, располагая, как правило, по границам запроектированных участков, в наибольшей мере используя при этом благоприятные условия местности (рельеф, грунты и др.) и существующие дороги. Полевые дороги по назначению условно делят на **основные (полевые магистрали) и линии обслуживания, иногда выделяют вспомогательные.**

Основные (постоянные) полевые дороги, как правило, обслуживают весь массив или большие части севооборотов, садов и других земель и связывают их с населенным пунктом и производственным центром. Потребность в них возникает при создании крупных севооборотных и других массивов растениеводства. Часто их роль играют внутривладельческие магистрали и дороги общего пользования.

Линии обслуживания предназначены для заправки, холостых проездов и поворотов тракторных агрегатов во время работы на полях, а также для транспортировки грузов с полей севооборотов, из кварталов, садов, для переездов и переходов людей. Их размещают по коротким и длинным сторонам полей, участков, кварталов многолетних плодово-ягодных насаждений.

Полевые дороги нескольких видов размещают на крупных производственных массивах сельскохозяйственных земель. Однако в практике часто встречаются случаи, когда одна запроектированная дорога выполняет функции нескольких.

4. Установление технических показателей дорог.

Разместив дорожную сеть, устанавливают ее технические показатели.

Установление технических показателей автодорог связано с производится с учетом следующих факторов:

- значение дорог для экономического развития района;
- объемов грузоперевозок по ним;
- природные условия;
- наличие местных строительных материалов;
- интенсивность движения транспорта.

Для установления технической категории запроектированных дорог определяют их перспективную *грузонапряженность*, которая складывается из количества грузов и пассажиров, перевозимых по дороге за определенный период (обычно за год).

Для наглядного представления грузонапряженности на отдельных дорогах строят эпюры грузонапряженности. В определенном масштабе вдоль трасс дорог изображают объем перевозок в виде полосок разной ширины с цифровыми показателями каждой категории грузов.

Грузонапряженность дорог служит исходным показателем для определения *интенсивности движения*, т.е. количества автомобилей, проходящих по дороге за единицу времени (1 сут., 1 час).

$$N = \frac{Qfk}{t\beta\varphi P} \quad , \quad (1.1)$$

где N – расчетная интенсивность движения по дороге, авт/сут;

Q – перспективная грузонапряженность дороги (титула), т/год;

f – коэффициент неравномерности перевозок по сезонам (месяцам), 2 – 3;

k – коэффициент, определяющий повторные, безобъемные и неучтенные перевозки и переезды, 1,2 – 1,4;

t – число дней сельскохозяйственных перевозок в году (200 дней);

β – коэффициент использования пробега автомобиля, 0,6;

φ – коэффициент использования грузоподъемности автомобиля, 0,8 – 0,9;

P – средняя грузоподъемность автомобиля, 3 – 5 т.

На основании полученной интенсивности движения устанавливают основные нормативные показатели и техническую категорию каждого титула и в целом запроектированной дороги

**Таблица 1. Основные технические нормативы для местных дорог
(ТКП 45-3.03-19-2006 (02250))**

Нормативы	Обычные автомобильные дороги				Автомобильные дороги низших категорий	
	Дороги общего назначения					
	Категория дороги					
	II	III	IV	V	VI-a	VI-б
Расчетная интенсивность движения, ед./сут	Свыше 7000	3000–7000	400–3000	До 400	25–50	До 25
Расчетная скорость движения, км/ч (основная)	120	100	80	60	40–70	30–60
Ширина земляного полотна по верху, м	13	12	10	8	10	8
Ширина проезжей части, м	7	7	6	5,5	6,0–4,5	4,5–3,5
Ширина обочин, м	3	2,5	2	1,25	2	1,75
Средняя ширина полосы отвода, м		28	26	24	12	12
Наибольший продольный уклон, тыс. (‰)	40	50	60	70	60–80	70–90
Наименьший радиус кривых в плане, м	500	400	250	125	80–200	80–150
Наименьший радиус вертикальных кривых, м:						
а) выпуклых	15000	8000	4000	1500	1000	1000
б) вогнутых	600	4000	2500	1500	1000	1000
Наименьшее расстояние видимости для остановки, м	250	150	100	60	40	40
Габариты мостов	Г-11	Г-10	Г-8	Г-6,5	Г-6,5	Г-6,5
Рекомендуемые покрытия:						
а) монолитный цементобетон	+	+	+	+	–	–
б) асфальтобетонные	+	+	+	–	–	–
в) черные щебеночные и гравийные; мостовые из камня, щебеночные, гравийные	–	–	+	+	+	+
в) грунтовые, укрепленные добавками, грунтовые оптимальной смеси, грунтовые профилированные	–	–	–	+	+	+

Для оценки размещения вариантов трассы дороги в плане определяют и анализируют их эксплуатационно-технические и экономические показатели, рассчитывают экономическую эффективность строительства.

Оценка запроектированных вариантов трассы дороги по эксплуатационно-техническим показателям включает установление их протяженности и извилистости в плане (коэффициент развития трассы), площади земель под дорогой, в том числе пахотных и луговых, проектируемого минимального радиуса горизонтальных кривых в плане, максимального продольного уклона местности по трассе, числа пересечений (примыканий) с существующими и проектируемыми дорогами, пересечения водотоков, количества мостов и труб, их длины, условий движения и др.

5. Экономическое обоснование размещения дорожной сети.

В состав определяемых экономических показателей входят капитальные затраты, ежегодные затраты и сбережения, приведенные затраты и срок окупаемости капиталовложений.

Капитальные затраты включают: стоимость строительства дороги, инженерных сооружений (мостов и труб), расходы, связанные с отводом земель под дорогу.

Стоимость строительства дороги определяется по формуле

$$K_1 = L_d c_1, \quad (1.2)$$

где L_d – протяженность запроектированной дороги, км;

c_1 – стоимость строительства 1 км дороги, руб. (у.е).

Стоимость строительства инженерных сооружений рассчитывается по формуле

$$K_2 = L_c c_2, \quad (1.3)$$

где L_c – длина инженерного сооружения (моста, трубы), пог. м;

c_2 – стоимость строительства 1 погонного метра инженерного сооружения, руб. (у.е).

Затраты, связанные с отводом земель под дорогу (потери сельскохозяйственного производства), находятся по формуле

$$K_3 = S_d c_3 k_n, \quad (1.4)$$

где S_d – площадь сельскохозяйственных земель, отводимая под дорогу, га;

c_3 – нормативная стоимость освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных для несельскохозяйственных нужд, руб/га, (у.е/га);

k_n – повышающий коэффициент.

Суммарные капитальные затраты (K_c) рассчитываются по формуле

$$K_c = K_1 + K_2 + K_3. \quad (1.5)$$

Ежегодные затраты включают затраты на эксплуатацию дорог (R), затраты на перевозки грузов (P), амортизационные отчисления (A) в связи с эксплуатацией автомобильной дороги и инженерных сооружений (мостов, труб), земельный налог (Z_n).

Затраты на эксплуатацию дорог можно определить по формуле

$$R = \sum_{i=1}^n L'_i r_i, \quad (1.6)$$

где L'_i – протяженность i -й запроектированной дороги, км;

r_i – годовые затраты на содержание и ремонт i -й дороги, руб. (у.е.)/км.

Затраты на перевозки грузов (P) рассчитываются по формуле

$$P = \sum_{i=1}^n Q_i l_i c_i , \quad (1.7)$$

где Q_i – вес перевозимых грузов по i -й дороге, титуту, т;
 l_i – расстояние перевозки грузов по i -й дороге, титуту, км;
 c_i – стоимость перевозки 1 т груза по i -му титуту, руб. (у.е.)/т км.

Амортизационные отчисления в связи с эксплуатацией дороги находятся по формуле

$$A = \alpha_1 K_1 + \alpha_2 K_2 , \quad (1.8)$$

где α_1 и α_2 – норма амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов;

K_1 и K_2 – то же, что и в формулах 1.2 и 1.3.

Земельный налог, ежегодно взимаемый с дорожных организаций за земли занятые под дорогой, определяется по нормативным ставкам за 1 га по формуле

$$Z_n = \sum_{i=1}^n S_{o_i} n_i , \quad (1.9)$$

где S_{o_i} – площадь земель под дорогой, га;

n_i – нормативная ставка земельного налога за 1 га земель, руб. (у.е).

Нормативная ставка земельного налога за 1 га земель, занятых под дорогами, принимается по ставкам налога на землю в населенных пунктах с учетом уменьшающих коэффициентов (приложения 1, 2).

Суммарные ежегодные затраты находятся по формуле

$$C_c = R + P + A + Z_n . \quad (1.10)$$

Суммарные приведенные затраты (Z_n) определяются по формуле

$$Z_n = E_n K_c + C_c \Rightarrow \min , \quad (1.11)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений. Для внутривладельческих дорог принимается равным 0,05, для дорог общего пользования – 0,10;

K_c – суммарные капитальные затраты, руб. (у.е);

C_c – суммарные ежегодные затраты, руб. (у.е.).

При использовании запроектированной автомобильной дороги будут иметь место ежегодные сбережения, включающие сбережения на перевозки грузов (\mathcal{E}_1), эксплуатацию автомобильных дорог (\mathcal{E}_2), дополнительный доход (убытки) вследствие уменьшения (увеличения) площадей сельскохозяйственных земель из-под дорог (\mathcal{E}_3) и сбережения в результате более полного использования автотранспорта в течение года, улучшения культурно-бытовых и адми-

нистративных связей, активизации хозяйственной деятельности (\mathcal{E}_4). Значения перечисленных сбережений можно найти по соответствующей формуле.

Сбережения на перевозку грузов можно рассчитать следующим образом :

$$\mathcal{E}_1 = \sum_{i=1}^n Q_i l'_i c_i - \sum_{i=1}^n Q_i l_i c_i, \quad (1.12)$$

где Q_i – вес перевозимых грузов по i -й дороге, перегону, т;

l'_i и l_i – расстояния перевозки грузов по i -й существующей и запроектированной дороге, перегону, км;

c_i – стоимость перевозки 1 т груза по i -й дороге, руб. (у.е.)/т км.

Экономия (перерасход) на эксплуатацию дорог (\mathcal{E}_2) можно определить по формуле

$$\mathcal{E}_2 = \sum_{i=1}^n L'_i r_i - \sum_{i=1}^n L_i r_i, \quad (1.13)$$

где L'_i и L_i – соответственно протяженность существующих и запроектированных i -х дорог, км;

r_i – то же, что и в формуле 1.6.

Величину экономии (убытка) вследствие уменьшения (увеличения) площадей сельскохозяйственных земель под дорогами (\mathcal{E}_3) определяют как доход (убыток) по формуле

$$\mathcal{E}_3 = (S_c - S_n) D, \quad (1.14)$$

где S_c и S_n – площади сельскохозяйственных земель под существующими и проектируемыми дорогами, га;

D – доход с 1 га сельскохозяйственных земель, руб. (у.е.).

Сбережения, получаемые в результате более полного использования автотранспорта в периоды распутиц, улучшения культурно-бытовых и административных связей, активизации хозяйственной деятельности \mathcal{E}_4 , можно условно принять в размере 20 – 30% от общей экономии (\mathcal{E}_1) и (\mathcal{E}_2).

Общая годовая экономия на транспортных и других расходах ($\mathcal{E}_{общ}$), получаемая в результате использования запроектированной дороги, выражается формулой

$$\mathcal{E}_{общ} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4. \quad (1.15)$$

Окончательным показателем, характеризующим проектное решение и определяющим лучший вариант размещения трассы дороги является срок окупаемости капиталовложений (t) на строительство дорог:

$$t = \frac{K_c}{\mathcal{E}_{общ}}, \text{ лет} \quad (1.16)$$

где K_c – то же, что и в формуле 1.11;

$\mathcal{E}_{общ}$ – то же, что и в формуле 1.15.

Лучшим вариантом размещения трассы дороги является тот, который имеет меньший срок окупаемости капитальных затрат.

Для внутрихозяйственных дорог срок окупаемости капиталовложений не должен превышать 20 лет, для дорог общего пользования – 10 лет.

Лекция 3. Размещение дорожной сети в плане.

1. План трассы.
2. Вписывание горизонтальных кривых и разбивка пикетажа трассы автомобильной дороги.
3. Вираз автомобильной дороги и его элементы.
4. Пересечения и примыкания автомобильных дорог.

1. Автомобильные дороги. Проектирование и строительство / под ред. В.Ф. Бабкова, В.Н. Некрасова, Г.И. Щелиянова. – М.: Транспорт, 1983. – 239 с.
2. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог: учебник для вузов / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – Ч. 1. – 367 с.
3. Автомобильные дороги. Нормы проектирования: ТКП 45-3.03-19-2006 (02250) / Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. – 48 с.
4. Кузнецов, Г.А. Дороги местного значения / Г.А. Кузнецов, В.С. Мисенев, В.Ф. Дудко; под ред. Г.А. Кузнецова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 351с.
5. Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности: Закон Респ. Беларусь от 2 декабря 1994 г. N 3434-ХІІ с имз. и доп. / Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 19 мая 2001 г. №2/463.
6. Автомобильные дороги. Правила устройства: ТКП 059-2012 (02191) / Минск: Департамент «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций, 2012. – 92 с.
7. Ганьшин, В.Н. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых / В.Н. Ганьшин, Л.С. Хренов. 5-е изд., перераб. и доп. – М.:Недра, 1985. – 430 с.

1. План трассы.

При проектировании автомобильных дорог, разрабатываются в числе прочих три основных рабочих документа:

План трассы – (вид сверху) или горизонтальная проекция дороги.

Продольный профиль – вертикальное сечение дороги по оси трассы.

Поперечные профили – вертикальное сечение дороги, перпендикулярное её оси.

Положение оси автомобильной дороги на местности называется **трассой**.

Трасса дороги в общем случае представляет собой пространственную линию, потому что ее положение по длине, как правило, непрерывно изменяется как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Отклонение трассы от прямой в вертикальной плоскости вызывается наличием продольных уклонов, а в горизонтальной – обходом препятствий.

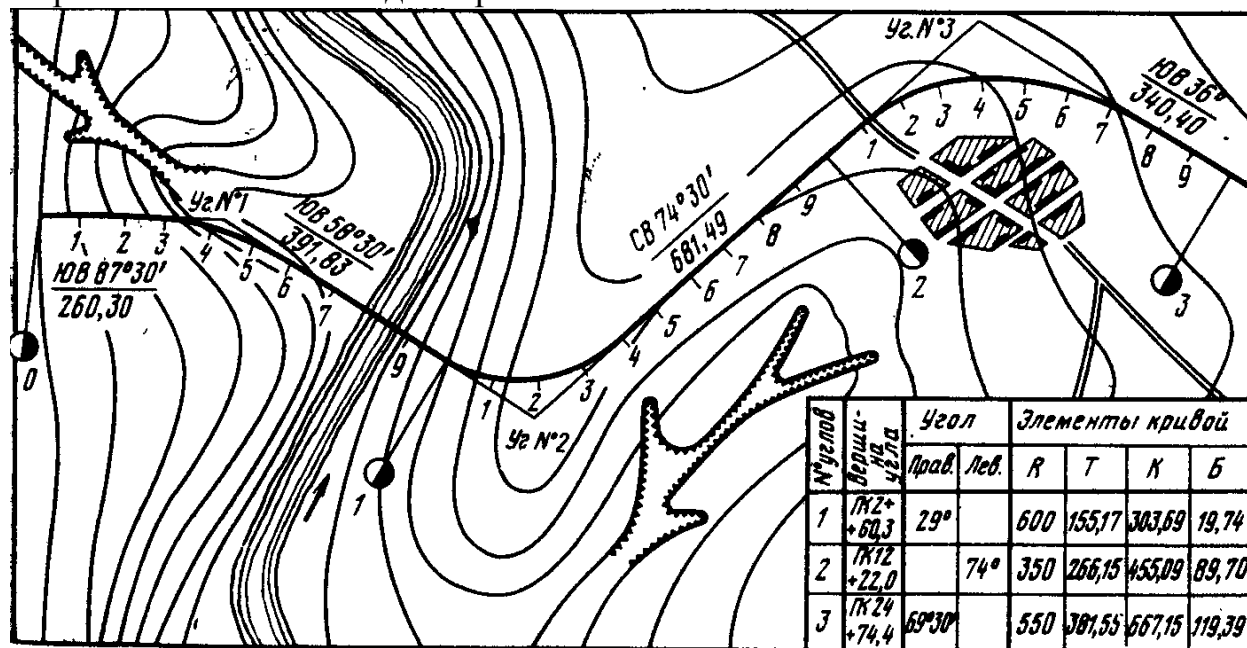


Рисунок 1. План участка трассы автомобильной дороги

На топографических картах и планах дорогу изображают в виде **плана трассы** – проекции трассы на горизонтальную плоскость в определенном масштабе.

Для лучшей ориентировки трассу делят на километры и на стометровые отрезки, называемые **пикетами**. Пикеты и километры последовательно нумеруют.

Выбор направления трассы автомобильной дороги

Выбор положения трассы дороги является самым ответственным этапом проектирования, поскольку оказывает значительное влияние на стоимость строительства и эксплуатации дорог, удобство и безопасность движения, степень влияния дороги на окружающую среду.

Требования к размещению дорожной сети в плане мы рассматривали ранее. Напомню, что:

- Трассы дорог необходимо стремиться проектировать по кратчайшим расстояниям между заданными пунктами,
- совмещать с существующими дорогами (сохраняемыми на перспективу), границами землепользований, севооборотов,
- располагать в сухих, незатопляемых местах с равнинным рельефом и прочными грунтами,
- правильно вписывать в ландшафт местности,
- по возможности обходить водотоки или пересекать их в наиболее узких местах с удобными подходами.

Пересечения проектируемых трасс дорог с существующими должны выполняться под углом не менее 45°, располагаться на прямых участках пересекающихся дорог.

Пересечения с водотоками, болотами и другими водными препятствиями необходимо предусматривать в наиболее узких местах.

Не следует совмещать трассы дорог с жилыми улицами, занимать под ними ценные земли, прокладывать через государственные заповедники и заказники, зоны, отнесенные к памятникам природы и культуры.

При проектировании трасс дорог должны учитываться вопросы охраны природной среды.

Существует два метода нанесения трассы автомобильной дороги:

1. Метод гибкой линейки (клотоидное трассирование)

2. Традиционный метод (полигонное трассирование)

Метод клотоидного трассирования состоит в том, что на карте, сообразуясь с рельефом и ситуацией, вписывают плавную линию от руки либо с помощью специальной гибкой линейки – сплайна. Затем по шаблонам клотоидных кривых устанавливают радиус R и параметры (элементы кривых).

Метод гибкой линейки позволяет наносить наиболее оптимальные варианты трассы, обеспечивающие лучшее сочетание с окружающим ландшафтом, поэтому его применяют как основной при ручном и автоматизированном проектировании плана трассы.

Метод «гибкой линейки» является основным при автоматизированном проектировании клотоидных трасс.

Традиционный метод:

1. Начальный и конечный пункты трассы соединяют прямой, которая называется воздушной линией.

2. Устанавливают контрольные точки, через которые должна пройти трасса при обходе препятствий.

3. Через контрольные точки наносят ломаный магистральный ход (полигон).

4. Измеряют углы поворота (их измеряют между продолжением трассы и новым направлением).

5. Вписывают кривые в плане.

Часто провести дорогу по прямой нельзя из-за различных препятствий, поэтому в общем случае трасса состоит из прямых отрезков, сопряженных кривыми, т.е. вписывают горизонтальные кривые.

Удлинение дороги, вызванное введением углов поворота, характеризуется коэффициентом развития или коэффициентом удлинения, равным отношению фактической длины дороги к длине прямой, соединяющей начальный и конечный ее пункты («воздушной линией»).

$$K=L:L_0$$

2. Вписывание горизонтальных кривых и разбивка пикетажа трассы автомобильной дороги.

После того, как на карту нанесён магистральный ход, для придания трассе автомобильной дороги плавности, в местах поворотов магистральной линии вписываются кривые.

На изломах трассы дороги по лучшему варианту ее размещения устанавливают положение углов поворота (α) между продолжением предыдущего и последующего отрезка трассы. Величину углов поворота определяют по карте с помощью транспортира. Угол измеряется транспортиром на плане трассы с точностью до 0,5 градуса.

Далее устанавливаются параметры элементов круговой кривой: K – длина кривой, T – тангенс, B – биссектриса, D – домер. Для этого необходимо задаться радиусом.

Радиусы круговых горизонтальных кривых назначают в зависимости от категории дороги и местных условий.

Минимальное значение радиуса вписываемой кривой (R) принимается с учетом категории проектируемой дороги в соответствии со ТКП 45-3.03-19-2006 (02250). Однако если позволяют топографические и другие условия, необходимо вписывать круговые кривые с наибольшими радиусами. При малом радиусе ухудшаются эксплуатационные показатели дороги, поэтому их проектируют только в исключительных случаях: при сложном рельефе, обходе ценных земель, в пределах населенных пунктов и др.

После уточнения положения трассы на карте, используя специальные таблицы или формулы, определяют элементы горизонтальных кривых (рис. 2).

Длина круговой кривой (K) рассчитывается по формуле

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ},$$

где R – радиус круговой кривой, м;

α – угол поворота, град;

π – число, приблизительно равное 3,14.

Значение тангенса (T) находится по формуле

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

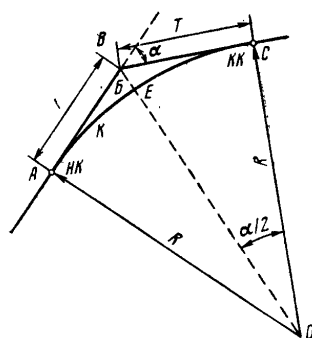
где R и α – то же, что и в формуле (1.17).

Биссектриса (B) определяется из выражения

$$B = \sqrt{R^2 + T^2} - R.$$

Значение домера (D) устанавливается из равенства

$$D = 2T - K.$$



α – угол; B – вершина угла; A – точка начала круговой кривой (НК); C – точка конца кривой (КК); B – биссектриса; R – радиус; K – кривая; T – тангенс

Рисунок 2. Элементы угла поворота.

Последовательность вписывания горизонтальной кривой состоит в следующем:

1. От вершины угла (BV) поворота по трассе дороги откладывают вперед и назад величины тангенсов (T) и определяют положение начала и конца кривой (HK и KK);

2. Строят биссектрису угла, смежного с углом α . Отложив от вершины угла по биссектрисе значение B , находят середину кривой (CK);

3. Отложив от центра кривой по биссектрисе кривой значение R получают центр вписываемой горизонтальной кривой O ;

4. Принятым радиусом (R) через точки начала (HK), середины (CK) и конца кривой (KK) вписывают горизонтальную кривую.

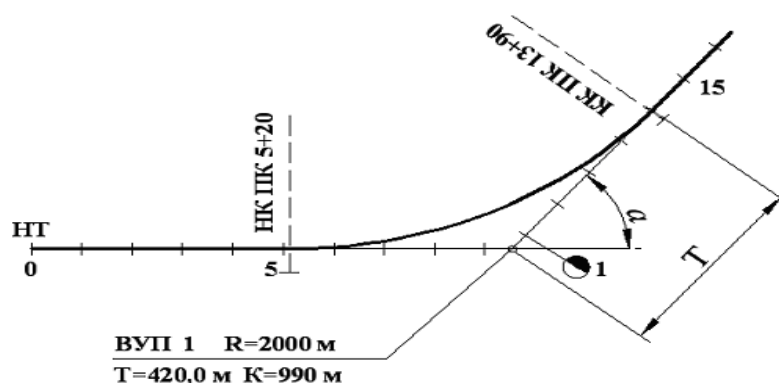
На основании расчётов элементов кривых составляется ведомость углов поворота, прямых и кривых.

Запроектированную трассу дороги (лучший вариант) на карте показывают в виде отрезков прямых сплошных линий красного цвета, соединенных между собой кривыми. Кривые вписываются в трассу принятым радиусом через точки начала, середины и конца кривой, тангенсы вычерчиваются тонким пунктиром. Параметры элементов кривых выписывают на карте у каждого угла поворота или в виде общей таблицы.

По всей трассе, включая кривые, через 100 м разбивается пикетаж в виде коротких штрихов (3 мм) справа по ходу. Пикеты нумеруют арабскими цифрами от 1 до 9 и полностью выписывают номер каждого десятого пикета. Цифры (номера пикетов) подписываются вертикально. На каждом десятом пикете показывают километры в виде круга диаметром 5 мм.

Разбивка пикетажа на кривой производится в приведенной ниже последовательности.

1. Разбивается пикетаж через 100 м от начала трассы дороги ($ПК0$) до вершины первого угла поворота и определяется пикетажное значение BV (например, при расстоянии до BV_1 960 м пикетажное значение $BV_1 = ПК9 + 60,0$).

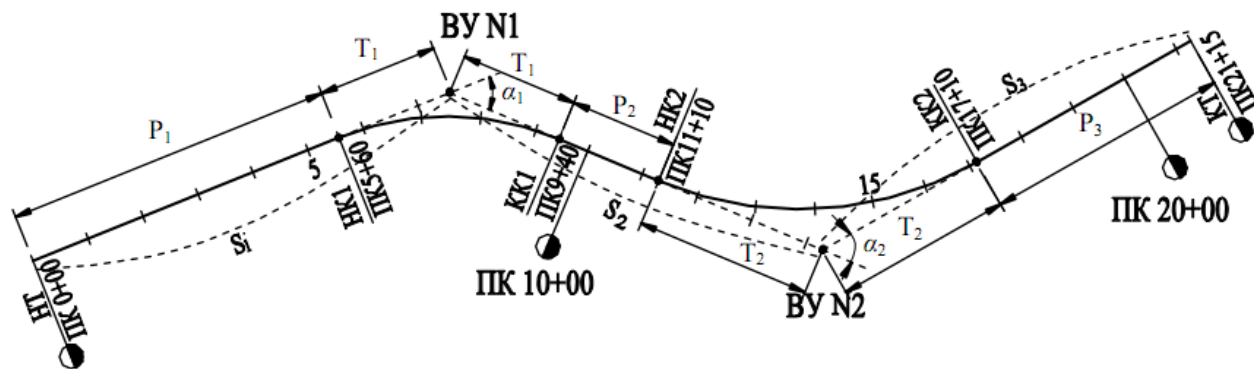


2. Пикетажи положения НК и КК находятся с учетом элементов кривой по следующим формулам:

$$ПК НК = ПК BV - T,$$

$$ПК КК = ПК BV + T - D \text{ или } ПК КК = ПК НК + K.$$

Устанавливается целое число пикетов, которые должны быть вынесены на кривую.



Например: на вычерченной в плане горизонтальной кривой откладывают 10,69 м по ходу разбивки пикетажа от $НК_1$ (графически) до $ПК_6$, а от $КК_1$ в направлении, противоположном разбивке пикетажа, – 8,39 м до $ПК_{13}$. Путем деления кривой на равные части раствором циркуля-измерителя, примерно чуть меньшим 100 м (взятых в масштабе), между $ПК_6$ и $ПК_{13}$ находят положения $ПК_7$ – $ПК_{12}$:

$$ВУ_1 - ПК_9 + 60,00 - \frac{T_1 - 3 + 70,69}{НК_1 - ПК_5 + 89,31} + \frac{K_1 - 7 + 19,08}{КК_1 - ПК_{13} + 08,39} .$$

3. От пикета конца кривой откладывают расстояние до последующего пикета и продолжают дальнейшую разбивку пикетажа через 100 м.

Вдоль прямых участков подписываются их направления (румбы) и длины: от начала трассы до НК и от КК до конца следующего прямолинейного отрезка и т. д.

Направление первого отрезка (румб) определяют по карте (рис.3) с помощью транспортира, а последующих – вычисляют с учетом углов поворота трассы дороги.

На плане могут отмечаться съезды и пересечения дорог, а также места установки дорожных знаков.

Все оформление производится тушью красного цвета.

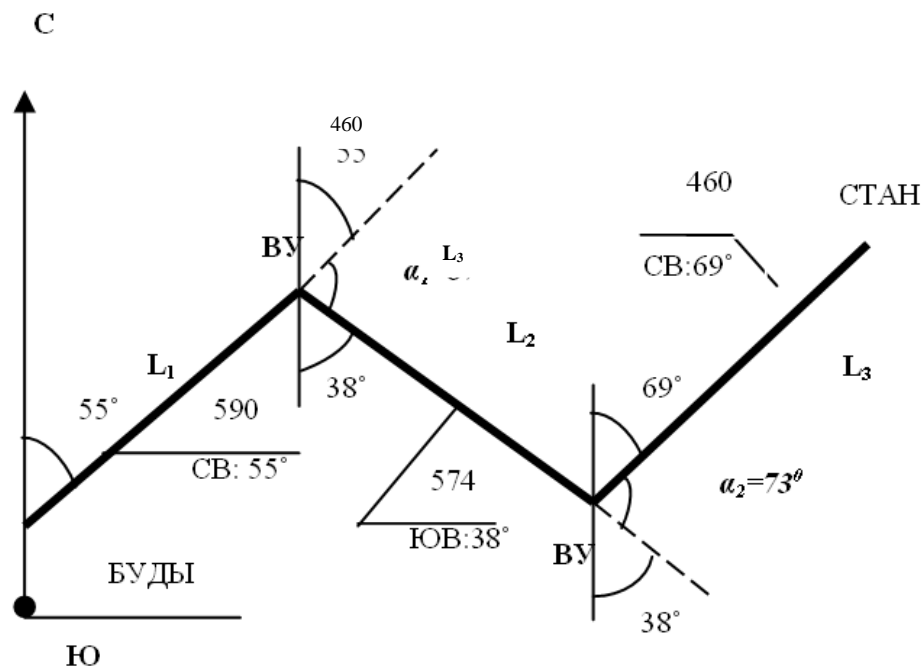


Рисунок 3. Схема к расчету румбов прямых трассы.

3. Вираз автомобильной дороги и его элементы.

При переходе автомобиля с прямолинейного участка дороги на кривую условия движения усложняются, так как возникает центробежная сила. Как известно из курса физики, центробежная сила C прямо пропорциональна массе движущегося тела Q (в нашем случае автомобиля), квадрату скорости v_1 и обратно пропорциональна ускорению свободного падения g и радиусу кривой R :

$$\tilde{N} = \frac{Qv_1^2}{gR}.$$

Из этой зависимости видно, что для уменьшения центробежной силы практически имеется одна возможность — увеличить радиус кривой, так как масса автомобиля и ускорение не изменяются, а скорость движения на закруглении должна быть такой же, как и на прямолинейном участке.

Во многих случаях местные условия — рельеф или наличие ценной застройки — не дают возможности разместить кривую расчетного радиуса. Особенно неблагоприятные условия движения создаются для автомобилей, следующих по встречной полосе движения, поскольку составляющая веса, параллельная уклону проезжей части, складывается с соответствующей проекцией центробежной силы. Кроме того, осложняется управление автомобилем связи с большим, чем для полосы встречного движения, боковым уводом шин. В таких случаях для повышения устойчивости автомобиля и большей уверенности управления на кривых устраивают односкатный поперечный профиль — **вираж** — с уклоном проезжей части и обочин к центру кривой (рис. 4).

Виражи — участки кривой с односкатным поперечным профилем и поперечным уклоном, обращенным к центру кривой.

Переход от двухскатного поперечного профиля проезжей части к односкатному называется **отгоном виража**, который обычно осуществляют на переходной кривой.

Виращ образуют путем плавного вращения внешней плоскости проезжей части вокруг оси дороги, а затем, при необходимости, — вокруг внутренней кромки проезжей части. Поперечные уклоны проезжей части на виражах назначают в зависимости от расчетной скорости движения автомобиля и радиуса горизонтальной кривой.

На участках кривых в плане, радиусы кривизны которых меньше значений, приведенных в таблице 1, следует предусматривать устройство проезжей части с односкатным поперечным профилем (виражом).

Таблица 1

Расчетная скорость, км/ч	140	120	100	80	60	40
Радиус кривой, м	$\frac{3000}{-}$	$\frac{2000}{-}$	$\frac{2000}{-}$	$\frac{2000}{600}$	$\frac{1000}{600}$	$\frac{-}{400}$

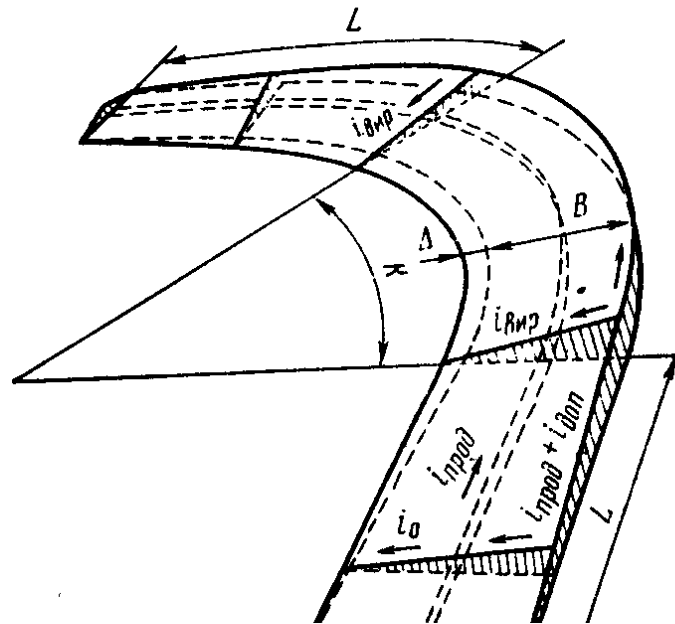
Примечание – В числителе приведены значения для дорог с дорожной одеждой капитального и облегченного типов, в знаменателе – для дорог с дорожной одеждой переходного и низшего типов.

Виращ следует начинать с уклона, равного уклону проезжей части на прямой, в точке, с радиусом кривизны, соответствующим значениям, приведенным в таблице 1, с доведением до максимального уклона, назначаемого на участке круговой кривой в соответствии с таблицей 2. Допускается смещение точки начала виража в случае недостатка места для перехода от двускатного поперечного профиля к односкатному.

Таблица 2

Уклон виража Iв, ‰	Минимальный радиус круговой кривой, м, соответствующий уклону виража Iв, для дорог категорий			
	I-a	I-б, I-в, II-IV	V (с дорожными одеждами капитального и облегчен- ного типов)	IV, V (с дорожными одеждами переходного и низшего типов)
20 (25)	1330	850	540	–
30	1240	800	510	300
40	1150	750	480	280
50	1060	700	450	260

Примечание – При применении радиусов, меньших приведенных в таблице, следует принимать максимальные уклоны виража, которые соответствуют следующим значениям: 40‰ – в северном дорожно-климатическом районе, 45‰ – в центральном и 50‰ – в южном.



L — отгон виража и переходная кривая;
 R — круговая кривая; B — ширина проезжей части; Δ — уширение проезжей части

Рисунок 4. Схема виража на дороге с двухскатной проезжей частью

Долгое время виражи рассматривали только как дополнительный элемент дороги на кривых малого радиуса, необходимый для безопасности движения автомобилей. Однако опыт эксплуатации автомобильных магистралей показал, что виражи оказывают положительное психологическое воздействие на водителей, способствуя уверенному проезду кривых без неоправданного снижения скорости. При отсутствии виражей скорость на кривых снижается. Поэтому в настоящее время виражи устраивают на всех кривых с радиусами, меньшими 3000 м на дорогах I категории и 2000 м — на остальных.

Чтобы обеспечивались удобство и безопасность движения, виражи на дорогах IV и V категорий устраивают при радиусах кривых менее 2000 м. Поперечный уклон проезжей части на вираже тем больше, чем меньше радиус кривой: при радиусе от 2000 до 600 м и менее — от 20...60 ‰. В районах с частыми гололедами поперечные уклоны на виражах — меньше — от 20...40 ‰. По всей длине круговой кривой поперечные уклоны проезжей части и обочин не меняются. В горной местности дорогу для безопасности движения на виражах ограждают. В населенных пунктах устройство виражей не практикуется, а для безопасности движения ограничивают скорость путем установки необходимых дорожных знаков.

При радиусах кривых в плане 2000 м и менее предусматривают так называемые **переходные кривые**. Благодаря переменному радиусу кривизны нарастание центробежной силы на таких кривых происходит плавно — от нуля до расчетного значения в начале круговой кривой, что обеспечивает спокойное, без боковых толчков движение с высокими скоростями. Переходные кривые располагают на участках отгона виража. Длина переходных кривых зависит от их радиуса и колеблется от 30 до 120 м.

Поскольку на поворотах движение усложняется и автомобиль занимает более широкую полосу, так как его передние колеса движутся по траекториям

большого радиуса, чем задние, на кривых малых радиусов делают **уширение проезжей части**.

Уширение проезжей части устраивают при радиусах круговых, кривых в плане 1000 м и менее. За счет внутренней обочины уширение делают одинаковым по всей длине кривой. Изменение его от нуля до расчетного значения в начале кривой производят плавно на участке отвода уширения, который совмещают с отгоном виража (рис. 5).

Полное уширение двухполосной проезжей части зависит от радиуса кривой в плане и длины автопоезда.

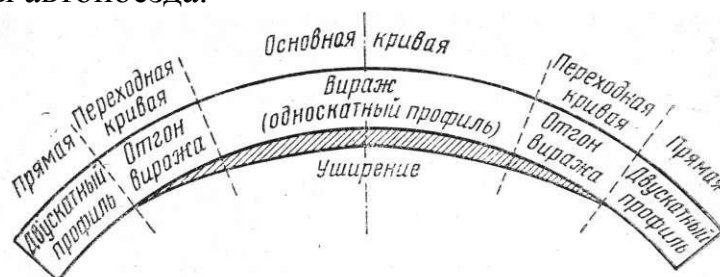


Рисунок 5. Схема уширения проезжей части на кривой.

Так, при длине автопоезда 11...25 м оно составляет 0,4...3,5 м.

Ширина обочин с учетом устройства уширения для дорог высоких категорий должна быть не менее 1,5 м, а для дорог низких категорий – не менее 0,75 м. Если ширина обочины недостаточна, чтобы уширить проезжую часть, предусматривают соответствующее уширение земляного полотна. Для однополосных дорог его принимают в два раза меньше указанных значений. В горной местности допускается в виде исключения уширять проезжую часть за счет внешней обочины (частично).

Односкатный профиль сохраняется на всем протяжении круговой кривой. Переход от односкатного профиля к нормальному, двухскатному, так называемый отгон виража, делается на переходных кривых или на прямых участках, примыкающих к закруглению.

На кривых малых радиусов вираж имеет дополнительное уширение проезжей части, отвод которого осуществляется также в пределах переходной кривой.

Общая схема виража показана на рис. 196. Основными элементами виража являются:

- 1) уклон виража, т. е. величина односкатного поперечного уклона дорожного полотна;
- 2) длина отгона виража;
- 3) длина виража;
- 4) величина уширения проезжей части.

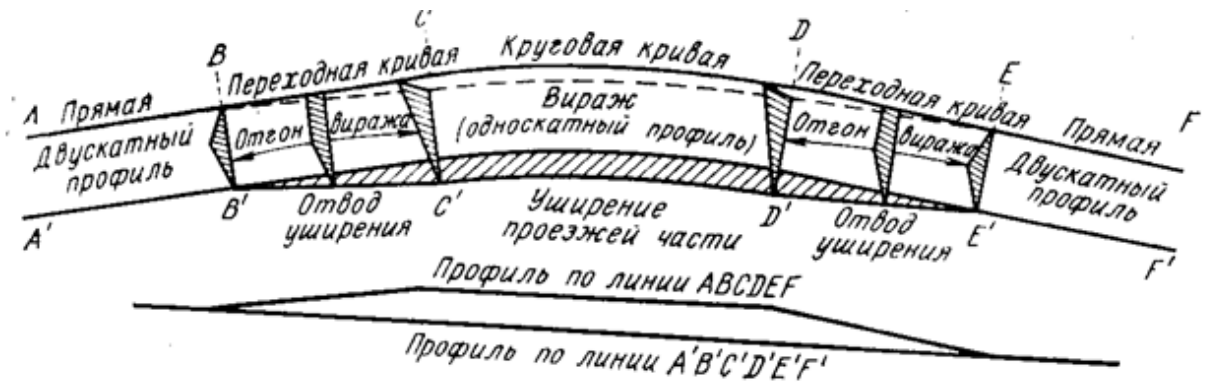


Рисунок 6. Схема виража автодороги

Поперечный уклон виража зависит от радиуса кривой. При радиусах 3000 - 1000 м уклон виража назначают равным поперечному уклону проезжей части при двухскатном профиле. Для радиусов кривых меньше 1000 м уклон виража проектируют больше поперечного уклона проезжей части. Наибольший уклон виража допускают равным 60‰ (R600 м).

Отгон виража представляет собой плавный переход от двухскатного поперечного профиля к односкатному, при этом главное изменение претерпевает наружная часть дорожного полотна.

Если уклон виража равен поперечному уклону проезжей части, то переход от двухскатного профиля к односкатному осуществляется путем вращения наружной половины полотна около оси дороги. Внутренняя часть полотна остается без изменения.

При уклоне виража, превышающем уклон нормального профиля, на отгоне происходит постепенное вращение всего дорожного полотна около внутренней кромки проезжей части, профильные высоты которой не меняются.

В пределах круговой кривой односкатное дорожное полотно представляет собой коническую поверхность.

При отгоне виража наружная бровка полотна возводится с некоторым дополнительным продольным уклоном i_2 (рис. 7), чтобы в начале круговой кривой эта бровка возвышалась над уровнем внутренней бровки на некоторую величину h_2 . Чем больше длина отгона виража L , тем меньше уклон i_2 , и тем плавней двухскатный профиль переходит в односкатный. Для дорог I и II категорий уклон i_2 не должен превышать 5‰, а для дорог III - V категорий - 10 ‰ в равнинной местности и 20 ‰ в горной.

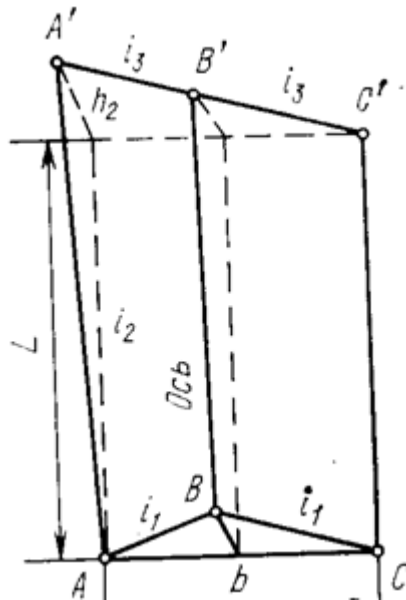


Рисунок 7. Преобразование проезжей части на отгоне виража

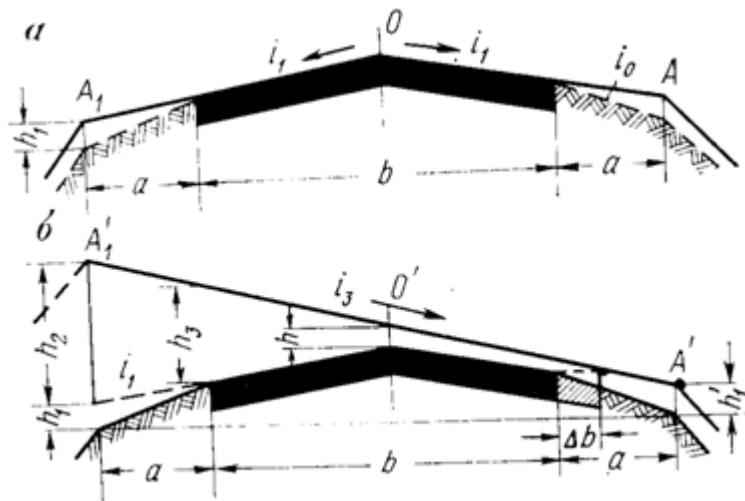


Рисунок 8. Поперечный профиль автодорожного полотна:
а) - в начале отгона виража АОА₁; б) - в конце отгона виража А'О'А₁'

Как правило, проезжую часть уширяют за счет уменьшения ширины внутренней обочины. Однако оставшаяся часть обочины должна быть не менее 1,5 м для дорог I и II категорий и на 1 м - для остальных, в противном случае уширяется земляное полотно.

В пределах круговой кривой виража проезжая часть уширяется на полную величину, на переходных кривых отгона уширение постепенно уменьшается.

4. Пересечения и примыкания автомобильных дорог.

ТКП 45-3.03-19-2006 (02250) АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

Нормы проектирования

Пересечения и примыкания автомобильных дорог

Пересечения и примыкания автомобильных дорог следует проектировать, исходя из категорий пересекаемых дорог с учетом перспективной интенсивности и состава движения по отдельным направлениям.

Пересечения и примыкания дорог в плане следует располагать на прямых участках или на кривых с радиусами не менее 2000 м – на дорогах I-а, I-б, I-в и II категорий и с радиусами не менее 800 м – на дорогах III и IV категорий.

Продольные уклоны дорог на подходах к пересечениям и примыканиям на протяжении расстояний видимости для остановки автомобилей, а также съездов на дороги необщего пользования, полевые, лесные дороги, подъезды к отдельным усадьбам в пределах радиусов сопряжений не должны превышать 40‰.

Количество пересечений и примыканий, съездов и въездов на дороги I-IV категорий должно быть возможно меньшим. Дороги V и VI категорий, а также дороги необщего пользования при пересечении автомагистралей и скоростных автомобильных дорог следует подводить к другим пересечениям. В случае их отсутствия на участках протяженностью св. 3 км следует предусматривать их устройство. Пересечения и примыкания дорог общего и необщего пользования должны, как правило, предусматриваться не чаще чем через 1 км на дорогах I-в и II категорий и 0,5 км – на дорогах III и IV категорий.

Пересечения и примыкания автомобильных дорог, кроме случаев, оговоренных в 6.1.4, следует проектировать в одном уровне.

Пересечения и примыкания в разных уровнях (транспортные развязки) следует предусматривать:

- на дорогах I-а и I-б категорий – с автомобильными дорогами всех категорий;

- на дорогах I-в категории – с дорогами, расчетная интенсивность движения на которых превышает 1000 ед./сут;

- на дорогах I-в категории с числом полос движения шесть и более – с автомобильными дорогами всех категорий;

- на дорогах II и III категорий – между собой при суммарной расчетной интенсивности движения более 12 000 ед./сут.

Транспортные развязки должны проектироваться без пересечений потоков на главных дорогах.

Типы транспортных развязок, а также геометрические параметры их соединительных ответвлений следует принимать с учетом обеспечения требуемой пропускной способности.

Пересечения и примыкания автомобильных дорог, кроме случаев, оговоренных в 6.1.4, следует проектировать в одном уровне.

Пересечения автомобильных дорог с железными дорогами

Пересечения автомобильных дорог I-а, I-б, I-в, II и III категорий с эксплуатируемыми железными дорогами следует проектировать в разных уровнях.

Пересечения автомобильных дорог IV и V категорий с эксплуатируемыми железными дорогами следует проектировать в разных уровнях при условиях:

- расчетная интенсивность движения по автомобильной дороге превышает 1000 ед./сут;

- пересекаются два и более главных железнодорожных пути;

- пересечение располагается на участках со скоростным движением поездов (более 120 км/ч);

интенсивность движения по железной дороге – более 100 поездов/сут;
железная дорога расположена в выемке;
не могут быть обеспечены требуемые в 6.3.2 условия видимости.

Пересечения с инженерными коммуникациями

Пересечения автомобильных дорог с подземными и надземными коммуникациями следует выполнять в соответствии с требованиями ТНПА на проектирование этих сооружений.

Прокладка инженерных коммуникаций под земляным полотном, кроме мест их пересечений с дорогами, не допускается.

Расстояние по горизонтали от бровки обочины дороги до основания опор надземных коммуникаций должно быть не менее высоты опоры плюс 5 м.

Опоры воздушных линий электропередачи, воздушных линий связи в стесненных условиях, создаваемых застройкой, наличием других инженерных коммуникаций, рельефом допускается располагать на меньшем удалении, при этом расстояние по горизонтали должно быть не менее, м:

при пересечении от любой части опоры до подошвы насыпи (дна кювета):
для дорог I-а, I-б, I-в и II категорий:

–при напряжении	до 220 кВ	– 5;
– то же	330-500 кВ	– 10;

для дорог остальных категорий:

–при напряжении	до 20 кВ	– 1,5;
– то же	35-220 кВ	– 2,5;
– "	330-500 кВ	–5;

при параллельном следовании от крайнего провода при неотклоненном положении до бровки обочины:

–при напряжении	до 20 кВ	– 2;
– то же	35-100 кВ	– 4;
– "	150 кВ	–5;
– "	220 кВ	–6;
– "	230 кВ	–8;
– "	500 кВ	–10;

Вертикальное расстояние от проводов воздушных линий связи до проезжей части дорог должно быть не менее, м:

для радиолиний 1 класса	– 6;
для прочих линий связи	– 5,5.

В местах пересечений с воздушными линиями электропередачи напряжением св. 330 кВ и с магистральными трубопроводами с рабочим давлением св. 25 МПа на автомобильных дорогах необходимо предусматривать установку дорожных знаков, запрещающих остановку транспортных средств в охранной зоне этих коммуникаций.

Пересечения в одном уровне

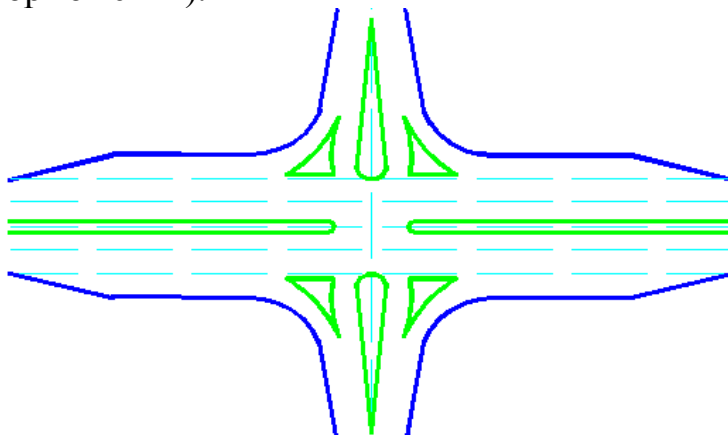
В одном уровне пересечения проектируются на прямолинейных участках дороги, по возможности под прямым углом, в виде простых Т,Х-образных перекрестков и кольцевых пересечений.

Наиболее эффективным мероприятием по улучшению условий движения в одном уровне является организация канализованного движения и в том числе таких же пересечений. Пересечения, на которых все направления движения проходят по отдельным полосам называют **канализованными**. Если отдельные полосы выделены не для всех направлений – то пересечение называют частично канализованным.

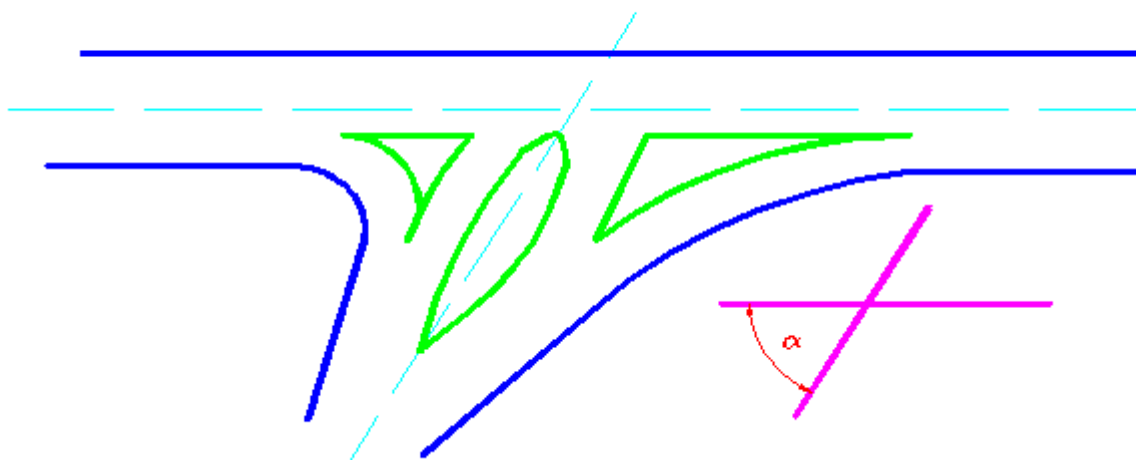
Канализованные пересечения отличаются меньшим, по сравнению с необорудованными количеством конфликтных точек и более низким уровнем их опасности.

Движение автомобилей на канализованных пересечениях в одном уровне происходит под защитой от автомобилей, движущихся в других направлениях посредством возвышающихся над уровнем проезжей части островков безопасности.

Кроме того, на канализованных пересечениях в одном уровне с целью оптимизации слияния потоков предусматривают переходно-скоростные полосы (полосы разгона и торможения).



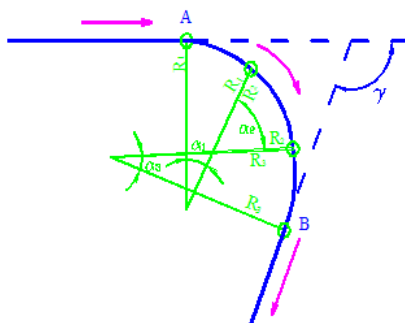
Таким образом, проектирование пересечений в одном уровне сводится к назначению (расчёту) геометрических характеристик островков безопасности и расчёту длин переходно-скоростных полос.



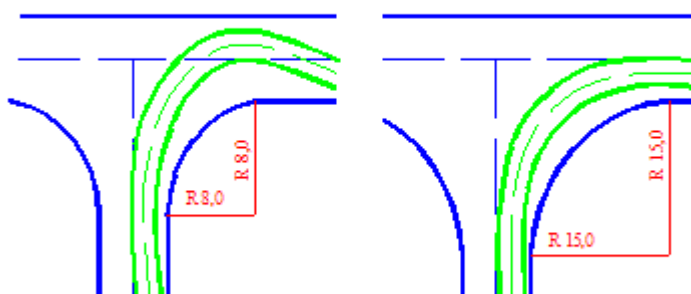
Размеры островков безопасности зависят от угла пересечения (примыкания) автомобильных дорог и ширины полос движения на основной и второстепенной дороге.

Протяжённость переходно-скоростных полос зависит от уклона автомобильной дороги, расчётной скорости движения по ней и характеристик расчётного автомобиля.

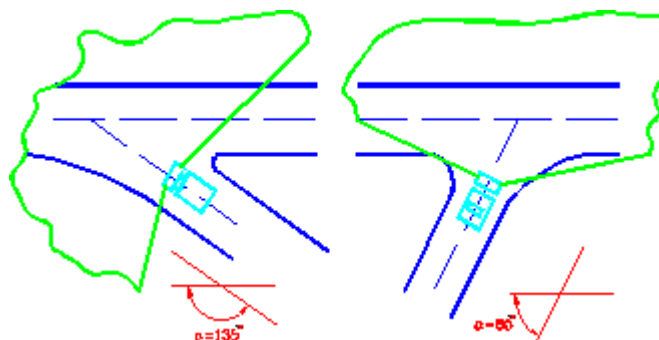
Закругления на пересечениях в одном уровне проектируются в виде коробовых кривых.



Значения радиусов закруглений резко сказываются на безопасности пересечений. Так, при одинаковой интенсивности движения на пересечениях с радиусами менее 15 метров, аварийность в 5-6 раз выше, чем на пересечениях с радиусами съездов более 15 метров



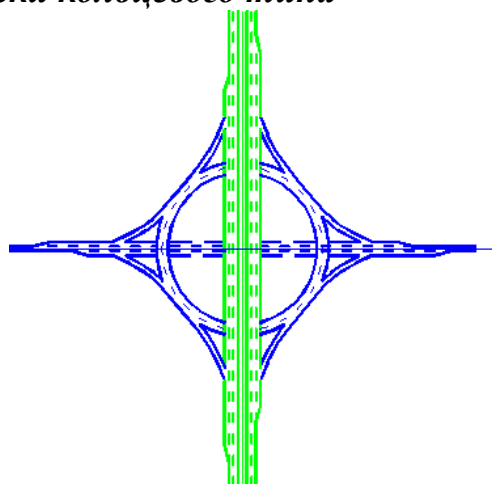
Пропускная способность транспортной развязки зависит от степени использования интервалов между автомобилями в основном потоке, автомобилями поворачивающими с второстепенной дороги с целью слияния.



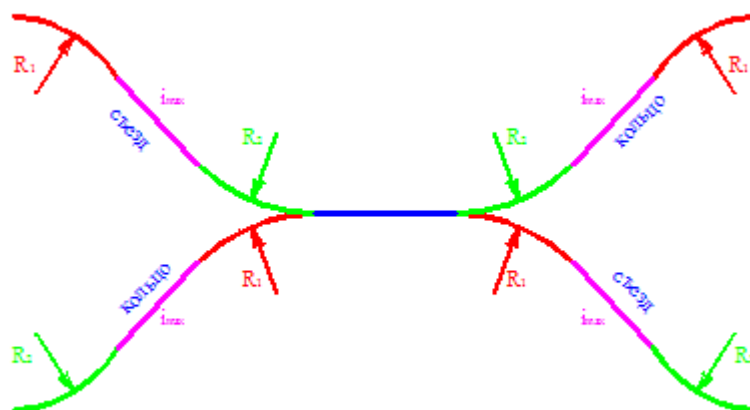
Таким образом, пропускная способность пересечения зависит от соотношения интенсивностей пересекающихся потоков.

Лучшая обзорность на пересечениях в одном уровне достигается при значении угла пересечения $50 - 70^\circ$.

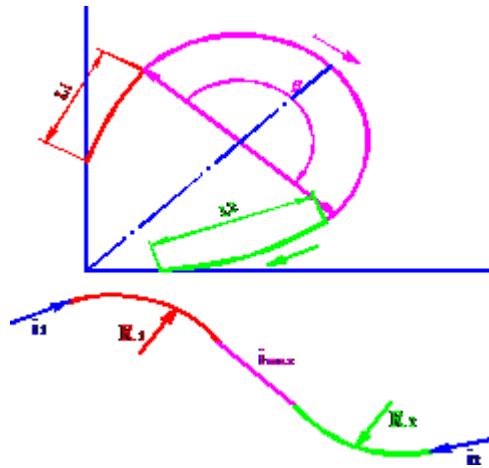
Транспортные развязки кольцевого типа



Эти транспортные развязки имеют очень сложное очертание в продольном профиле, поэтому радиус кольца R определится не столько расчётной скоростью движения, сколько возможностью проектирования в продольном профиле минимальных радиусов кривых с максимальными продольными уклонами при соблюдении разности высот пересекающихся дорог и размещения участков смещения потоков.



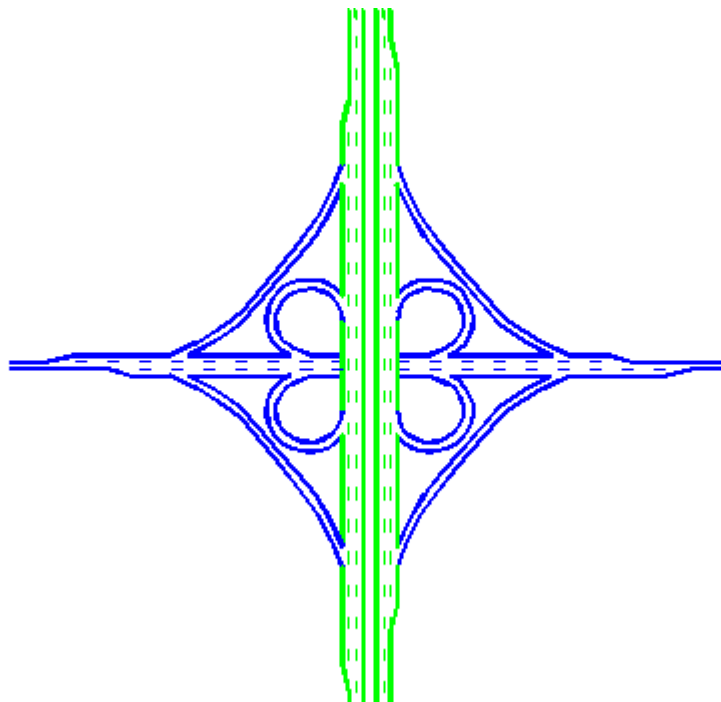
Радиусы кольца и правоповоротных съездов рассчитываются исходя из условия устойчивости автомобиля на кривой:



Правоповоротный съезд представляет собой круговые кривые с прямой вставкой.

Типы примыканий в разных уровнях на автомобильных дорогах

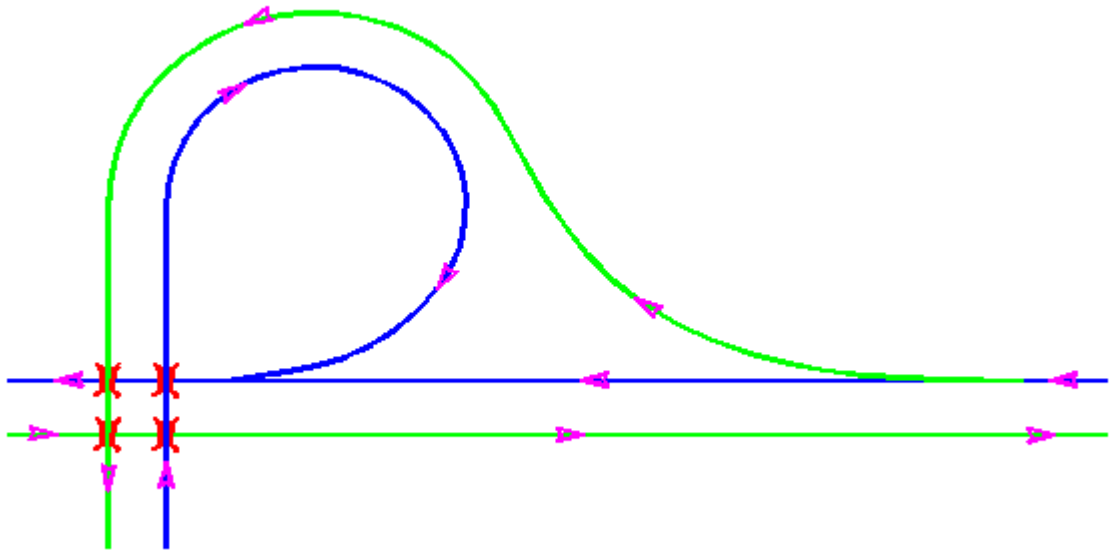
Транспортные развязки типа "клеверный лист"



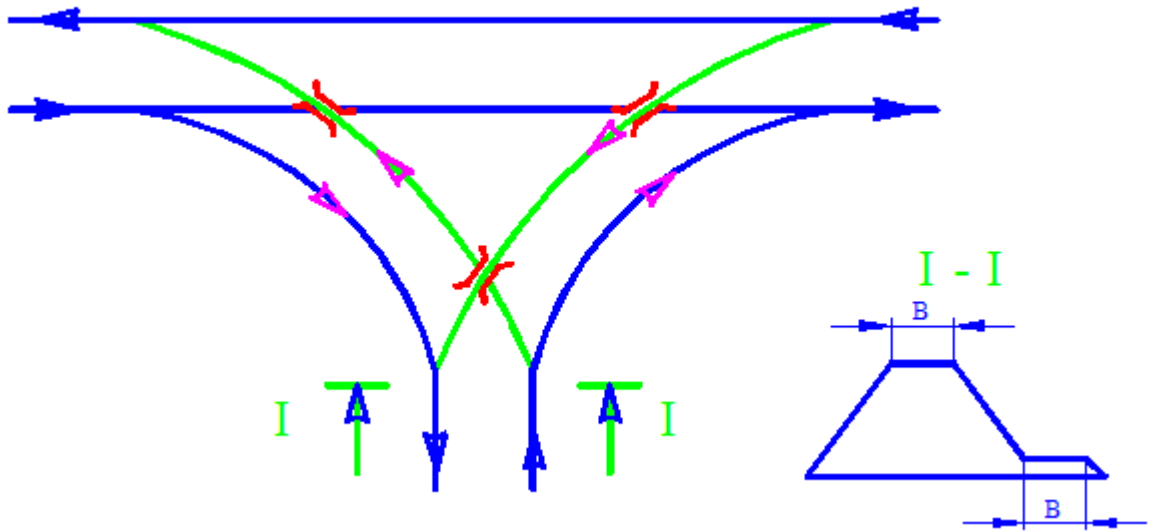
Полное пересечение типа "клеверный лист" состоит из четырёх левоповоротных и четырёх правоповоротных съездов.

Левоповоротный съезд представляет собой круговую кривую, радиуса R , сопряжённую с проезжими частями пересекающихся дорог переходными кривыми (клотоидами).

Примыкания по типу "труба"



T-образные примыкания



ЛЕКЦИЯ 4. ДОРОГА В ПОПЕРЕЧНОМ И ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ

1. Поперечный профиль автомобильной дороги и его элементы.
2. Типовые поперечные профили земляного полотна.
3. Полоса отвода.

1. Поперечный профиль автомобильной дороги и его элементы.

Поперечным профилем дороги называют изображение на чертеже сечения дороги вертикальной плоскостью перпендикулярной ее продольной оси.

Проезжую часть располагают на **земляном полотне**, которое сооружают для обеспечения ее устойчивости, сглаживания неровностей рельефа и отвода от дороги поверхностных вод.

Земляное полотно – грунтовое сооружение в виде насыпи или выемки, включающее рабочий слой, ядро насыпи, обочины, откосные части, грунтовое основание, систему поверхностного водоотвода и различного типа специальные удерживающие и поддерживающие конструкции (ТКП 200-2009 (02191) *Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования*).

Дорожное полотно – часть земляного полотна дороги, включающая проезжую часть, обочины и (при наличии) разделительную полосу (ТКП).

Земляное полотно следует проектировать с учетом категории дороги, типа дорожной одежды, высоты насыпи и глубины выемки, свойств грунтов, используемых в земляном полотне, условий производства работ по устройству полотна, природных условий района строительства и особенностей инженерно-геологических условий участка строительства, опыта эксплуатации дорог в данном районе, исходя из обеспечения требуемых прочности, устойчивости и стабильности как самого земляного полотна, так и дорожной одежды, при наименьших затратах на стадиях строительства и эксплуатации, а также при максимальном сохранении ценных земель и наименьшем ущербе окружающей природной среде.

Насыпь – инженерное земляное сооружение, устраиваемое из природных и (или) техногенных грунтов, в пределах которого вся поверхность земляного полотна расположена выше уровня земли.

Выемка – земляное сооружение, выполненное путем срезки естественного грунта по заданному профилю; при этом вся поверхность земляного полотна расположена ниже поверхности земли.

Высота насыпи – расстояние, измеренное по оси дороги от поверхности земли до линии, соединяющей бровки земляного полотна.

Земляное полотно проектируют в виде насыпей и выемок. Оно включает следующие элементы (рис.1).

- верхнюю часть земляного полотна (рабочий слой 1, обочины О б), которая расположена в пределах 1,5 м от поверхности покрытия;
- нижнюю часть насыпи (ядро насыпи 4) – часть полотна, располагающуюся ниже рабочего слоя;
- откосные части 2 насыпи или выемки;
- основание насыпи 3 (массив грунта, на поверхности которого возводится

насыпь);

- основание выемки 3 (массив грунта ниже границы рабочего слоя).

В состав земляного полотна входят также система поверхностного водоотвода (лотки, кюветы, канавы) и различного типа специальные удерживающие и поддерживающие конструкции, предназначенные для устойчивости самого земляного полотна или склонов, на которых оно расположено.

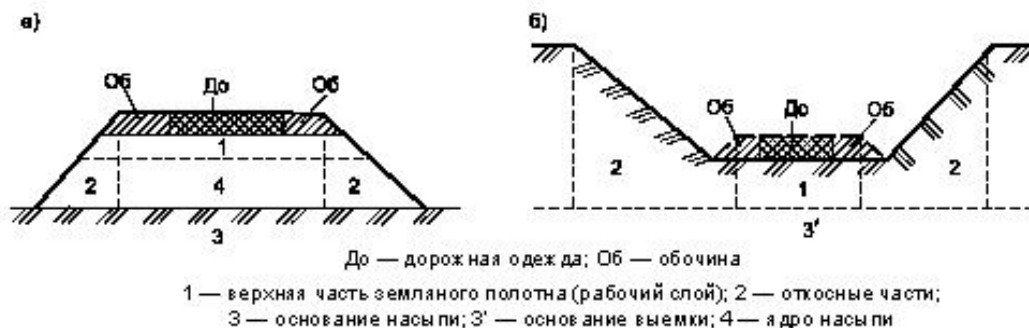


Рисунок 1. Виды земляного полотна (а - насыпь, б - выемка)

При назначении конструкции земляного полотна учитывают категорию дороги, тип дорожной одежды, высоту насыпи и глубину выемки, свойства грунтов, используемых в земляном полотне, условия производства работ по возведению земляного полотна, природные условия района строительства и особенности инженерно-геологических условий участка строительства, опыт эксплуатации дорог в данном районе, исходя из обеспечения требуемых прочности, устойчивости и стабильности земляного полотна при наименьших затратах на стадиях строительства и эксплуатации, а также при максимальном сохранении ценных земель и наименьшем ущербе окружающей природной среде.

Обычно земляное полотно устраивают в виде невысокой насыпи из уплотненного грунта. Если на трассе встречаются возвышения местности, их срезают и в этом случае полотно проходит в выемке. Когда полотно находится на уровне земной поверхности, говорят, что дорога проходит **в нулевых отметках (нулевых работах)**. Ширина земляного полотна равна расстоянию между его бровками и установлена техническими условиями для дороги III к. она составляет 12 м, IV – 10, V – 8 м. На земляном полотне размещаются проезжая часть и обочины.

Высота насыпей и глубина выемок определяется в результате проектирования продольного профиля.

Центральная часть земляного полотна – **проезжая часть** представляет собой полосу на поверхности дороги, по которой непосредственно движется транспорт. Проезжую часть обычно укрепляют различными каменными и другими материалами, устраивая дорожную одежду, верхний слой которой называется покрытием. Дорожная одежда воспринимает усилия от колес автомобиля и передает их на земляное полотно. От ее качества зависят условия движения транспорта, поэтому она должна быть прочной и долговечной, а покрытие – ровным и шероховатым.

С обеих сторон к проезжей части примыкают **обочины**. Это, как правило, неукрепленные грунтовые полосы поверхности земляного полотна. Они создают боковой упор для дорожной одежды, служат местом временной остановки

транспорта и используются для складирования материалов во время ремонта дороги. Обочины служат также для объездов, обгонов и разъездов встречных автомобилей при узкой (однополосной) проезжей части. (При серповидном профиле дорожные одежды обочин также укрепляют на полную ширину.)

Однополосными делают дороги V категории, для которых характерна малая интенсивность движения. За счет обочин уширяют проезжую часть на закруглениях с малыми радиусами. Линии сопряжения обочин с проезжей частью называют кромками проезжей части. Следовательно, ширина проезжей части – это расстояние между ее кромками. Ширина проезжей части зависит от состава и интенсивности движения и равна для дороги III к. - 7 м, IV – 6, V – 4,5 м.

Для ускоренного стекания воды с поверхности дороги и защиты тем самым грунта полотна от переувлажнения проезжую часть всегда устраивают выпуклой т.е. с **поперечными уклонами**.

На прямых участках дорог и на участках кривых в плане с радиусами, при которых не требуется устройство виража, проезжую часть следует предусматривать с двускатным поперечным профилем. Поперечные уклоны проезжей части для асфальтобетонных и цементобетонных покрытий, а также для покрытий, укрепленных органическими и неорганическими вяжущими на двухполосных дорогах следует принимать 20-25‰, на многополосных – 25‰, для гравийных, щебеночных покрытий и для мостовых – 30-40‰.

Поперечный уклон обочины следует принимать на 10-20‰ больше поперечного уклона проезжей части.

Это делают по той причине, что обочины более шероховаты и в большей степени задерживают и впитывают воду.

На участках кривых в плане, радиусы кривизны которых меньше значений, приведенных в таблице 6, следует предусматривать устройство проезжей части с односкатным поперечным профилем (виражом).

Выпуклый, или двускатный профиль, проектируют на прямолинейных участках, а односкатный – на кривых участках малого радиуса, виражах. Средний поперечный уклон равен отношению стрелы выпуклости f проезжей части, т.е. отношению превышения осевой точки над кромками к половине ширины проезжей части $B:2$. Он обозначается буквой i и выражается десятичной дробью или в промилях (‰) $i = f/(B:2) = 2f/B$ При односкатном профиле и ширине проезжей части B поперечный уклон $i = f/B$.

$$i = \frac{H_2 - H_1}{L}$$

Так как поперечные уклоны создают некоторые неудобства для движения автомобилей (возможно смещение в сторону уклона, занос при обледенелом или загрязненном покрытии), то они должны быть минимальными по условиям водоотвода. При двускатном профиле поперечные уклоны устраивают в пределах 15...40 ‰ в зависимости от типа покрытия. Ровные покрытия – асфальто- и цементобетонные – делают с поперечным уклоном 15...20‰, а неровные – мостовые, грунтовые покрытия, укрепленные местными материалами, с которых вода стекает медленнее, - 30...40 ‰.

Поперечные уклоны проезжей части и обочин на кривых малого радиуса – виражах – принимают одинаковыми и назначают по расчету из условия устойчивости автомобиля на повороте.

Основные параметры поперечного профиля дорожного полотна следует принимать по таблице 1.

Таблица 1 (в метрах)

Наименование параметра поперечного профиля	Значение параметра поперечного профиля для категорий дорог					
	I-a	I-б, I-в	II	III	IV	V
1 Число полос движения	4; 6	4; 6	2	2	2	2
2 Ширина полосы движения	3,75	3,5	3,5	3,5	3	2,75
3 Ширина проезжей части	7,5x2 11,25x2	7x2 10,5x2	7	7	6	5,5
4 Ширина обочины, в т. ч.:						
укрепленной полосы	3,75	3	3	2,5	2	1,25
остановочной полосы	–	0,5	0,75	0,5	0,5	–
	2,5	2,5	–	–	–	–
5 Наименьшая ширина разделительной полосы, в т. ч.:						
укрепленной полосы	2 + s	2 + s	–	–	–	–
	0,75	0,5	–	–	–	–
6 Ширина дорожного полотна	24,5 + s 32 + s	22 + s 29 + s	13	12	10	8

Примечание: s — ширина барьерного ограждения, устанавливаемого на разделительной полосе.

Боковые поверхности земляного полотна (насыпей, выемок, кюветов и др.) выполняют в виде наклонных плоскостей – *откосов*. Различают внутренние и наружные откосы. Крутизна откоса зависит от качества грунта, высоты насыпи или глубины выемки, а также эксплуатационных требований, предъявляемых к дороге. Обозначают крутизну как отношение высоты откоса к его горизонтальной проекции – заложению. Например, цифры 1:1,5 означают, что горизонтальное заложение откоса в 1,5 раза больше его высоты.

$$H : L = 1 : 1,5; \quad i = \frac{h}{L} = 1 : 1,5$$

Устойчивость откоса обеспечивается путем придания ему соответствующей крутизны. Более устойчивы пологие откосы, которые удобны для механизации земляных работ и менее опасны при случайном съезде автомобиля с насыпи.

Высота откоса или крутизна его заложения зависит от ряда факторов природно-климатических условий, рельефа, места прохождения трассы, грунтов, наличия строительных материалов и др.

В обычных суглинистых и супесчаных грунтах чаще всего применяют полуторные откосы (1:1,5). При сооружении невысоких насыпей (до 1 м) откосы могут быть более пологими (до 1:3 и менее), что для сельскохозяйственных дорог имеет большое значение, так как делает возможным съезд с дороги практически в любом месте. Для дорог высоких категорий (I...III) можно принимать откосы 1:3...1:4 при высоте насыпи до 2 м. Однако пологие откосы увеличивают объем земляных работ, поэтому высокие насыпи и глубокие выемки (от 1 до 6...8 м) обычно устраивают с полуторными откосами. В каменистых грунтах

откосы могут быть круче – до 1:0,2, а в скальных – от 1:0,1 и даже до вертикальных.

Линия сопряжения поверхностей откоса и обочины называется **бровкой земляного полотна**. Если бровка располагается выше поверхности земли, считается, что дорога проходит в насыпи, если ниже – в выемке.

Расстоянием между бровками измеряется ширина земляного полотна, которая складывается из ширины проезжей части и двух обочин. При наличии в составе движения гусеничных машин, чтобы уберечь дорожную одежду от разрушения гусеницами, проезжую часть располагают на земляном полотне асимметрично, уширяя одну из обочин до 3...4 м. В этом случае гусеничные машины движутся по уширенной обочине.

2. Типовые поперечные профили земляного полотна.

В зависимости от рельефа местности земляное полотно может иметь форму **насыпи** или **выемки**. Дорогу в насыпи сооружают на болотах, заболоченных и переувлажненных местах, на подходах к незатопляемым мостам, на пересечении оврагов, лощин и других понижений, а также для уменьшения продольных уклонов. Дорогу в выемке устраивают обычно для уменьшения продольных уклонов и в случае пересечения возвышенной местности, если уклон по трассе превышает допускаемый.

При проектировании земляного полотна следует применять типовые или индивидуальные решения.

Индивидуальные решения, а также привязку типовых решений следует применять при соответствующих обоснованиях и выполнении расчетов устойчивости:

- для насыпей и выемок с высотой откоса более 12 м;
- для насыпей на участках временного подтопления, а также при пересечении постоянных водоемов и водотоков;
- для насыпей, сооружаемых на болотах глубиной более 5 м с выторфовыванием или при наличии поперечных уклонов дна болота более 1:10;
- для насыпей, сооружаемых на слабых основаниях;
- при использовании для насыпей грунтов повышенной влажности;
- при возвышении низа дорожной одежды над расчетным уровнем воды менее указанного в таблице 2;

Таблица 2 (в метрах)

Грунт верхней части земляного полотна	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды	
	над поверхностью земли (на участках 2 типа местности)	над уровнем грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (на участках 3 типа местности)
Песок средней крупности	0,5	0,7
Песок мелкий		
Супесь легкая крупная		
Супесь легкая	0,6	1,2
Песок пылеватый		

Грунт верхней части земляного полотна	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды	
	над поверхностью земли (на участках 2 типа местности)	над уровнем грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (на участках 3 типа местности)
Суглинок легкий		
Супесь пылеватая	0,8	1,9
Супесь тяжелая пылеватая		
Суглинок легкий пылеватый		
Суглинок тяжелый		
Суглинок тяжелый пылеватый		
Глины		
Примечания		
1 За расчетный уровень грунтовых вод следует принимать максимально возможный уровень грунтовых вод, который может иметь место за срок службы дорожной одежды. Положение расчетного уровня грунтовых вод устанавливается по данным разовых замеров на период изысканий на основе статистического метода с учетом климатических и грунтово-гидрологических условий района строительства. При отсутствии данных наблюдений, а также при наличии верховодки за расчетный допускается принимать уровень, определяемый по верхней линии оглеения грунтов.		
2 Низ дорожной одежды определяют по границе последнего по глубине конструктивного слоя одежды, учитываемого при расчете на прочность.		

- при сооружении насыпей на просадочных грунтах;
- для выемок в слоистых толщах, имеющих наклон пластов в сторону проезжей части;
- для выемок, вскрывающих водоносные горизонты или имеющих в основании водоносный горизонт, а также в глинистых грунтах с коэффициентом консистенции более 0,5;
- для выемок с высотой откоса более 6 м в пылеватых грунтах в местах избыточного увлажнения, а также в глинистых грунтах, теряющих прочность и устойчивость в откосах под воздействием погодно-климатических факторов;
- для выемок в набухающих грунтах при неблагоприятных условиях увлажнения;
- для насыпей и выемок, сооружаемых в сложных инженерно-геологических условиях: на косогорах круче 1:3, на участках с наличием или возможностью развития оползневых явлений, оврагов;
- при возведении земляного полотна с применением взрывов или гидромеханизации;
- при проектировании периодически затопляемых дорог при пересечении водотоков.

Следует также проектировать индивидуально водоотводные, дренажные, поддерживающие, защитные и другие сооружения, обеспечивающие устойчивость земляного полотна в сложных условиях, а также участки сопряжений земляного полотна с мостами и путепроводами.

Для отвода воды, стекающей во время дождя и таяния снега с поверхности дороги и прилегающей к ней местности, устраивают боковые канавы – **Кюветы**.

Кюветы – боковые водоотводные продольные канавы, располагающиеся непосредственно вдоль подошвы земляного полотна.

Их сооружают если дорога проходит в выемке, в нулевых отметках, а также в невысокой (до 0,5 м) насыпи. Они могут быть треугольного и трапецидального поперечного сечения (рис. 2 а, б). Глубину кюветов, считая от поверхности земли, принимают в пределах 0,3...1,5 м. Ширина трапецидальных кюветов по дну 0,4...0,5 м.

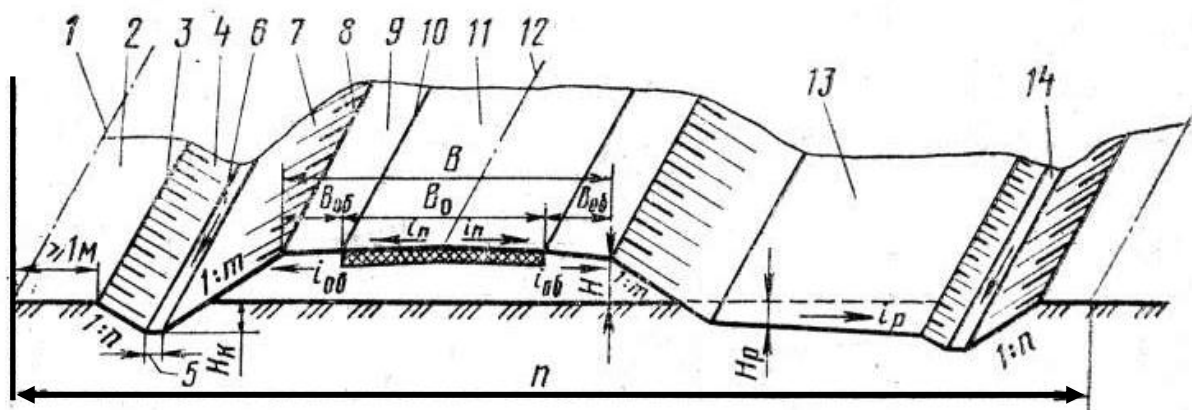


Рисунок 2. Поперечный профиль автомобильной дороги и насыпи:

1 – граница полосы отвода; 2 – обрез; 3 – бровка наружного откоса кювета; 4 – наружный откос кювета; 5 – ширина кювета по дну; 6 – продольный уклон дна кювета; 7 – внутренний откос земляного полотна; 8 – бровка земляного полотна; 9 – обочина; 10 – кромка проезжей части; 11 – проезжая часть; 12 – ось дороги; 13 – кювет-резерв; 14 – канава; H_k – глубина кювета; H – высота насыпи; H_p – глубина резерва; $i_{об}$, i_p , i_p – поперечный уклон соответственно обочины, проезжей части и резерва; B – ширина земляного (дорожного) полотна; $B_{п}$ – ширина проезжей части; $B_{об}$ – ширина обочин; Π – ширина полосы отвода.

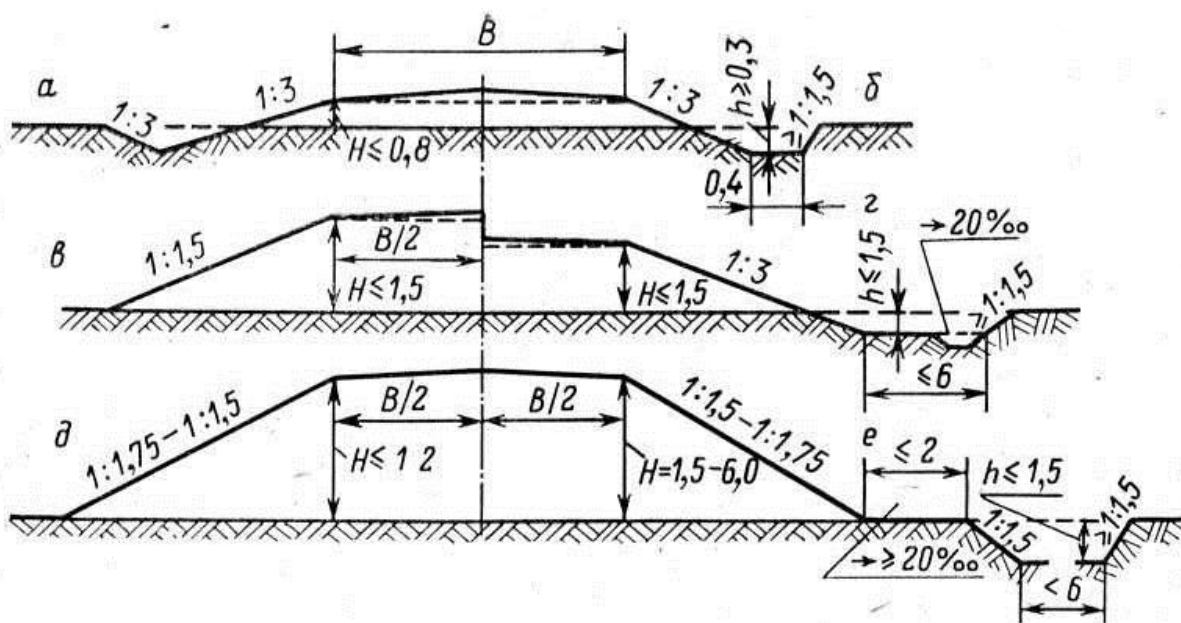


Рисунок 2. Типовые поперечные профили дороги в насыпи:

а – с треугольными (лотковыми) кюветами; б – с трапецидальными кюветами; в – из привозных грунтов; г – с кюветами-резервами; д – с откосами разной длины; е – с бермами.

Если на возведение насыпи не хватает грунта из боковых канав, кюветы уширяют и углубляют. Уширенные кюветы называют кювет-резервами, или просто резервами. Резервы также устраивают не глубже 1,5 м, считая от поверхности земли. При близком стоянии грунтовых вод проектируют резервы глубиной до 1 м. Наружные откосы резервов обычно делают не круче 1:6 с целью рекультивации придорожной полосы и использования ее для выращивания сельскохозяйственных культур. Ширина и глубина резерва определяется количеством грунта, необходимого для возведения насыпи требуемых размеров (рис. 2, в). Дно его выполняют в виде наклонной плоскости с поперечным уклоном до 20 % от дороги, а для отвода воды у подошвы наружного откоса предусматривают неглубокую канаву (рис. 2, г). При ширине резерва (по дну) более 6 м его дно устраивают с двускатным поперечным профилем и с водоотводной канавой посередине. Если дорога проходит по косоугору, резервы делают только с нагорной стороны. В этом случае они служат также для перехвата и отвода воды, стекающей к дороге со склонов.

Если надобности в резервах нет, то воду со склонов перехватывают и отводят в ближайšie понижения нагорными канавами. Их располагают не ближе 5 м от бровки внешнего откоса выемки или кювета. Откосы канав делают полукторными, а размеры – по гидравлическому расчету (в зависимости от расчетного расхода воды в них).

Если дорога проходит по ценным землям, земляное полотно возводят из привозных грунтов. В этом случае кюветы и резервы с целью экономии земель не устраивают. Не возникает в них необходимость и при строительстве дороги на песчаных и гравийных грунтах.

При высоте насыпи более 1,5 м между подошвами откосов насыпи и внутренними бровками резервов устраивают бермы – полосы земли шириной не менее 2 м с поперечным уклоном 20 % в сторону резерва для обеспечения стока воды. Бермы повышают устойчивость насыпей, а в период строительства и ремонта дороги их можно использовать для проезда машин.

Обычно грунт для выемок идет на строительство насыпей (продольное перемещение), засыпки понижений, оврагов, уполаживания откосов. Излишек грунта иногда располагают вдоль выемок в виде кавальеров – отвалов со спланированными под откос поверхностями. На ровной местности при сухих грунтах кавальеры размещают с обеих сторон дороги не ближе 3 м от выемки, а при мокрых – на расстоянии, равном глубине выемки плюс 5 м. В снегозаносимых местах кавальеры являются элементом снегозащиты, для чего их удаляют от дороги на 20 м и более. Если дорога проходит по косоугору, кавальеры располагают с нагорной стороны для перехвата воды. Когда уклон более 2 %, кавальер, чтобы избежать оползания откоса и для удобства перемещения грунта, располагают с низовой стороны выемки, а воду перехватывают нагорной канавой. Высота кавальеров не должна превышать 3 м.

Устройство резервов и кавальеров оправдано с точки зрения удобства строительства земляного полотна и снижения затрат, но ведет к потере боль-

ших земляных площадей, поэтому закладывать их следует только в необходимых случаях.

С обеих сторон дороги, между бровкой наружного откоса кювета и границей полосы отвода, предусматривают обрезы, которые используют для движения тракторов и гужевого транспорта, размещения дорожных зданий, водоотводных сооружений, кавальеров, снегозащитных и декоративных древонасаждений. Ширина обреза сельскохозяйственных дорог должна быть менее 1 м.

Элементы дороги в поперечном профиле размещают в границах полосы отвода.

Для облегчения выбора рациональных форм поперечного сечения земляного полотна дороги на основе научных исследований, а также опыта строительства и эксплуатации дорог составлены типовые поперечные профили для разных условий. По индивидуальным проектам поперечные профили земляного полотна проектируют только в особых случаях: в насыпи выше 12 м, в насыпи и поймах рек, староречий, болот и озер глубже 4 м; в выемках глубже 12 м; в выемках при неблагоприятных гидрогеологических условиях.

В местах с малым количеством осадков и при обеспеченном водоотводе, а также в населенных пунктах устраиваются насыпи высотой до 0,5 м с треугольными кюветами (лотками). С таким профилем устраивают также грунтовые профилированные дороги с малоинтенсивным движением.

Дороги в насыпи высотой до 0,5 м с трапецеидальными кюветами устраивают в недренирующих грунтах (глинистых, суглинистых, пылеватых) при осадках или высоком стоянии грунтовых вод.

Насыпи в зависимости от высоты делятся на:

- низкие до 0,6 м, возводятся из грунта кюветов и боковых канав;
- средние 0,6-1,5 м;
- высокие 1,5-12 м;
- очень высокие более 12 м.

Бремы устраивают при разности отметок бровки земляного полотна и дна резерва >4 м, а также на поймах рек. Ширина бермы должна быть не менее 2 м. Для того, чтобы полотно в выемке до 2 м не заносилось снегом, его устраивают раскрытым.

Крутизну откосов принимают в зависимости от того, какими машинами возводят насыпь: если грейдерами – 1:3, при работе другими механизмами – 1:1,5. В соответствии с требованиями СнИП II-Д.5 – 72 наибольшую крутизну откосов, возводимых из местных грунтов, как правило, принимают для дорог I...III категорий при высоте насыпи до 1 м – 1:3.

Места, где поверхность дороги в результате срезки грунта расположена ниже поверхности земли, называют **выемками**, участки, где дорога проходит выше поверхности земли, по искусственно насыпанному грунту – насыпями.

Если бровки земляного полотна трассы располагаются на одном уровне поверхности земли то говорят, что они проходят в точках нулевых работ.

Типовые поперечные профили земляного полотна дороги в выемках показаны на рис. Мелкие выемки (глубиной до 1 м) устраивают раскрытыми (рис. а), чтобы их меньше заносило снегом или песком. С этой же целью выемки глубиной 1...5 м проектируют с пологими откосами (1:4...1:6). Когда мелкую

выемку используют как карьер, грунт из которого перемещают в ближайшую насыпь, ее можно разделять под насыпь (рис. 3 б)

Поперечные профили глубоких выемок показаны на рис. 3 в, г.

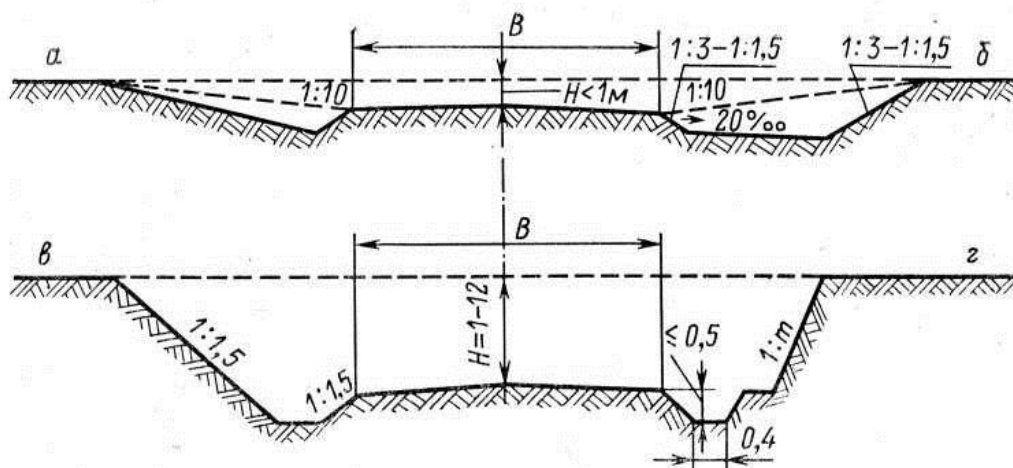


Рисунок 3. Типовые поперечные профили дороги в выемках:

а – мелкая раскрытая; б – мелкая раскрытая, разделанная под насыпь; в – глубиной 1...12 м; г – в лессах в условиях засушливого климата.

На болотах конструкция поперечного профиля земляного полотна зависит от типа болота, категории дороги и дорожной одежды. При глубине торфяной залежи менее 2 м производят полное выторфовывание с доведением основания насыпи до самого дна (рис. 4 а). При большей мощности торфа насыпи сельскохозяйственных дорог с переходными и низшими покрытиями можно устраивать непосредственно на слое торфа без его удаления (рис. 4 б). Однако это возможно лишь при достаточно устойчивой консистенции торфяной залежи. На низинных болотах, образовавшихся в результате заболачивания озер и медленно текущих рек, сравнительно тонкий слой торфа покоится иногда на мощном слое воды или сапропеля – студнеобразного отложения остатков животных организмов, ила и мелких водорослей. При прокладке дорог на таких участках тонкий слой торфа, который не может выдержать массы насыпи, разрушают и отсыпают насыпь из песка до дна. Для полного оседания насыпи иногда приходится прибегать к взрывным работам. Имеются случаи устройства таким путем дорог на залежи торфа и сапропеля мощностью до 20 м. Однако по глубоким болотам сельскохозяйственные дороги трассируют очень редко – экономически более целесообразно устраивать их в обход болот.

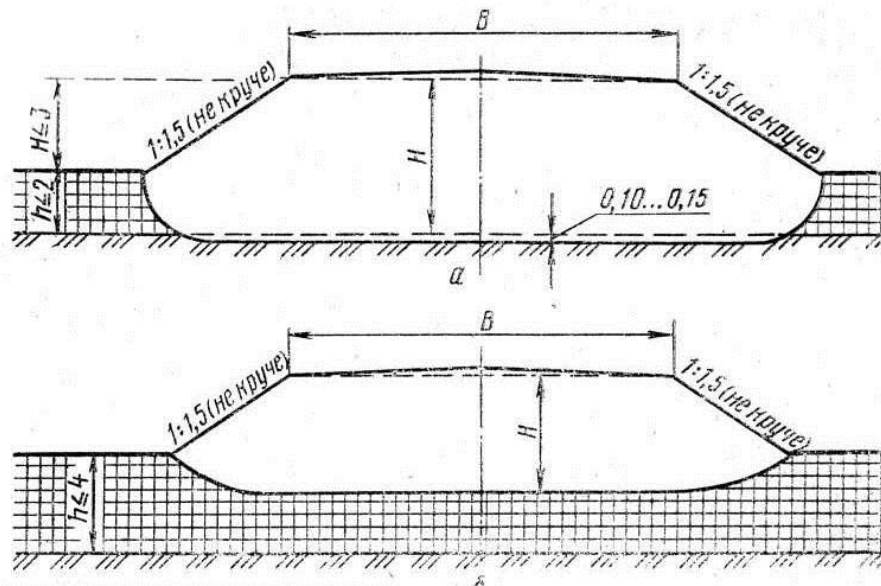
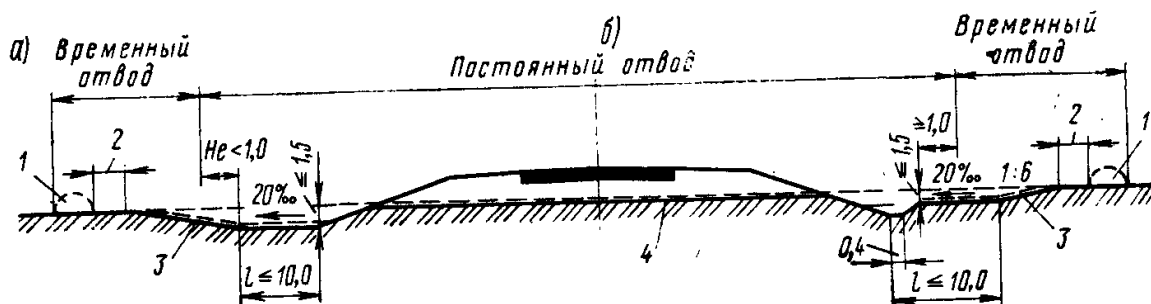


Рисунок 4. Поперечные профили земляного полотна дороги на болотах:
 а – при полном выторфовывании; б – без выторфовывания.

3. Полоса отвода.

Полоса местности, выделяемая для расположения на ней дороги, строительства вспомогательных сооружений и посадки придорожных зеленых насаждений, называется **полосой отвода**. Она передается в распоряжение дорожных организаций и изымается из ведения тех землепользователей, за которыми была закреплена до постройки дороги. В связи с высокой народнохозяйственной ценностью земель, пригодных для сельскохозяйственного использования и лесного хозяйства, согласно Нормам отвода земель для автомобильных дорог (СН 467-74) ширину отводимой полосы земли ограничивают фактическими границами земляного полотна, увеличенными с каждой стороны на 1 м.

На орошаемых или осушенных землях, а также землях, занятых виноградниками и фруктовыми садами или пашнями, не разрешается устраивать боковые резервы и кавальеры. В случаях, когда невозможно заложить в стороне от дороги грунтовые карьеры для отсыпки насыпи, в порядке исключения отводят во временное пользование полосу для закладки неглубоких резервов с тем, чтобы при строительстве дороги был сохранен плодородный гумусный слой. После отсыпки насыпи резерв должен быть выровнен, покрыт растительным грунтом и приведен в состояние, пригодное для использования в сельском хозяйстве (рис. 5).



а — профиль с кюветами-резервами; *б* — профиль с устройством мелкого резерва рядом с боковой канавой; *1* — размещение отвала растительного грунта во время строительства дороги; *2* — расстояние, обеспечивающее нормальную работу землеройных машин; *3* — слой укладываемого обратно растительного грунта; *4* — слой растительного грунта, удаляемый перед возведением насыпи

Рисунок 5. Схема приведения резервов в состояние, пригодное для сельскохозяйственных работ:

а — профиль с кюветами-резервами; *б* — профиль с устройством мелкого резерва рядом с боковой канавой; *1* — размещение отвала растительного грунта во время строительства дороги; *2* — расстояние, обеспечивающее нормальную работу землеройных машин; *3* — слой укладываемого обратно растительного грунта; *4* — слой растительного грунта, удаляемый перед возведением насыпи.

Дополнительные площади, необходимые для устройства нагорных канав, спрямления русел под мостами, срезок для обеспечения видимости, посадки декоративных насаждений, сооружений водоотвода, пересечений дорог, стоянок для автомобилей и площадок отдыха, зданий обслуживания движения и других дорожных сооружений, отводятся на основе детального обоснования потребности в них в проектах.

При современных методах механизированного строительства дорог нельзя обеспечить выполнение работ, ограничиваясь шириной самой дорожной полосы. Необходимы места для размещения удаленного растительного грунта, устройства временных дорог для перевозки материалов во время строительства, объездов во время перестройки дороги и т.д. Для этой цели в распоряжение строителей временно выделяют дополнительные площадки, которые по окончании работ должны быть возвращены землепользователям в состоянии, пригодном для сельскохозяйственных работ.

В табл. 3 приведены осредненные площади отвода земель для строительства автомобильной дороги на 1 км ее протяженности.

Категория дороги	Число полос движения	Общая площадь полосы отвода, га/км, на землях			
		сельскохозяйственного назначения		не пригодных для сельского хозяйства	
		Постоянный отвод	Временный отвод	Постоянный отвод	Временный отвод
Ia и Ib	8	6,3	1,8	7,4	2,3
	6	5,5	1,7	6,4	2,2
	4	4,7	1,6	5,5	2,1
II	2	3,1	1,4	3,9	2,0
III	2	2,8	1,3	3,6	2,0
IV	2	2,6	1,3	3,5	2,0
V	2	2,6	1,2	3,3	2,0

Таким образом, средняя ширина полосы отвода в зависимости от категории дороги колеблется от 63 до 24 м на плодородных сельскохозяйственных угодьях и от 74 до 33 м — на землях, не пригодных для сельского хозяйства.

ЛЕКЦИЯ 5. ДОРОГА В ПОПЕРЕЧНОМ И ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ

1. Понятие о продольном профиле дороги и требования к проектированию в нем трассы.
2. Чертеж продольного профиля и последовательность его построения.
3. Переломы продольного профиля и вставка вертикальных кривых.

1. Понятие о продольном профиле дороги и требования к проектированию в нем трассы.

Продольным профилем называют графическое изображение сечения дороги вертикальной плоскостью, проходящей через ее ось.

Продольный профиль характеризует крутизну отдельных участков дороги, измеряемую продольным уклоном, и расположение ее проезжей части относительно поверхности земли. Продольный уклон является одной из важнейших характеристик транспортных качеств автомобильной дороги.

Естественные уклоны местности часто превышают допустимые для эффективного использования автомобилей. В таких случаях **уклон** дороги делают более пологим, чем уклон поверхности **земли**, срезая часть грунта на подъемах на возвышенность или, наоборот, подсыпая его, например, в местах перехода через **пониженные** участки рельефа.

Места, где поверхность дороги в результате срезки грунта расположена ниже поверхности земли, называют **выемками**, а участки, где дорога проходит выше поверхности земли, по искусственно насыпанному грунту – **насыпями**.

При высоте насыпей менее 1м говорят, что дорога проходит в «**нулевых**» **отметках**. Из-за устройства насыпей и выемок отметки дороги не совпадают с отметками поверхности земли (рис. 1).

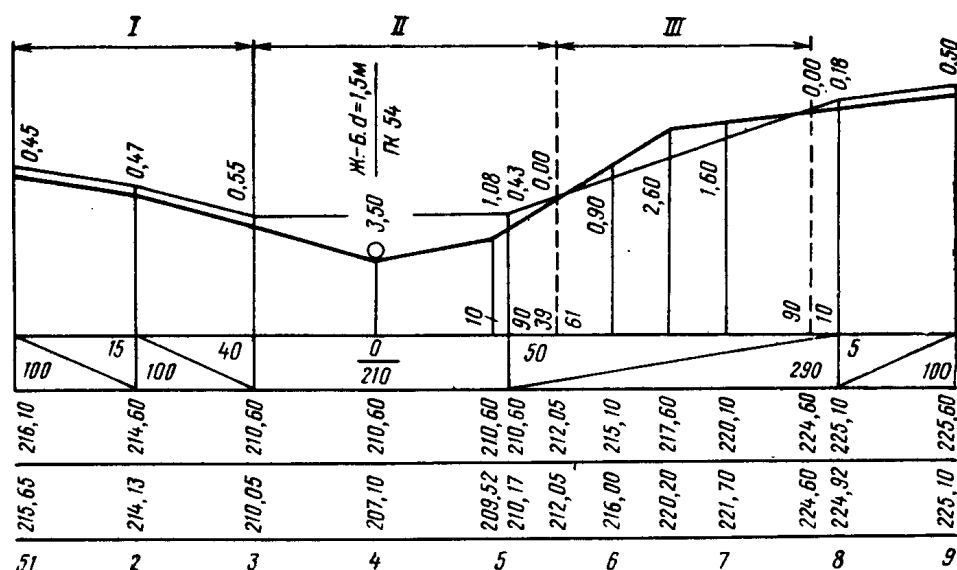


Рисунок 1. Расположение дороги в продольном профиле: 1 – дорога в «нулевых» отметках; 11 – в насыпи; 111 – в выемке.

Разница между отметкой поверхности земли по оси дороги и отметкой бровки дороги, определяющая высоту насыпи или глубину выемки, называется *рабочей отметкой* (рис. 2).

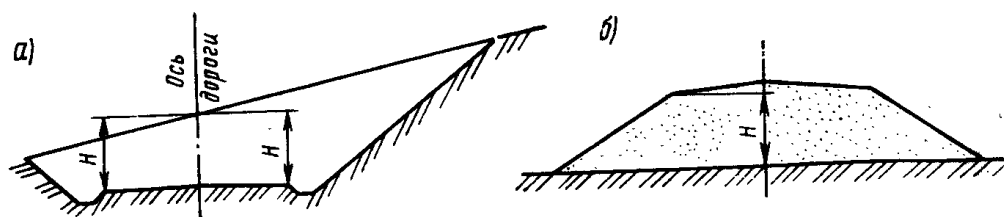


Рисунок 2. Рабочая отметка земляного полотна: а – в выемке; б – в насыпи

Основные требования, предъявляемые к проектированию.

Дорогу проектируют одновременно в плане и в продольном профиле. В процессе проектирования выполняют взаимную увязку и корректировку всех элементов плана и профиля. При этом соблюдают основные требования, которые должны обеспечивать безопасность и плавность движения по дороге с расчетными скоростями, а также наименьший объем земляных работ, устойчивость и долговечность земляного полотна и дорожной одежды. Безопасность и плавность движения достигаются в результате правильного назначения радиусов вертикальных кривых, соответствующего выбора крутизны спусков, подъемов и их последовательности, а также учета всех местных условий. Устойчивость и долговечность земляного полотна обеспечиваются при назначении высоты насыпей и глубины выемок в соответствии с рельефом, гидрологическими, гидрогеологическими и другими условиями, а также при выполнении эксплуатационных требований (защита дороги от грунтовых и поверхностных вод, от снежных и песчаных заносов и др.).

Исходными данными для проектирования дороги в продольном профиле являются: категория дороги, определяющая ее основные технические нормативы (наибольшие допускаемые продольные уклоны, радиусы выпуклых и вогнутых вертикальных кривых, шаг проектирования и т. д.); ведомость черных отметок, рекомендуемые рабочие отметки, отметки контрольных точек; гидрогеологические условия по трассе дороги и др. Основные требования к проектированию следующие.

1. Продольные уклоны. Чтобы вписать дорогу в рельеф местности, ее проектируют в продольном профиле в виде подъемов, спусков и (реже) горизонтально. Крутизна подъемов и спусков характеризуется продольным уклоном.

Уклон – это тангенс угла, который образуется отрезком наклонной прямой и горизонтальной проекцией этого отрезка – заложением L .

Иными словами, уклон i — отношение вертикальной проекции h отрезка прямой к его заложению $i=h:l=\text{tg } \alpha$. Ввиду малого значения α измеряют практически не l , а длину наклонного отрезка L , поэтому вычисляют не $\text{tg } \alpha$, а $\sin \alpha$ (для малых углов они почти равны). В дорожном деле как поперечные, так и продольные уклоны принято выражать в виде десятичной или простой дроби, в процентах или в тысячных долях – промилле (‰). Например, один и тот же уклон можно представить в виде: $l=0,034=34:1000=3,4\%=34\text{‰}$. Иногда уклон

выражают углом наклона в градусах. Между уклонами, выраженными в градусах и промилле, существуют следующие соотношения:

Градусы 1 2 3 4 5 6 7

Промилле 18 35 52 70 88 105 123

В сетку профиля уклоны обычно вписывают в процентах или в целых промиллях.

Продольный уклон зависит от рельефа местности. Наибольшие допустимые продольные уклоны дороги определяются ее категорией и эксплуатационными требованиями.

Так, согласно требованиям ТКП, наибольшие продольные уклоны не должны превышать: для дорог I-а, I-б, II категорий - 40‰, III – 50‰, IV категории 60 ‰, а для V–70‰, VI – 90‰ (по ТКП 45-3.03-19-2006 (02250)). Если по дороге предполагается движение большегрузных автомобилей с прицепами, продольные уклоны не должны превышать 70 ‰.

Для улучшения эксплуатационных показателей дороге всегда стремятся проектировать с возможно меньшими продольными уклонами.

Наименьшие продольные уклоны также можно ограничивать. Например, если дорога проходит в выемке, то для лучшего водоотвода дорогу и кюветы проектируют с продольными уклонами не менее 5...10 ‰.

2. Рекомендовую, или руководящую рабочую отметку земляного полотна, т. е. требуемую высоту насыпи, принимают по техническим условиям и рассчитывают с учетом характера увлажнения местности, дорожно-климатической зоны и качества грунтов.

Это отметка, которой следует придерживаться при проектировании продольного профиля дороги, устанавливается в соответствии с ограничениями ТКП 200-2009 (02191) Автомобильные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования по наименьшему возвышению поверхности покрытия над уровнем грунтовых и поверхностных вод и наименьшему возвышению бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова.

Таблица 1 (в метрах)

Грунт верхней части земляного полотна	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды	
	над поверхностью земли (на участках 2 типа местности)	над уровнем грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (на участках 3 типа местности)
Песок средней крупности Песок мелкий Супесь легкая крупная Супесь легкая	0,5	0,7
Песок пылеватый Суглинок легкий	0,6	1,2
Супесь пылеватая Супесь тяжелая пылеватая Суглинок легкий пылеватый Суглинок тяжелый Суглинок тяжелый пылеватый	0,8	1,9

Грунт верхней части земляного полотна	Наименьшее возвышение низа дорожной одежды	
	над поверхностью земли (на участках 2 типа местности)	над уровнем грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (на участках 3 типа местности)
Глины		
Примечания		
<p>1 За расчетный уровень грунтовых вод следует принимать максимально возможный уровень грунтовых вод, который может иметь место за срок службы дорожной одежды. Положение расчетного уровня грунтовых вод устанавливается по данным разовых замеров на период изысканий на основе статистического метода с учетом климатических и грунтово-гидрологических условий района строительства. При отсутствии данных наблюдений, а также при наличии верховодки за расчетный допускается принимать уровень, определяемый по верхней линии оглеения грунтов.</p> <p>2 Низ дорожной одежды определяют по границе последнего по глубине конструктивного слоя одежды, учитываемого при расчете на прочность.</p>		

3. Наименьшие радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых регламентируются строительными нормами. Радиусы выпуклых кривых должны быть не менее:

Расчетная скорость, км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰	Наименьшее расстояние видимости для остановки, м	Наименьший радиус кривизны в продольном профиле, м	
			Выпуклой кривой	Вогнутой кривой
140	40	350	25 000	8000
120	40	250	15 000	6000
100	50	160	8000	4000
80	60	100	4000	2500
60	70	60	1500	1500
40	90	40	1000	1000

Примечание – Значение максимального продольного уклона для расчетной скорости 60-120 км/ч может быть увеличено на 5‰ в точке сопряжения вертикальных кривых.

В исключительно трудных случаях радиусы вогнутых кривых допускается уменьшать в два, а в горных условиях — в три раза.

4. Расстояние между вершинами разноименных переломов проектной линии — шаг проектирования — на равнинной местности для дорог IV категории должно быть не менее 150 м, для V—100 м. В горной местности он может быть короче — до 50 м.

5. Расчетная видимость поверхности дороги должна быть не менее: для дорог IV категории 100 м, для V—70 м. Видимость встречного автомобиля должна быть соответственно в два раза больше.

6. Отметки контрольных точек — высотные отметки проезжей части мостов, бровки земляного полотна над трубами, а также элементов пересекаемых дорог (проезжей части автомобильных дорог, головки рельса железной дороги). Положение проектной линии должно быть увязано с этими отметками.

7. Ведомость черных отметок, т. е. отметок поверхности земли на пикетах и плюсовых точках по трассе дороги.

Плюсовые точки — это места изломов черного профиля между пикетами, в том числе точки пересечения трассы с тальвегами и водораздельными линиями. Их учитывают для более точного определения объемов земляных работ. Ведомость черных отметок получают нивелированием трассы. С некоторым при-

ближением она может быть составлена также по крупномасштабной карте с горизонталями (1 : 5000 ... 1 : 10 000).

Продольный профиль дороги проектируют в тесной увязке с планом трассы. При этом стремятся к наименьшему ограничению скорости, обеспечению безопасности движения, удобству водоотвода и к наилучшей защите дороги от снежных и песчаных заносов.

2. Чертеж продольного профиля и последовательность его построения.

Чертеж продольного профиля – один из основных технических документов проекта. Его вычерчивают в строгом соответствии с установленными правилами на листе миллиметровой бумаги шириной 29 см в рамке шириной 27 см и длиной до 1 м, с которой снимают копию на кальке для дальнейшего размножения.

Трассу на чертеже продольного профиля изображают в виде проектной (красной) линии, которая для новой дороги соответствует положению линии бровки земляного полотна, а для реконструируемой – линии оси. Линию естественной поверхности земли по оси дороги иногда называют черным профилем.

Проектную линию вычерчивают в два раза толще линии поверхности земли, которую наносят на чертеж по данным нивелирования трассы. При проектировании несложных объектов продольный профиль может быть составлен по крупномасштабному плану (1:10 000 и крупнее) с горизонталями. Положение проектной линии получают в результате проектирования трассы в продольном профиле. При этом выявляют крутизну подъемов и спусков (продольные уклоны), а также расположение насыпей и выемок.

Если проектная линия проходит над черным профилем, земляное полотно дороги представляет собой *насыпь*, если под ним – *выемку*. Разность между отметками проектной и черной линий на одной вертикали называют рабочей отметкой. Если дорога проходит в насыпи, рабочие отметки подписывают выше проектной линии, если в выемке – ниже.

Для большей наглядности продольный профиль вычерчивают в сжатом виде: вертикальный масштаб всегда принимают в десять раз крупнее горизонтального. Для дорог, проходящих по равнинной и пересеченной местности, горизонтальный масштаб профиля принимают 1 : 5000, а вертикальный — 1 : 500. Для горной местности, где рельеф очень сложен, оба масштаба принимают крупнее, соответственно 1 : 2000 и 1 : 200. Профиль дорог населенных пунктов можно вычерчивать в еще более крупном масштабе. Соотношение масштабов 1 : 10 во всех случаях сохраняется.

Обычно продольный профиль строят в условных отметках, которые представляют в сетке профиля с точностью до двух значащих цифр после запятой ($\pm 0,01$ м). На рис. показан пример оформления чертежа продольного профиля участка сельскохозяйственной дороги.

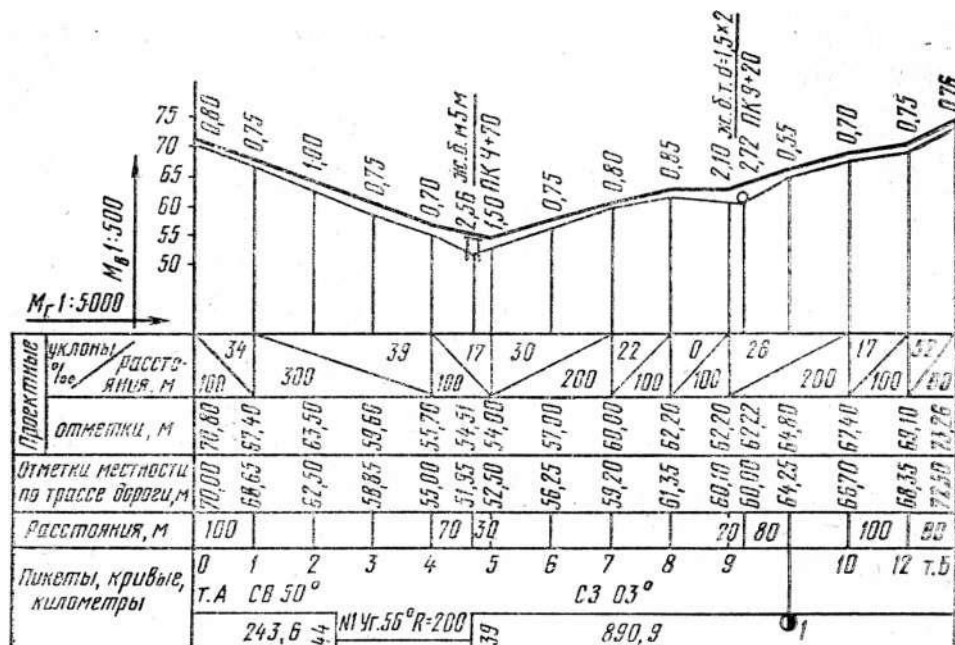


Рисунок 3. Продольный профиль дороги (в сокращенном виде).

Методы проектирования. Проектирование продольного профиля дороги сводится к определению параметров проектной линии. Нанесение линии представляет собой сложную комплексную задачу, при решении которой учитывают не только условия движения автомобилей и экономические факторы, но также топографические, почвенно-грунтовые, гидрологические и другие местные условия.

При проектировании сельскохозяйственных дорог применяют два основных метода нанесения их проектного профиля — по обертывающей и по секущей (рис. 4).

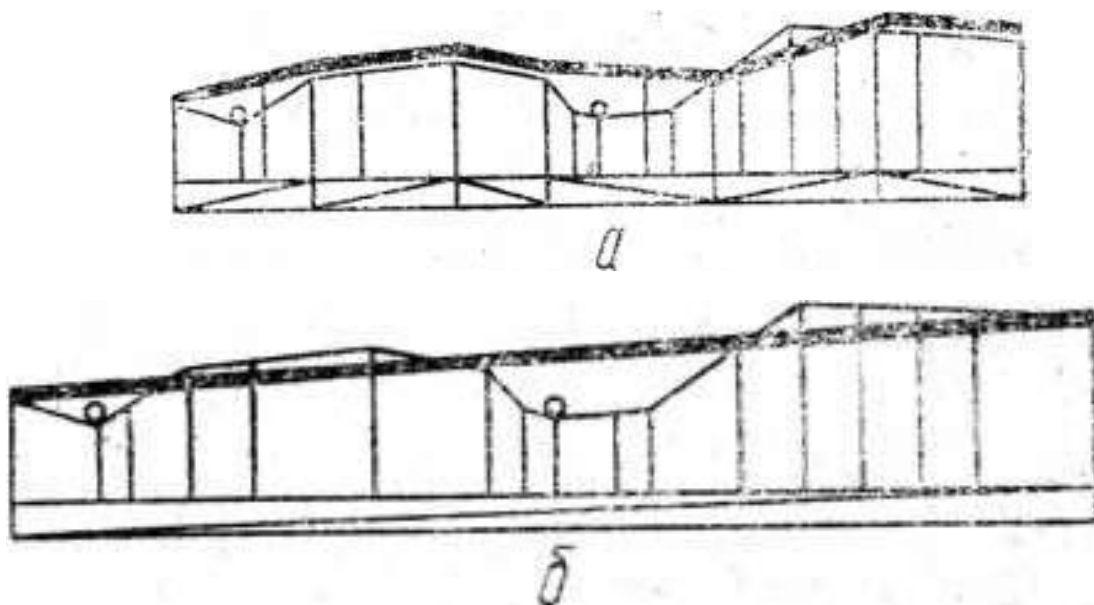


Рис. 4. Схема проектной линии дороги на продольном профиле: а — по обертывающей; б — по секущей.

При проектировании *по обертывающей* проектная линия как бы копирует черный профиль и располагается выше него на уровне так называемой рекомендуемой рабочей отметки. Это необходимо для возвышения поверхности дороги над уровнем снежного покрова и для защиты земляного полотна от воздействия грунтовых и застойных поверхностных вод. Более высокие насыпи проектируют на подходах к мостам и трубам, а выемки устраивают на пересеченной местности (при пилообразном черном профиле).

Обертывающая проектировка обеспечивает минимум земляных работ, хорошее вписывание дороги в рельеф местности и является основной при проектировании дорог низких категорий, в том числе сельскохозяйственных. Она возможна потому, что на этих дорогах допускаются большие продольные уклоны и частые изломы проектной линии.

Проектирование *по секущей* с использованием кривых больших радиусов, устройством высоких насыпей и глубоких выемок более характерно для дорог высоких категорий (I и II), на которых требуется обеспечить большую скорость и плавность движения, что достигается небольшими продольными уклонами без частых изломов проектной линии.

Последовательность проектирования. Продольный профиль проектируют в следующем порядке. На миллиметровой бумаге вычерчивают сетку профиля, указывают горизонтальный и вертикальный масштабы; по данным нивелирования трассы и проектирования ее на плане заполняют все строки сетки (за исключением тех, которые уже заполнены в процессе проектирования проектной линии). На вертикальной шкале проставляют высотные отметки с таким расчетом, чтобы черный профиль разместился выше сетки примерно на 6...8 см.

Чтобы построить продольный профиль поверхности земли, необходимо знать ее

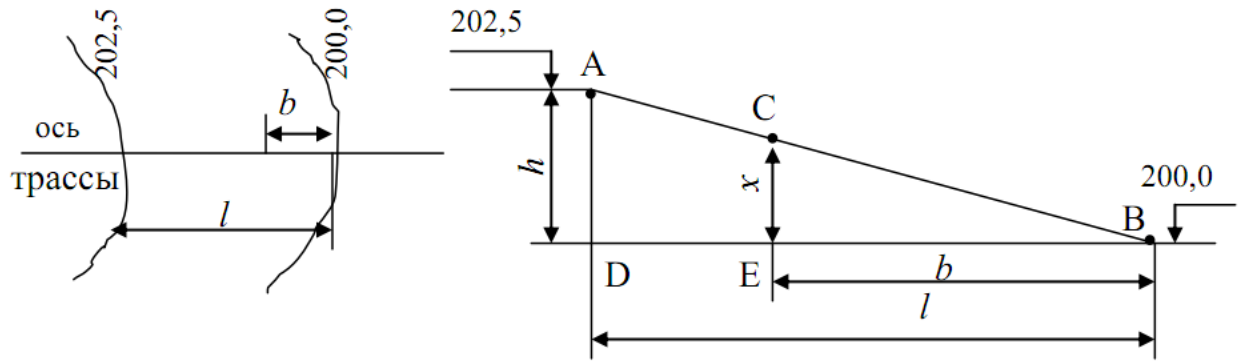
отметки на пикетах (ПК) и плюсовых точках по оси дороги.

Плюсовые точки назначают:

- в местах резкого изменения крутизны склонов, характеризующихся сгущением или разрежением горизонталей;
- в переломных точках на возвышениях и понижениях рельефа местности;
- на границах обрывов и оврагов;
- в местах пересечения трассы с железными и автомобильными дорогами;
- на пересечениях с водотоками.

В промежуточных точках между горизонталями отметки поверхности земли определяют интер- и экстраполяцией.

Метод интерполяции применяется в том случае, когда точка находится между разомкнутыми горизонталями. Промежуточную отметку между горизонталями можно найти исходя из подобия треугольников, измерив расстояние между горизонталями по карте.



Из подобия треугольников ABD и CBE следует соотношение

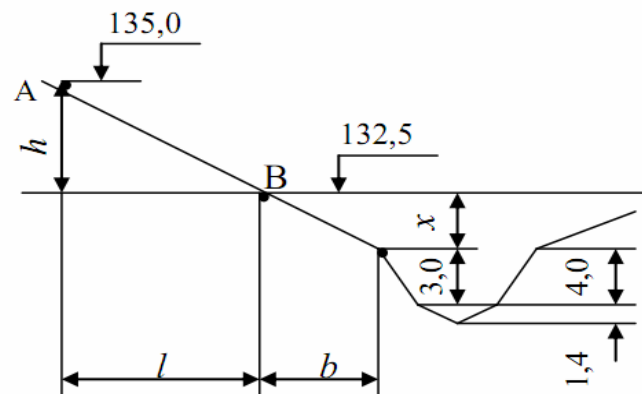
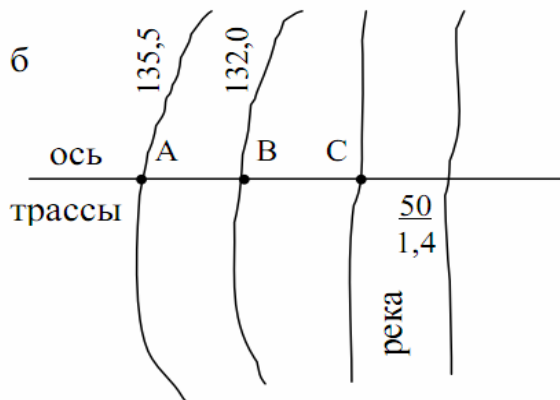
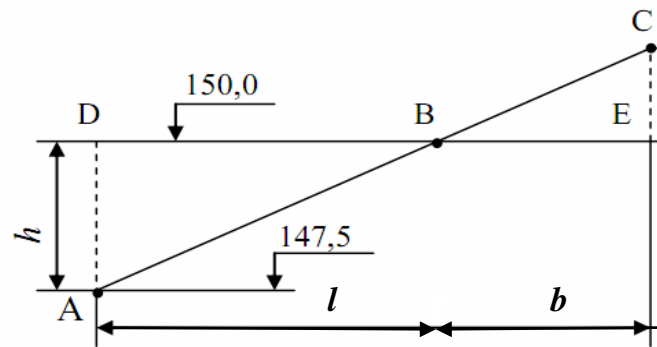
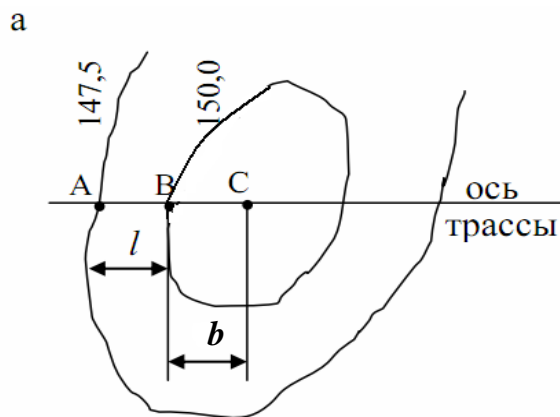
$$\frac{x}{h} = \frac{b}{l}$$

Согласно ему $x = h \cdot b / l$. Тогда отметка местности в точке C определится по формуле

$$H_c = H_b + x,$$

где H_c , H_b - соответственно отметки земли в точках C и B; x - разность отметок в точке B искомой точке.

Если точка расположена внутри замкнутой горизонтали или за пределами двух горизонталей, то ее отметку определяют экстраполяцией. Здесь также имеются подобные треугольники. Отметки вычисляются по тем же формулам.



По отметкам поверхности земли по оси дороги, проставленным на всех пикетах и плюсовых точках, вычерчивают черный профиль в виде ломаной линии. Затем наносят отметки всех контрольных точек, а проектную линию – над линией поверхности земли на уровне рекомендуемых рабочих отметок, соблюдая рекомендуемый шаг проектирования. В местах, где уклоны линии поверхности земли превышают допускаемые уклоны дороги, проектную линию можно наметить ниже линии черного профиля. При этом стремятся избегать мелких выемок, так как их интенсивно заносит снегом. Таким образом, проектную линию также намечают в виде ломаной. Уклоны отрезков проектной линии на всем протяжении не должны превышать наибольших уклонов, допустимых по техническим условиям для дороги данной категории. Шаг проектирования, считая по горизонтали, также должен быть не меньше допустимого.

После нанесения проектной линии еще раз проверяют, нет ли участков с недопустимо большими уклонами или необоснованно глубоких выемок и высоких **насыпей**, и приступают к вычислению проектных уклонов и отметок на каждом участке (слева направо). (Уклоны вписывают в сетку профиля в промиллях или в процентах.) Проектную отметку получают только путем вычисления по назначенному уклону, используя следующую зависимость:

$$H_{n+i} = H_n \pm i,$$

где H_{n+i} — отметка искомой точки; H_n — отметка предыдущей точки; i — принятый продольный уклон отрезка проектной линии; l — расстояние между точками с отметками H_n и H_{n+1} .

Изломы проектной линии рекомендуется приурочивать к пикетам или плюсовым точкам. В строке «проектные уклоны» вертикальными черточками отмечают все точки изломов, т. е. границы отрезков проектирования. Между черточками пишут простую дробь, в числителе которой указывают уклон, а в знаменателе — шаг проектирования (в метрах). Черту дроби наклоняют в сторону падения проектной линии.

Рекомендуется вписывать уклоны в целых тысячных. Например, не 34,3 ‰, а 34 ‰ и вычислять их по приведенной выше формуле.

Вычисленные проектные и рабочие отметки проставляют на всех пикетах и плюсовых точках. При наличии выемки, где проектная линия дороги проходит ниже профиля поверхности земли, требуется определять положение нулевой точки, т. е. точки пересечения проектной и черной линий.

Местоположение точек перехода из выемки в насыпь или наоборот (точки «нулевых» работ) вычисляют по исправленным рабочим отметкам ближайших пикетов или плюсовых точек (рис.5).

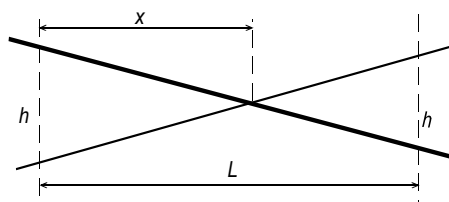


Рисунок 5. Схема к определению положения точки «нулевых» работ.

Расстояние от пикета до точки «нулевых» работ определяют по формуле

$$X = \frac{h_1 l}{h_1 + h_2},$$

где X – расстояние от пикета или плюсовой точки до точки «нулевых» работ, м;

h_1 и h_2 – рабочие отметки соответственно на предыдущем и последующем пикетах, м;

l – расстояние между пикетами, м.

3. Переломы продольного профиля и вставка вертикальных кривых.

Переломы продольного профиля, образующиеся при изменении уклона, вызывают ряд неудобств для движения: выпуклые места на дороге ограничивают видимость расположенного впереди участка дороги, а на переломах, имеющих сравнительно малый радиус кривизны, при высоких скоростях движения возникает опасность потери управляемости автомобилем в связи с разгрузкой передней оси; на вогнутых переломах из-за внезапного изменения направления движения возникает толчок, неприятный для пассажиров и перегружающий подвеску автомобиля. Поэтому переломы продольного профиля смягчают введением сопрягающих вертикальных кривых (рис. 6). На рис. 6 пунктиром показаны смягчаемые переломы продольного профиля. Цифры в скобках характеризуют рабочие отметки, которые были бы вертикальных кривых, цифры без скобок – фактические отметки

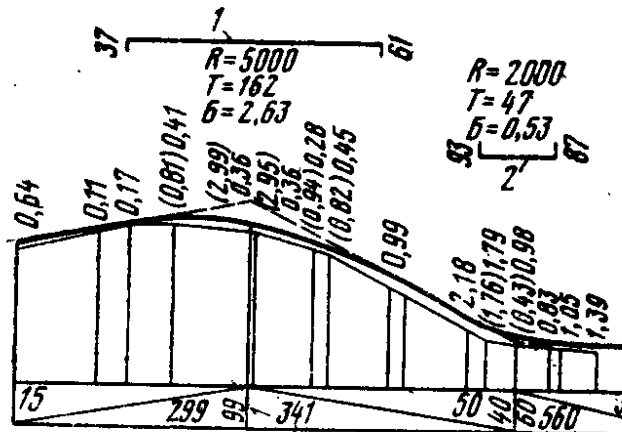


Рисунок 6. Вертикальные кривые: 1 – выпуклая; 2 – вогнутая

Вертикальные кривые. Для обеспечения безопасности и плавности движения в выпуклые и вогнутые изломы проектной линии на продольном профиле вписывают вертикальные выпуклые и вогнутые кривые. Делают это только в том случае, если алгебраическая разность уклонов отрезков проектной линии, образующих угол, превышает 20 ‰ для дорог низших категорий и 5... 10 ‰ – для дорог высоких категорий.

Для проектирования вертикальной кривой необходимо знать ее радиус R и алгебраическую разность уклонов $i_1 - i_2$. Принято считать на продольном профиле уклоны положительными на подъемах и отрицательными – на спусках (слева направо по ходу профиля).

На дорогах низших технических категорий вертикальные кривые вписываются при алгебраической разности уклонов 20‰ и более. Минимальные значения радиусов вертикальных выпуклых и вогнутых кривых (R) определены ТКП 45 – 3.03 – 19 – 2006.

Параметры вертикальных кривых K , T , B определяют по специальным таблицам или вычисляют по следующим формулам:

$$K = R(i_1 \pm i_2); T = \frac{K}{2}; B = \frac{T^2}{2R},$$

где K – длина вертикальной кривой, м;

R – радиус вертикальной кривой, м;

i_1, i_2 – уклоны сопряженных запроектированных отрезков дороги, тыс.;

T – тангенс вертикальной кривой, м;

B – биссектриса вертикальной кривой, м.

Определяя длину кривой, необходимо правильно учесть знаки уклонов отрезков. В целом, если уклоны одноименные, то их значения вычитают, если разноименные – суммируют.

Вертикальные кривые отображаются графически в виде выгнутых (выпуклые кривые) или вогнутых (вогнутые кривые) скоб в соответствующей строке продольного профиля «Уклоны трассы и вертикальные кривые» в принятом масштабе. При этом положение вершины вписанной кривой соответствует вершине перелома проектной линии.

После определения параметров вертикальных кривых и их вписания вводят поправки в рабочие отметки на отрезках этих кривых.

Значение поправки (y) рассчитывают по формуле

$$y = \frac{x^2}{2R},$$

где y – значение поправки, м;

x – расстояние от начала или конца вертикальной кривой до пикета (плюсовой точки), в рабочую отметку которой вносится поправка, м;

R – радиус вписанной вертикальной кривой, м.

Поправка определяется с точностью до 0,01 м и вносится со знаком минус в рабочую отметку при выпуклой кривой и плюс – при вогнутой. Исходные рабочие отметки берутся с продольного профиля с учетом знака.

Вертикальные кривые изменяют ранее вычисленные рабочие отметки на продольном профиле: в насыпях выпуклые кривые уменьшают их, а вогнутые увеличивают; в выемках – наоборот. Поправка к рабочей отметке y (ордината вертикальной кривой) в точке перелома профиля равна биссектрисе B , а в произвольной точке кривой, расположенной на расстоянии x от начала или конца кривой, $y = x^2/2R$. Поправку y вычисляют для всех пикетов и плюсовых точек в пределах кривой. На профиле ранее вычисленные рабочие отметки берут в скобки, а новые, полученные с учетом значения y , проставляют рядом.

Вертикальную кривую показывают в виде горизонтальной прямоугольной скобы, середина которой расположена над вершиной угла. Длина скобы равна двум тангенсам и откладывается в горизонтальном масштабе профиля. На выпуклых кривых концы скобы: направлены вниз, на вогнутых — вверх. У концов

скобы указывают расстояния от начала и конца кривой до ближайшего пикета (в метрах), над скобой – элементы кривой (R , T , K , B).

ЛЕКЦИЯ 6. ДОРОГА В ПОПЕРЕЧНОМ И ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ

1. Методы проектирования дороги в продольном профиле.
2. Определение объемов земляных работ.
3. Использование САПР при проектировании дороги в продольном профиле.

2. Определение объемов земляных работ.

Для составления проекта организации работ, выбора типов дорожных машин и оценки стоимости строительства должны быть определены объемы земляных работ, которые требуется выполнить при возведении земляного полотна на отдельных участках и дороге в целом. Объемы земляных работ подсчитывают на основании выписанных на продольном профиле рабочих отметок.

Короткий участок насыпи между двумя смежными переломами продольного профиля при отсутствии поперечного уклона местности может рассматриваться как правильное геометрическое тело – призматоеид с трапецидальными основаниями (рис. 1).

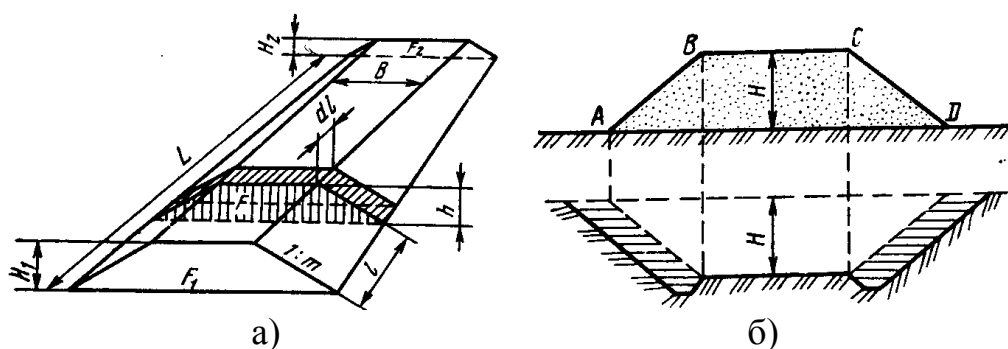


Рисунок 1. а) Схема к определению объемов насыпей и выемок при горизонтальной поверхности грунта; б) Различие в объемах насыпей и выемок при одинаковых рабочих отметках

Большинство земляных сооружений на дорогах можно рассматривать как призматоеид переменной высоты с поперечным сечением в виде трапеции. Исходные данные для определения объема призматоеида получают из продольного и поперечного профилей дороги. Объемы насыпей и выемок определяют по пикетам, а в пределах пикета – по участкам между смежными переломами проектной и черной линий. Длину участка и рабочие отметки H_1 и H_2 его концов берут с чертежа продольного профиля. Созданием выпуклого профиля поверхности дороги пренебрегают, так как эти работы входят в профилирование и на объемы земляных работ не влияют.

Для участка дороги длиной L при условии отсутствия поперечного уклона местности объем земляных работ определяется по следующим формулам:

$$\text{для насыпи } V_n = \frac{F_1 + F_2}{2} L + m \frac{(h_2 - h_1)^2}{12} L,$$

$$\text{для выемки } V_v = \frac{F_1' + F_2'}{2} L + m \frac{(h_2 - h_1)^2}{12} L + 2V_k,$$

где F_1, F_2 и F_1', F_2' – площади поперечных сечений насыпи или выемки в данных точках (пикет, плюсовая точка), м^2 ;

L – расстояние между соседними точками (пикетами, плюсовыми точками), м ;

m – коэффициент заложения откосов земляного полотна (1:1,5; 1:2);

h_1, h_2 – рабочие отметки соседних точек (включая «нулевые»), м .

Площадь поперечного сечения дороги в насыпи или выемки (F_1, F_2) определяется по формуле

$$F_{1-2} = \frac{(a+b)}{2} h,$$

где a – ширина земляного полотна дороги поверху (для выемок прибавляется ширина двух кюветов по верху), м ;

b – ширина подошвы насыпи или ширина выемки по верху, м ;

h – рабочая отметка точки (пикета или плюсовой точки), м .

Ширину подошвы насыпи (выемки) поверху определяют по формуле

$$b = a + 2hm,$$

Объем земляных работ в кюветах

$$V_k = f_k l_k,$$

где f_k – площадь поперечного сечения кювета, м^2 ;

l_k – длина кювета, м .

Схема поперечного сечения дороги в насыпи представлена на рис. 2.

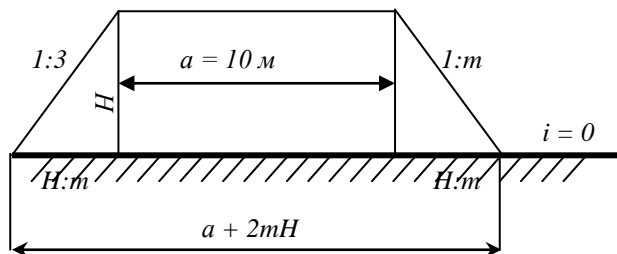


Рисунок 2. Схема поперечного сечения дороги в насыпи.

В объем земляных работ может вводиться поправка (v), рассчитываемая по формуле

$$v = m \frac{(h_2 - h_1)^2}{12} L.$$

Она вводится в случаях, если $L > 50$ м и $(h_2 - h_1) > 1$ м или $L < 50$ м и $(h_2 - h_1) > 2$ м.

Все расчеты объема земляных работ выполняются в соответствующей ведомости.

ЛЕКЦИЯ 7. ВОДООТВОДЫ НА ДОРОГАХ И ПЕРЕХОДЫ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ

1. Источники увлажнения земляного полотна и система дорожного водоотвода.

2. Инженерные водоотводные сооружения (боковые нагорные отводные канавы, испарительные бассейны, резервы и дренажи).

3. Зимнее перераспределение влаги в земляном полотне и процесс пучинообразования.

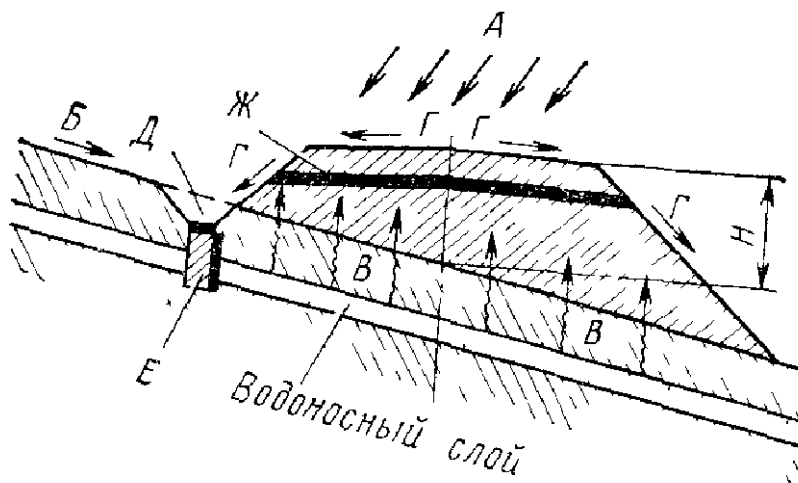
1. Источники увлажнения земляного полотна и система дорожного водоотвода.

От увлажнения грунты, из которых возведено земляное полотно, изменяют свои физико-механические свойства, что приводит к резкому уменьшению их несущей способности и сопротивляемости действию внешних нагрузок.

Исключение составляют только песчаные и гравелистые грунты, которые при увлажнении становятся даже более проходимыми для транспорта. Глинистые и суглинистые грунты от увлажнения размокают, увеличиваются в объеме, а при перенасыщении водой могут на крутых откосах сползать.

Кроме того, при больших продольных уклонах дороги вода может течь с большой скоростью и размывать поверхность земляного полотна. Чтобы предохранить дорожную одежду от разрушения, стремятся так сконструировать полотно, чтобы в любое время года оно меньше подвергалось увлажнению.

Источниками увлажнения грунтов земляного полотна могут быть:



Источниками увлажнения полотна служат:

А — осадки, выпадающие на поверхность земляного полотна;

Б — приток поверхностных вод с прилегающей к дороге местности;

В — приток грунтовых вод по капиллярам, а также путем пленочного и парообразного перемещения влаги в порах грунта от теплых мест к более холодным.

Преобладание тех или иных источников увлажнения зависит от местных природных условий и времени года.

На поступление влаги в полотно, кроме местных климатических условий, влияют

поперечные уклоны проезжей части и обочин,

конструкции дорожной одежды, тип укрепления обочин и откосов, качество и степень уплотнения грунтов.

Сток воды с земляного полотна, испарение и просачивание воды из земляного полотна в глубинные слои несколько снижают суммарное воздействие указанных источников увлажнения. В зависимости от климатического района, местных условий и от времени года преобладают те или иные причины увлажнения земляного полотна. Количество влаги, находящееся в земляном полотне, не остается в течение года постоянным. На изменение водного режима земляного полотна, помимо атмосферных осадков, значительное влияние оказывают колебания температуры, создающие в теле земляного полотна температурные градиенты, под влиянием которых грунтовая вода перемещается из более теплых (нижних) слоев к более холодным (верхним) слоям.

В годовом цикле изменения водного режима земляного полотна различают следующие периоды: первоначальное накопление влаги осенью в результате просачивания атмосферных осадков; промерзания земляного полотна и зимнее перераспределение влаги; оттаивание земляного полотна и весеннее переувлажнение грунта; летнее просыхание земляного полотна.

Водно-тепловой режим земляного полотна несколько отличается от водно-теплового режима окружающей местности. Это объясняется устройством различных типов конструкций дорожных одежд, изменяющих водообмен между грунтом и атмосферой, устройством земляного полотна в насыпи или в выемке, закладкой резервов, искусственным уплотнением грунта.

Весьма большие деформации возникают при переувлажнении пылеватых грунтов. При замерзании в переувлажненном состоянии такие грунты очень сильно увеличиваются в объеме (пучинят) и теряют несущую способность. В этих случаях, кроме мероприятий по отводу воды, предусматривается устройство верхней части насыпи из песчаных или других морозоустойчивых грунтов.

Для обеспечения устойчивости и прочности земляного полотна и дорожных одежд предусматриваются конструктивные мероприятия, предназначенные для предотвращения переувлажнения земляного полотна, которые включают:

придание поперечного уклона проезжей части, обочинам и откосам земляного полотна (Г) для отвода воды с поверхности проезжей части дороги;

устройство боковых водоотводных и нагорных канав (Д) для отвода поверхностей воды;

возведение земляного полотна на высоту H , обеспечивающую поднятие поверхности полотна над уровнем грунтовых или поверхностных вод на безопасное расстояние. Эта высота зависит от грунтов и климатической зоны и устанавливается в соответствии с рекомендациями ТКП;

устройство изолирующих прослоек в верхней части земляного полотна (Ж) для изоляции дорожной одежды от действия грунтовых вод;

устройство подземных дренажей (Е) для отвода или снижения уровня грунтовых вод.

Для ограждения земляного полотна от разрушительного действия поверхностных вод необходимо, чтобы конструкции земляного полотна и проезжей части способствовали быстрому отводу воды от дороги. При хорошей ровности покрытия придание проезжей части поперечного уклона в пределах 15—40‰, а грунтовым обочинам — 30—50‰ в зависимости от типа укрепления обеспечивает быстрый отвод поверхностной воды за пределы земляного полотна.

Чтобы предупредить и уменьшить отрицательное воздействие воды на земляное полотно, принимают ряд конструктивных мер и строят сооружения, т. е. предусматривают **системы дорожного водоотвода**.

В нее могут входить следующие сооружения и устройства:

различные каналы (кюветы, нагорные, водоотводные, осушительные);

испарительные бассейны и резервы;

дренажи;

водопрпускные сооружения — трубы и мосты, водозащитные и водонаправляющие — бермы, банкеты, отсыпки.

2. Инженерные водоотводные сооружения (боковые нагорные отводные каналы, испарительные бассейны, резервы и дренажи).

Канавы. Во избежание увлажнения земляного полотна поверхностными водами предусматривают следующие мероприятия: для ускорения стока дождевой и талой воды с поверхности дороги проезжую часть и обочины делают с поперечным уклоном; для отвода воды, стекающей с поверхности дороги и прилегающей к ней местности, устраивают кюветы, нагорные и водоотводные каналы.

Чтобы предохранить каналы от размыва текущей водой (что может происходить при больших продольных уклонах и слабых на размыв грунтах), дно и откосы каналов укрепляют. В песчаных грунтах кюветы следует укреплять ориентировочно при продольном уклоне более 10‰, в связных грунтах — более 20‰. При уклонах 10...30‰ дно и откосы каналов укрепляют одерновкой, щебнем (рис. 1 а), при 30...50 ‰ применяют мощение камнем (рис. 1 б), а при уклонах более 50 ‰ устраивают перепады.

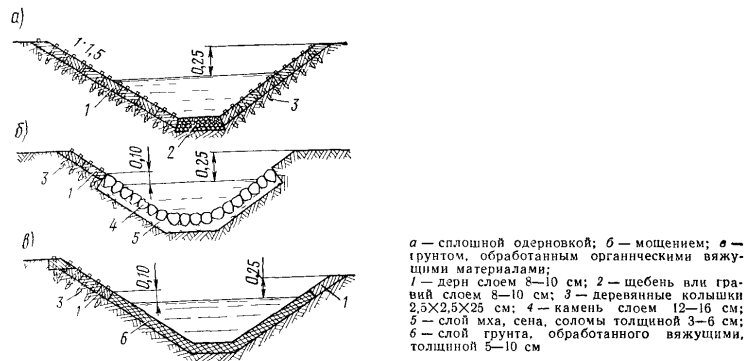
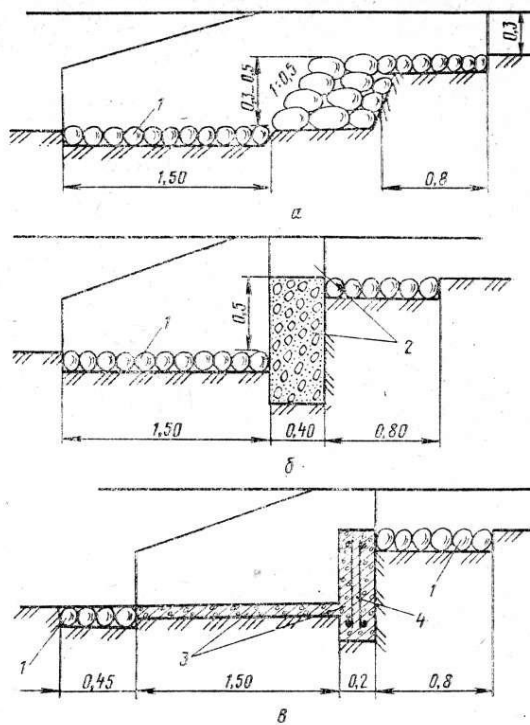


Рисунок 1. Схема укрепления боковых канав.

Перепад (рис. 2) представляет собой вертикальную стенку высотой 0,3...0,5 м из камня, дерева, бетона или железобетона с укрепленными подходами, откосами и водобоем. При затяжных уклонах на кюветах может быть устроено последовательно несколько перепадов – **каскад**. Между перепадами на каскаде дну придают продольный уклон, в результате чего не происходит размыва грунтов текущей водой (устанавливают гидравлическим расчетом).



а — из каменной кладки; б — из бетона или бутобетона; в — из сборных железобетонных элементов; 1 — мощенье; 2 — бетон или бутобетон; 3 — железобетонные элементы; 4 — арматурные стержни.

Рисунок 2. Перепады

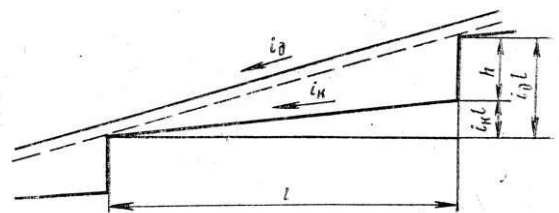


Рисунок 3. Схема к выводу формулы расстояния между перепадами на каскаде перепадов

Расстояние l между перепадами зависит от принятого продольного уклона дна канавы i_k продольного уклона i_d поверхности земли по трассе дороги и высоты стенки перепада h . Оно выражается формулой $l = h / (i_k - i_d)$, которую легко вывести из схемы, приведенной на рис. 3.

Испарительные бассейны и резервы. На равнинных местностях водоотвод от дороги иногда сильно затруднен из-за незначительных уклонов. В этих случаях, если позволяют климатические условия, воду от дороги отводят в так называемые испарительные бассейны – неглубокие (до 1,5 м) котлованы вместимостью 200... 300 м³, из которых вода испаряется естественным путем. Вынутый грунт отсыпают вокруг бассейна, что предотвращает стекание в него воды с окружающей местности.

В районах, где испарение невелико, а осадки выпадают часто, испарительные бассейны делать не рекомендуется, так как они малоэффективны и приводят к заболачиванию и зарастанию сорняками прилегающей к дороге местности.

Резервы используют также в системе дорожного водоотвода. Например, резерв, заложенный с нагорной стороны, перехватывает воду, стекающую со склонов к дороге, т. е. выполняет функции нагорной канавы.

Поглощающие колодцы обычно устраивают в населенных пунктах, если позволяют гидрогеологические условия. Поглощающий колодец представляет собой вертикальную выработку размером в плане 1х1 м, глубиной до 3 м и более, достигающую дном водопоглощающего слоя. Колодец располагают в понижении не ближе 10 м от полотна дороги и заполняют дренирующим каменным материалом с возрастанием крупности частиц снизу вверх. Воду к колодцу подводят канавой. Вокруг него создают валик, предотвращающий попадание воды с прилегающей местности.

Для предохранения дороги от вредного воздействия высокостоящих грунтовых вод предусматривают повышение бровки земляного полотна (рис. 4, а); понижают уровень грунтовых вод с помощью трубчатого дренажа (рис. 4, б); устраивают в теле насыпи горизонтальные прослойки из водонепроницаемых пленочных или пористых (гравелистых или крупопесчаных) материалов, прерывающих движение капиллярной, пленочной или парообразной влаги к верхним слоям земляного полотна (рис. 26, в). Капиллярпрерывающие прослойки делают по всей ширине полотна на глубине 0,5...0,8 м от покрытия, но не ближе 20 см к поверхности грунтовых вод.



Рисунок 4. Способы защиты дороги от воздействия грунтовых вод

Дренажи. Дренаж и прослойка позволяют строить дорогу на переувлажненной местности в невысокой насыпи, что сокращает объем земляных работ.

На косогорных участках, где дорога проходит в выемке, перехватывать грунтовые воды можно путем устройства дренажа с нагорной стороны дороги.

Так как все эти мероприятия значительно увеличивают стоимость строительства, то к ним прибегают лишь в исключительных случаях. Поэтому при трассировании дороги в плане ее стремятся по возможности располагать в местах, не требующих специальных мер по водоотводу.

3. Зимнее перераспределение влаги в земляном полотне и процесс пучинообразования.

Пучинообразование – явление перераспределения влаги в земляном полотне, вызывающее увеличение зимой влажности грунтов земляного полотна, образование в них ледяных прослоек и увеличение объема грунта. При этом происходит взбугривание дорожной одежды с последующим размягчением при оттаивании.

Процессы пучинообразования

Земляное полотно сельскохозяйственных дорог проектируется, главным образом, в насыпях небольшой высоты. В этом случае для ряда районов наиболее опасные деформации на дорогах могут возникнуть в результате пучинообразования.

Пучинообразование характеризуется такими процессами зимнего перераспределения влаги в земляном полотне, которые приводят к интенсивному перемещению влаги из нижних более теплых слоев, в верхние более холодные слои, где происходит замерзание этой влаги с образованием ледяных прослоек и линз. Такое накопление льда приводит к взбугриванию (пучению) поверхности земляного полотна и, соответственно, дорожной одежды.

Весной оттаивание накопившегося льда приводит к переувлажнению грунта в верхней части земляного полотна, что часто вызывает осадки и даже разрушение дорожной одежды. Зимнее накопление влаги в грунтах и снижение их сопротивления внешним нагрузкам весной представляет собой весьма сложный процесс, подвергавшийся длительному изучению.

Морозное пучение становится возможным при сочетании трех основных факторов: 1) промерзание грунта; 2) присутствие в составе грунта тонких фракций, обеспечивающих действие значительных молекулярных сил (пучинообразный грунт); 3) наличие в грунте воды, способной свободно передвигаться. Отсутствие хотя бы одного из этих факторов исключает возможность развития пучинообразований.

Высота и интенсивность морозного вспучивания зависит от климатических условий местности, гидрологии, гидрогеологии и вида грунтов земляного полотна.

В неблагоприятных грунтовых и гидрологических условиях, по данным проф. Н. А. Пузакова, высота пучения может достигать до 15—20% от глубины промерзания.

Наблюдениями установлено, что наибольшую склонность к пучению обнаруживают в земляном полотне пылеватые грунты.

Мероприятия по устранению причин пучинообразования



ЛЕКЦИЯ 8. ВОДООТВОДЫ НА ДОРОГАХ И ПЕРЕХОДЫ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ

1. Основные типы и конструкции водопропускных сооружений.
2. Расчетные нагрузки и габариты мостов.
3. Расчет параметров малых мостов и труб.

1. Основные типы и конструкции водопропускных сооружений.

На автомобильных дорогах устраивают искусственные (инженерные, водопропускные) сооружения:

мосты, трубы, броды, лотки, фильтрующие дамбы, путепроводы, эстакады, подпорные стенки, переправы, придорожные водоемы.

Наибольшее распространение получили водопропускные сооружения – мосты и трубы, а также лотки и броды. Их устраивают на пересечениях дорогой рек, ручьев и временных водотоков, возникающих после обильных дождей и таяния снега. Как правило, водопропускное сооружение предусматривают на каждом пересечении водотока дорогой, хотя при надлежащем обосновании иногда возможен пропуск двух или нескольких соседних водотоков через одно сооружение.

Устройство водопропускных сооружений при строительстве дорог – первоочередная мера, так как постоянные или временные водотоки обычно являются непреодолимым препятствием для транспорта.

В период паводка на сельскохозяйственных дорогах допускается перерыв движения, поэтому через постоянные водотоки с плотным гравелистым дном и глубиной в межень до 0,3...0,4 м вместо мостов и труб разрешается устраивать броды. На периодически действующих водотоках можно сооружать лотки – укрепления из камня в пределах пересечений дорогой временных водотоков.

Берега водотока, на котором устраивают броды или лотки, должны быть пологими, чтобы без больших затрат можно было сделать спуски с уклоном не более 100 ‰. В пределах брода и лотка дорогу укрепляют камнем, щебнем, гравием. Каждый лоток заменяет мост отверстием 2...4 м и обходится в два-три раза дешевле.

На временных водотоках со сравнительно небольшими расходами воды (до 10 м³/с) при обилии местного камня иногда вместо мостов или труб целесообразно устраивать фильтрующие дамбы. Они представляют собой насыпи из камня и удобны тем, что просты по устройству, не требуют от рабочих высокой квалификации и их можно выполнять без затрат дефицитных фондовых материалов (цемента, стали).

Путепроводы сооружают при пересечениях автомобильных и железных дорог, трамвайных путей и улиц в разных уровнях.

Виадуки устраивают для проезда через глубокие ущелья, овраги и другие естественные препятствия. В отличие от эстакад, которые, как правило, имеют опоры одинаковой высоты и сооружаются вместо высоких насыпей или дамб, опоры виадуков имеют разную высоту. Эстакады обычно применяют в тех слу-

чаях, когда дорога пересекает населенные пункты, чтобы не создавать помех для местного движения и не занимать ценных земель. Эти сооружения более характерны для дорог высоких категорий.

Подпорные стенки делают обычно в горных местностях, на крутых косогорах, для обеспечения устойчивости земляного полотна и уменьшения объемов земляных и скальных работ.

При пересечении сельскохозяйственными дорогами больших водных преград капитальных мостов не делают, так как это экономически нецелесообразно. В этом случае устраивают паромные и ледяные переправы, а также затопляемые и наплавные мосты с затопляемыми на период паводка подходами.

Паромная переправа состоит из парома и причальных устройств. Паром – это курсирующее между берегами плоскодонное судно или устроенный на плоскодонных беспалубных лодках (плашкоутах), плот, используемый для перевозки людей, животных, различных грузов, техники. Перемещается паром путем буксировки катером или моторной лодкой, а также с помощью собственного двигателя. При ширине водотока до 200 м паром может передвигаться вдоль протянутого между берегами троса за счет мускульной силы находящихся на пароме людей или с помощью двигателя.

При скорости течения воды в реке более 1 м/с паром может двигаться за счет энергии течения. Для этого с помощью тросов паром укрепляют под некоторым углом к направлению течения, в результате чего возникает боковое давление воды, которое и перемещает паром поперек реки. Это так называемый паром-самолет. Конструктивно схема парома-самолета может осуществляться с продольным или с поперечным канатом.

Паромные переправы – дешевое средство преодоления водных преград, однако непрерывность движения по дороге в отдельные периоды года (во время ледохода, шугохода) нарушается. Кроме того, паромная переправа работает циклично, и транспорту приходится ожидать на берегу очередного рейса, что снижает среднюю скорость движения по дороге и ее пропускную способность. Поэтому при большой интенсивности движения встает вопрос о целесообразности строительства вместо паромной переправы мостового перехода, что должно обосновываться технико-экономическими расчетами.

Опорами пролетных строений **наплавных мостов** служат понтоны, баржи, плоты, плашкоуты. Подходы к такому мосту выполняют в виде эстакад на свайных опорах. Для пропуска судов в плавучей части моста предусматривают специальные разводные пролеты. Наплавные мосты могут быть деревянными, металлическими и комбинированными. В последние годы широко применяют плавучие опоры из железобетона. Наплавные мосты разводятся по графику, согласованному с речным пароходством.

К зиме наплавные мосты убирают в затоны, а движение между берегами осуществляется по льду. Для этого устраивают ледовые переправы. Как показывает опыт, по льду при достаточной его толщине могут проходить транспортные средства практически любой массы. Толщина льда для прохода одиночных людей должна быть не менее 5 см; для проезда конного транспорта — 16; для автомобилей ЗИЛ-35, МАЗ-60, КРАЗ-70 см; для 12-т тракторов — 35, для 16-т — 40 см; для автопоездов на базе ЗИЛ-50 см. Расстояния между точ-

ками приложения нагрузок должны быть при прохождении одиночных людей не менее 2 м, при движении конных подвод—13 м и автомобилей 20...30 м.

На поверхности переправы должен быть слой снега толщиной не менее 10 см, чтобы предохранить лед от повреждения транспортом. Для проверки толщины и состояния льда по сторонам дороги через каждые 20... 25 м должны быть сделаны лунки.

ТКП 45-3.03-232-2011 (02250) МОСТЫ И ТРУБЫ Строительные нормы проектирования

4. Классификация мостов и труб

4.1. Мосты классифицируют по типам на:

- мосты;
- эстакады;
- путепроводы;
- виадуки;
- биопереходы.

4.2. Мосты классифицируют по назначению на:

- железнодорожные;
- автодорожные;
- городские;
- пешеходные;
- специальные;
- совмещенные.

4.3. Мосты классифицируют по материалам пролетных строений на:

- бетонные;
- железобетонные;
- металлические;
- сталежелезобетонные;
- деревянные;
- каменные.

4.4. Мосты классифицируют по параметрам:

- по длине:
 - малые — длиной до 25 м включ.;
 - средние — длиной св. 25 м до 100 м включ.;
 - большие — длиной св. 100 м; автодорожные и городские мосты длиной менее 100 м, но пролетами св. 60 м.

Длину мостов принимают по внешним граням береговых устоев, включая открылки необсыпных устоев. Длину переходных плит в длину моста не включают. Ширину мостов принимают по наружным граням мостового полотна (карнизов, тротуаров и др.);

- по числу пролетов:
 - однопролетные;
 - многопролетные.

4.5. Мосты классифицируют по статической схеме на:

- балочные разрезные;
- балочные неразрезные;
- арочные;
- висячие;
- вантовые с балкой жесткости;
- рамные;
- комбинированные и др.

4.6. Трубы классифицируют по:

- числу отверстий (одноочковые и многоочковые);
- виду поперечного сечения (прямоугольные, круглые, овальные);
- материалам (железобетонные, металлические);
- назначению (для пропуска водного потока, дороги, животных).

Основными видами водопропускных сооружений (около 85 % общего их числа) на автомобильных дорогах являются трубы.

Труба — это искусственное сооружение, устраиваемое в нижней части насыпи дороги для пропуска сравнительно небольших расходов воды (до 6... 10 м³) постоянных или периодически действующих водотоков. Практика показывает, что при небольших расходах устройство труб дешевле, чем возведение малых мостов. Трубы удобнее в эксплуатации, так как позволяют сохранить непрерывность земляного полотна и покрытия, что повышает скорость и безопасность движения.

Основное техническое требование, кроме пропуска воды, предъявляемое к трубам и мостам, — обеспечение в течение всего срока их службы безопасного и бесперебойного движения транспорта.

Трубы и мосты желательнее возводить капитального типа (железобетонные, каменные, бетонные). В лесных районах на дорогах IV и V категорий их можно строить из дерева. На дорогах общей сети деревянные трубы не применяют, так как дерево под насыпями быстро гнивает. Их иногда устраивают только на внутрихозяйственных дорогах лесных районов.

Технические условия разрешают располагать трубы и мосты на любых сочетаниях профиля и плана трассы в пределах соответствующих нормативов проектируемой дороги. Однако продольный уклон деревянных настилов мостов при продольной укладке досок должен быть не более 20 %, а при поперечной — не более 30 %.

В поперечном сечении трубы могут быть круглыми, прямоугольными, треугольными, трапецидальными, эллиптическими и овальными. Наиболее распространены круглые трубы. Отверстия круглых труб принимают стандартных диаметров: 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5 и 2,0 м — в зависимости от пропускаемого расхода воды.

Труба (рис. 32) состоит из входного и выходного оголовков и отдельных звеньев, изготавливаемых на заводе железобетонных конструкций. Оголовки и звенья покоятся на бетонных фундаментах. Иногда их укладывают также на фундамент из уплотненного грунтощебня или глинобетона. Для уменьшения просачивания воды стыки (швы) между элементами трубы заделывают гидро-

изоляционными материалами, например просмоленной паклей; снаружи покрывают слоями рубероида на битуме, а изнутри затирают цементным раствором. Предварительно все звенья с наружной стороны, а также элементы оголовков со стороны грунта покрывают битумом, чтобы предотвратить разрушение бетона агрессивными грунтовыми водами.

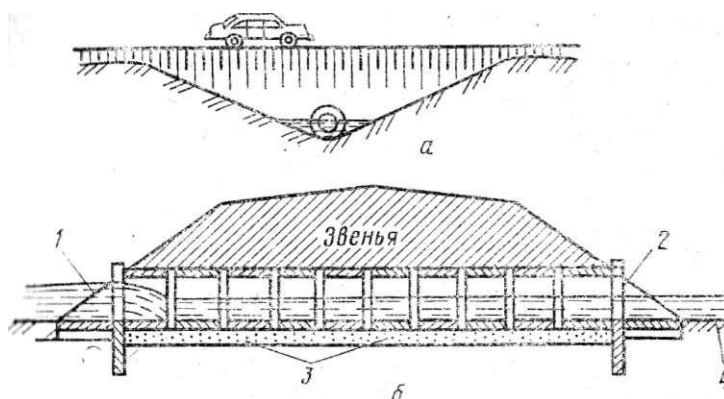


Рисунок 1. Дорожная труба:

a - общий вид; *б* — продольный разрез; 1 — входной оголовок; 2 — выходной оголовок; 3 — уплотненный грунт или подушка из грунтощебня; 4 — укрепление русла.

Конструкции труб принимают по типовым проектам. Для упрощения организации работ стараются обходиться наименьшим числом диаметров звеньев, поэтому для пропуска расходов различной величины применяют одно-, двух- или трехчковые трубы. Используют также оцинкованные металлические гофрированные трубы, которые примерно на 20 % экономичнее железобетонных.

Мосты могут быть самых различных конструкций: балочные однопролетные (рис. 2, *a*); арочные (рис. 2, *б*); рамные (рис. 2, *в*); висячие (рис. 2, *г*); балочные многопролетные (рис. 2, *д*) и др.

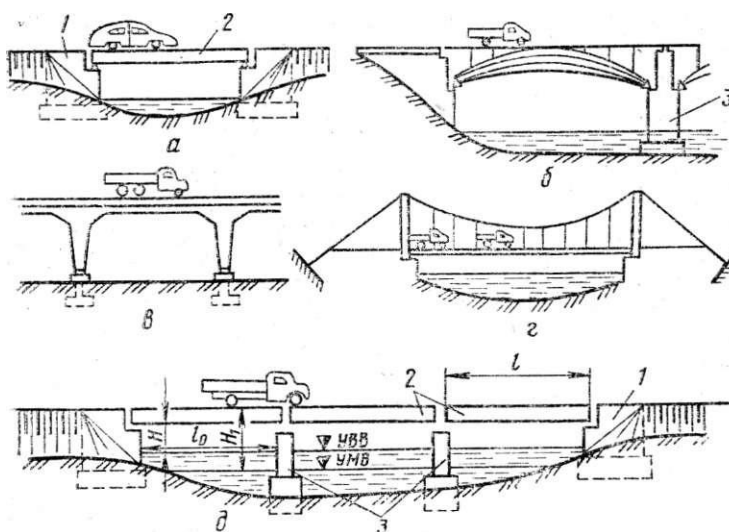


Рисунок 2. Мосты:

a — балочный однопролетный; *б* — арочный; *в* — рамный; *г* — висячий; *д* — балочный многопролетный; 1 — устои; 2 — пролетные строения; 3 — быки.

На сельскохозяйственных дорогах наибольшее распространение получили балочные мосты как наиболее простые по конструкции и в изготовлении. Балочный мост (см. рис. 2, а и д) состоит из одного или нескольких пролетных строений 2, поддерживающих проезжую часть дороги. Пролетные строения опираются на устои 1 и быки 3. Устои — это массивные береговые опоры, а быки — промежуточные. Следовательно, у однопролетного моста быков нет.

Расстояние l между точками опоры пролетного строения **называют расчетным пролетом**, а расстояние l_0 между внутренними гранями опор — пролетом в свету (см. рис. 2, д).

Суммарная ширина пролетов в свету $\sum l_0$, равная свободной ширине зеркала воды под мостом на уровне высоких вод (УВВ), называется **отверстием моста**. Типовые размеры отверстий — 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14 и 20 м.

Расстояние h от самой нижней точки пролетного строения до поверхности проезжей части — **строительная высота пролетного строения моста**. Расстояние H_i от поверхности проезжей части моста до уровня самых низких (меженных) вод — высота моста.

Длина моста (L) — это расстояние между внешними гранями устоев, измеренное по верху моста. Она зависит от его высоты, конструкции и равна

$$L = B + nd + 2mH + 0,5,$$

где B — типовое отверстие моста; n — число опор моста; d — ширина опор (или диаметр свай при свайных опорах), м; m — коэффициент заложения откосов конусов моста; H — свободная высота моста, м, — расстояние от УВВ до низа пролетного строения (должна быть не менее 0,5 м).

В мостах высотой 2...3 м вместо конусов можно устраивать вертикальные заборные стенки. В этом случае в приведенной формуле член $2 m H_m$ выпадает, а для однопролетного моста выпадает также член nd .

Мосты условно разделяют на малые — длиной до 25 м; средние — 25...100 м и большие — длиннее 100 м,

На сельскохозяйственных дорогах, в районах, где лес служит местным строительным материалом, подавляющее большинство мостов строят из дерева. Простейшие деревянные мосты — это однопролетные балочные с отверстием 2,5...3 м. Пролетное строение такого моста представляет собой ряд прогонов — бревен диаметром до 24 см, опирающихся на уложенные по берегам водотока деревянные бревна-лежни.

По прогонам укладывают из бревен меньшего диаметра поперечины, поверх которых располагают сплошной настил из толстых досок или распиленных по длине пополам бревен. Настил образует проезжую часть моста. С обеих сторон проезжей части укладывают прижимные брусья толщиной 16... 18 см, которые крепят к прогонам длинными заершенными гвоздями. С обеих сторон моста можно устраивать тротуары с перилами.

Чтобы предотвратить просадку лежней, на которые опираются прогоны, грунтовое основание под ними тщательно утрамбовывают, добавляя слой щебня или гравия толщиной до 0,5 м.

Деревянные мосты пролетом свыше 2,5...3 м устраивают с более надежными береговыми опорами и примыканиями к насыпям. В этом случае каждая такая опора состоит из ряда забитых в землю бревен-свай. При ширине моста 4,5

м в каждой опоре должно быть не менее четырех свай. Все сваи сверху соединяют с помощью шипов насадкой, на которую опираются прогоны. Схемы деревянного балочного моста показана на рис. 34. В последние годы получили распространение деревянные мосты из клеевых конструкций, которые изготавливают на заводе, а к месту работ доставляют в виде готовых блоков. Благодаря упрочняющему влиянию клеевых швов и рассредоточению дефектов материала древесина в клееных блоках становится прочнее, чем в обычных деревянных конструкциях. Поэтому клеевые конструкции более легкие и долговечные, гарантийный срок их службы 40...50 лет.

Железобетонные мосты долговечны и отличаются повышенной капитальностью. На сельских дорогах обычно строят балочные мосты из монолитного и сборного железобетона. Монолитные мосты целиком бетонируют, а сборные собирают из готовых элементов заводского изготовления на месте работ.

Каменные мосты устраивают из природного камня, бетонных блоков, кирпича и других искусственных материалов достаточной прочности. По конструкции это обычно прочные мосты, они могут служить очень долго, не требуя ремонта. Недостаток каменных мостов — необходимость устройства сложных подмостьев — кружал для возведения арки и большие затраты ручного труда.

Бетонные мосты — разновидность каменных мостов, в которых свод выполнен из монолитного бетона. По сравнению с каменными их можно возводить, применяя механизированные средства для укладки бетона, что повышает производительность труда и сокращает сроки строительства.

2. Расчетные нагрузки и габариты мостов.

Габариты и расчетные нагрузки мостов. Мосты и трубы должны гарантировать пропуск автомобилей, тракторов и различных сельскохозяйственных машин. Для этого они должны иметь определенные размеры в поперечном измерении, определяемые габаритом.

Габаритом моста принято называть контур па его поперечном разрезе, ограничивающий пространство, свободное от каких-либо конструкций и предназначенное для безопасного движения транспорта.

Согласно ТКП, на дорогах IV и V категорий мосты должны иметь габариты соответственно Г-8 и Г-6,5. Это значит, что ширина их проезжей части между бордюрами или колосоотбойными брусками должна быть равна соответственно 8 и 6,5 м.

ТКП 45-3.03-19-2006 (02250) АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ Нормы проектирования

9 ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

9.1 Расположение мостов, путепроводов, эстакад на автомобильных дорогах не должно вносить резких и неожиданных для водителей изменений в направлении дороги. Параметры мостов, путепроводов, эстакад должны обес-

печивать единообразие условий движения по дороге.

9.2 Расположение мостов через судоходные реки следует согласовывать с Министерством по чрезвычайным ситуациям.

9.3 Сброс воды с мостового полотна путепроводов и эстакад должен производиться за пределы верха земляного полотна и откосов автомобильных и железных дорог, проходящих под сооружениями. Вода с проезжей части и обочин подходов не должна быть допущена на мостовое полотно сооружений.

9.4 При отсутствии на подходах пешеходной дорожки, связанной с тротуаром на мосту или путепроводе, следует обеспечивать доступ пешеходов с тротуара на обочину дороги.

9.5 При расположении мостовых сооружений на кривых в плане проезжая часть должна быть уширена в соответствии с таблицей 8. Проезжую часть мостовых сооружений на автомобильных дорогах I-а, I-б, I-в, II и III категорий допускается уширять за счет полосы безопасности. При этом ширина полосы безопасности должна быть не менее 1 м.

9.6 Габариты мостовых сооружений по ширине следует принимать по таблице 31.

9.7 При расположении опор путепроводов на разделительной полосе минимальное расстояние между опорой и кромкой проезжей части следует принимать с учетом конструкции ограждения опоры.

Таблица 1 В метрах

Категория дороги	Число полос движения	Габарит мостовых сооружений Г	Ширина	
			правой полосы безопасности (П)	проезжей части (В)
I-а	6	13,75 + С + 13,75	2,5	2х11,25
I-а	4	10 + С + 10	2,5	2х7,5
I-б, I-в	6	12,5 + С + 12,5	2,0	2х10,5
I-б, I-в	4	9 + С + 9	2,0	2х7,0
II	2	11	2,0	7,0
III	2	10	1,5	7,0
IV	2	8	1,0	6,0
V	2	6,5	0,5	5,5

Примечания

1 Для автомобильных дорог I-а, I-б, I-в категорий указаны габариты по ширине при отсутствии ограждений на разделительной полосе. При наличии ограждений или при отдельных пролетных строениях под каждое направление движения габариты каждого сооружения, м, следует устанавливать по формуле

$$Г = П + В + Л,$$

где В – ширина проезжей части, м;

П – ширина правой по ходу движения полосы безопасности, м;

Л – то же, левой.

Значения В и П приведены в таблице, значение Л следует принимать в соответствии с участком дороги на подходах к сооружению, но не более 2 м.

2 Ширину разделительной полосы С, м, следует принимать равной ширине разделительной полосы на подходах. На мостовых сооружениях длиной св. 100 м при соответствующем обосновании ширину разделительной полосы допускается уменьшать, но принимать не менее чем 2 м плюс ширина ограждения.

3 Полосы безопасности меньшей ширины при соответствующем обосновании допускается принимать для мостовых сооружений длиной св. 100 м на автомобильных дорогах I-а, I-б, I-в, II и III категорий и длиной св. 50 м – на дорогах IV категории при условиях:

– мосты расположены на расстоянии более 100 км от Минска и более 50 км – от других городов, а расчетная интенсивность движения транспортных средств снижается в 2 раза и более по сравнению с пригородными участками;

– в случаях расположения мостов и путепроводов на участках дорог с уменьшенной шириной обочины; – при реконструкции;

– при наличии дополнительной полосы для подъема, переходно-скоростной полосы (со стороны этих по-

лос).

В каждом из перечисленных случаев ширина полосы безопасности должна быть не менее 1 м на автомобильных дорогах I-а, I-б, I-в, II и III категорий и 0,75 м – на дорогах IV категории.

9.8 При отсутствии промежуточных опор со стороны бровки обочины пересекаемой дороги расстояние от бровки до передней грани необсыпных устоев или до конуса насыпи при обсыпных устоях путепроводов и пешеходных мостов должно быть не менее значений, указанных в таблице 2.

Таблица 2 В метрах

Категория пересекаемой дороги	Расстояние от бровки до устоя (конуса), не менее				
	пешеходных мостов	путепроводов с числом полос движения			
		2	4	6	8
I-а, I-б, I-в, II, III	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
IV	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
V	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

9.9 Боковые поверхности промежуточных опор (со стороны дороги) следует располагать за бровкой обочины пересекаемой дороги на расстоянии не менее 2 м для дорог I-а, I-б, I-в, II и III категорий, 0,5 м – для дорог IV и V категорий.

9.10 Габариты искусственных сооружений по высоте над автомобильными дорогами общего пользования всех классов следует принимать не менее 5 м. Габариты искусственных сооружений для пропуска под дорогой автомобильных дорог необщего пользования и скотопрогонов, при отсутствии специальных требований (например, для дорог промышленных предприятий), следует принимать не менее указанных в таблице 3.

Таблица 3 В метрах

Назначение сооружения	Габарит искусственных сооружений, не менее	
	по ширине	по высоте
Для дорог VI-а, VI-б категорий и необщего пользования	8	5
Для скотопрогонов	5	2,5

9.11 Прочие габариты приближения конструкций мостовых сооружений следует принимать в соответствии с требованиями [СНиП 2.05.03](#).

9.12 Мосты, путепроводы, виадуки, эстакады и трубы на дорогах следует проектировать в соответствии с требованиями [СНиП 2.05.03](#).

Габариты искусственных сооружений для пропуска полевых дорог и скотопрогонов (при отсутствии специальных требований заинтересованных организаций) принимают соответственно: ширину 6 и 4 м, высоты 4,5 и 2,5 м.

При расчете несущих конструкций мостов и дорожных труб на прочность учитывают все возможные нагрузки и воздействия: собственную массу, массу движущегося транспорта, динамические нагрузки, давление грунта, воды, ветра, льда и др.

3. Расчет параметров малых мостов и труб.

Размер труб и малых мостов назначают по гидравлическому расчету. Без расчета можно устраивать малые мосты пролетом 2...3 м, через каждые 1...2 км, если дорогу прокладывают по заболоченной местности.

Параметры малых водопропускных сооружений определяют до проектирования дороги в продольном профиле. К основным видам водопропускных сооружений дорог местного значения относят малые мосты и трубы.

Данные сооружения устраивают в местах пересечения автомобильной дороги с малыми реками и ручьями, периодически действующими водотоками, оврагами или балками, по которым происходит поверхностный сток воды после выпадения осадков и снеготаяния.

Для расчета параметров водопропускных сооружений определяется объем водостока. С этой целью на топографической карте устанавливают границу и площадь (F , км²) водосбора. Граница водосборного бассейна проходит по водоразделу и ограничивается проектируемой дорогой. Площадь бассейна стока определяют по карте графическим или механическим способом.

Уклон главного лога (i_l) находится по следующей формуле:

$$i_l = \frac{H_6 - H_0}{L_l}, \quad (1)$$

где H_6 – отметка самой удаленной от сооружения точки водораздела по тальвегу, м;

H_0 – отметка дна водотока у водопропускного сооружения, м;

L_l – расстояние между отметками по тальвегу, м.

Условия поверхностного стока характеризуют уклоны поперечных склонов поймы водотока (i_1 и i_2) в створе сооружения. Определяются уклоны отрезков поймы, примыкающие с обеих сторон к водотоку (рис. 3).

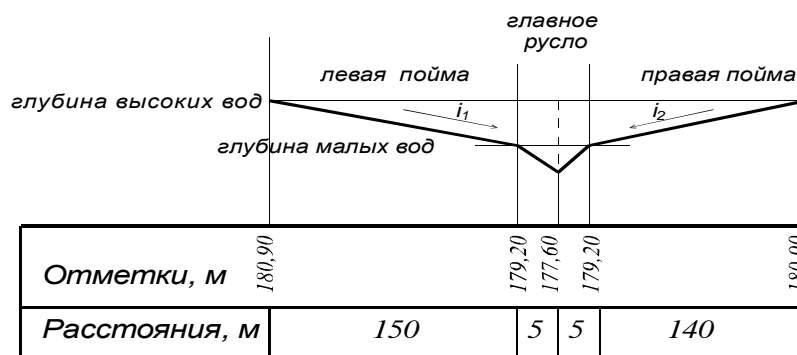


Рисунок 3. Поперечное сечение лога русла реки в месте пересечения трассой дороги.

Продольный уклон тальвега (i_o) у сооружения определяют по формуле (рис. 3)

$$i_o = \frac{H_{200} - H_{100}}{L}, \quad (2)$$

где H_{200} – отметка точки, расположенной выше на 200 м от сооружения выше по течению водотока, м;

H_{100} – отметка точки, расположенной на 100 м ниже сооружения по течению водотока, м;

L – расстояние между отметками по водотоку, м.

Отметки точек и расстояния снимаются с топографического плана.

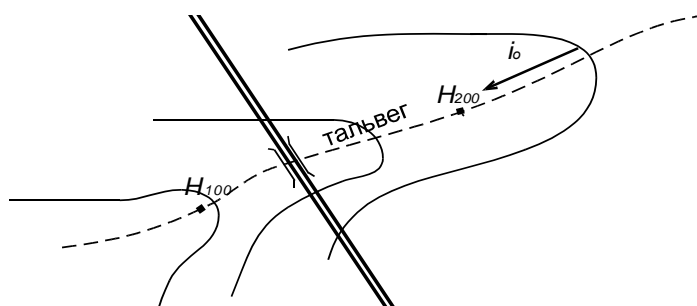


Рисунок 3. Схема к определению продольного уклона тальвега.

Расчет объема ливневого и полного стоков, расхода воды. Выбор типа водопропускного сооружения

Размеры и конструкция водопропускных сооружений зависят от величины расчетного расхода воды в пересекаемом водотоке, наличия местных строительных материалов и других факторов.

Для условий Республики Беларусь максимальный расход воды по малым бассейнам (с площадью водосбора до 100 км²) происходит, как правило, в результате ливневого стока.

Максимальный расход ливневых вод определяется по упрощенному методу, разработанному под руководством профессора Е. В. Болдакова:

$$Q_l = \Psi(h - z)^m F^n k \delta, \quad (3)$$

где Q_l – максимальный расход ливневых вод, м³/с;

Ψ – морфологический коэффициент, зависящий от уклона главного лога i_l , который установлен по формуле 1 (табл. 1);

h – слой ливневого стока, который доходит до сооружения, мм (табл. 2);

z – величина потерь ливневого стока на смачивание растительности, заполнения впадин микрорельефа (табл. 3), мм;

F – площадь водосборного бассейна, км²;

k – коэффициент, учитывающий шероховатость лога (m_l) и склонов (m_c), (табл. 4, 5, 6);

δ – коэффициент, учитывающий озерность и заболоченность бассейна (табл. 7);

m и n – степенные показатели, $m \approx 1,5$, $n \approx 0,67$.

Таблица 1. Значения морфологического коэффициента Ψ в зависимости от уклона главного лога i_l

i_l , тыс	Ψ	i_l , тыс	Ψ	i_l , тыс	Ψ	i_l , тыс	Ψ
2	0,015	11	0,030	20	0,035	50	0,043
3	0,020	12	0,031	22	0,036	60	0,045
4	0,022	13	0,031	24	0,037	70	0,047
5	0,024	14	0,032	26	0,037	80	0,049

6	0,026	15	0,032	28	0,038	90	0,051
7	0,027	16	0,033	30	0,038	100	0,053
8	0,028	17	0,033	35	0,040	110	0,055
9	0,029	18	0,034	40	0,041	120	0,056
10	0,030	19	0,034	45	0,042	130	0,057

Т а б л и ц а 2. Величина слоя ливневого стока h в зависимости от грунтов (при времени стока $t=30$ мин)

Грунты бассейна	Слой ливневого стока (h , мм) при вероятности паводка, %		
	4	3	2
Глины, глинистые грунты	37	35	39
Суглинки, суглинистые черноземы, болотные почвы	30	30	36
Чернозем, карбонатные почвы, задернованная супесь	17	17	25
Супеси, сероземы песчаные и супесчаные	3	9	12
Пески, гравий, рыхлые почвы	-	-	-

Т а б л и ц а 3. Величина слоя потерь z на смачивание растительности и др.

Характер растительности бассейна	Величина слоя потерь (z), мм
Густая трава, редкий кустарник	5
Средний лес, кустарник	10
Густой лес	15
Растительность отсутствует	0

Т а б л и ц а 4. Коэффициент гидравлической шероховатости русла m_d

Характеристика русла реки	Шероховатость русла (m_d)
Ровное земляное ложе	25
Извилистое заросшее ложе	20
Сильно заросшее русло	15

Т а б л и ц а 5. Коэффициент гидравлической шероховатости склонов m_c

Характеристика поверхности склонов	Растительный покров		
	отсутствует или редкий	средний	густой
Укатанная спланированная поверхность	50	30	20

Поверхность, хорошо обработанная вспашкой; не вспаханная, без кочек; в населенном пункте с застройкой менее 20 %	30	20	10
Поверхность грубо обработанная, кочковатая; в населенных местах с застройкой более 20%	20	10	5

Таблица 6. Коэффициент k , учитывающий шероховатость лога и склонов бассейна

Шероховатость русла (мл)	Шероховатость склонов (мс)					
	50	30	20	15	10	5
25	2,2	1,7	1,4	1,2	1,1	0,75
20	1,9	1,6	1,4	1,2	1,0	0,7
15	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,65
10	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,6

Таблица 7. Коэффициент δ , учитывающий озерность и заболоченность

Заболоченность бассейна, %	Озерность бассейна, %					
	0	2	6	10	15	20 и более
0	1,00	0,79	0,59	0,48	0,38	0,32
3	0,95	0,77	0,58	0,47	0,38	0,31
10	0,87	0,72	0,56	0,45	0,37	0,30
30	0,71	0,62	0,50	0,41	0,34	0,28
60	0,58	0,52	0,43	0,36	0,30	0,26
100	0,47	0,43	0,36	0,31	0,25	0,21

Расход, вычисленный по формуле (3), не должен превышать объема полного стока (Q_{nc}):

$$Q_{nc} = 0,56(h - z) F, \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (4)$$

Определив максимально возможный расход воды, выбирают тип водопропускного сооружения. Правильный выбор типа позволяет снизить стоимость строительства дороги.

При проектировании малых сооружений следует отдавать предпочтение трубам. Они не ухудшают условия движения автомобилей, так как могут размещаться при любых сочетаниях пересечения местности и дороги. Трубы не требуют изменения дорожного покрытия, не стесняют проезжую часть и обочины.

Мосты проектируют при пересечении постоянных водотоков, имеющих постоянный расход в зимнее время; при большом расходе воды по тальвегу, для пропуска которого требуется устройство многоочковых труб; при пе-

ресечении узких и глубоких тальвегов, в которых при незначительном расходе воды требуется устройство высоких насыпей; при пересечении оросительных и осушительных каналов.

Кроме этого при выборе сооружения учитывают его водопропускную способность, долговечность работы, стоимость и сроки строительства, наличие необходимых ресурсов.

После установления типа сооружения, приступают к гидротехническим расчетам.

Определение модуля расхода воды и геометрической характеристики створа водотока. Расчет бытовой глубины, ширины потока поверху, площади живого сечения и средней скорости течения

При установлении параметров малого моста или трубы предварительно определяют модуль расхода воды и геометрическую характеристику створа. Упрощенный расчет выполняют в следующем порядке. Устанавливают модуль расхода воды (K) по формуле

$$K = \frac{Q_n}{\sqrt{i_o}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5)$$

где Q_n – расчетный расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

i_o – продольный уклон тальвега у сооружения, тыс. Определяют как частное от деления разности отметок на 200 м выше и 100 м ниже сооружения по течению водотока на расстояние между ними (2).

Определяют геометрическую характеристику створа (I) по формуле

$$I = \frac{1}{i_1} + \frac{1}{i_2}, \quad (6)$$

где i_1, i_2 – уклоны склонов поперечного сечения лога в месте его пересечения с дорогой.

Далее устанавливают бытовые условия протекания водного потока. Для этого рассчитывают бытовую глубину (h_o) и среднюю скорость течения (v) потока воды в месте пересечения дороги с водотоком.

Бытовую глубину потока в месте пересечения водотока дорогой определяют по формуле

$$h_o = m \sqrt[3]{\frac{K}{I}}, \quad (7)$$

где m – параметр, учитывающий состояние русла водотока (табл. 8);

Т а б л и ц а 8. Значения параметра m

Характеристика русла реки	Параметр m
---------------------------	--------------

Чистые, прямые, незасоренные русла	0,42
Частично заросшие слабоизвилистые русла	0,46
Засоренные, заросшие и извилистые русла	0,49
Сильно засоренные и заросшие извилистые русла	0,60

Затем рассчитывают ширину потока по верху (x), площадь живого сечения потока (ω_{σ}) и среднюю скорость течения (v_{cp}) по следующим формулам

$$x = h_{\sigma} I, \text{ м}; \quad (8)$$

$$\omega_{\sigma} = \frac{1}{2} h_{\sigma}^2 I, \text{ м}^2; \quad (9)$$

$$v_{cp} = \frac{Q_{\lambda}}{\omega_{\sigma}}, \text{ м/с} \quad (10)$$

Расчет отверстия, высоты и длины моста

Величину отверстия моста устанавливают в зависимости от режима протекания потока воды под ним, который вследствие стеснения потока дамбами может происходить по схемам свободного или несвободного истечения.

Определение схемы производят путем сравнения бытовой глубины несвободного потока (h_{σ}) с критической глубиной потока (h_{κ}) в подмостовом русле:

$$h_{\kappa} \approx 0,1v_{\sigma}^2, \text{ м}, \quad (11)$$

где v_{σ} – допустимая скорость протекания воды под мостом при критической глубине, принятая в зависимости от рода грунта или укрепления подмостового русла. В данных расчетах v_{σ} принимается равной средней скорости течения v_{cp} .

При $h_{\sigma} \geq 1,3h_{\kappa}$ истечение потока воды будет несвободное (затопленный водослив). Тогда отверстие моста (B) определяют по формуле

$$B = \frac{Q_{\lambda}}{\varepsilon h_{\sigma} v_{\sigma}}, \quad (12)$$

где B – отверстие моста (длина просвета под мостом между береговыми устоями на уровне поверхности воды), м;

ε – коэффициент сжатия потока воды у входа в сооружение (0,80 – 0,90).

Полученное значение отверстия округляют до ближайшего типового (2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 20 м).

При $h_{\sigma} \leq 1,3h_{\kappa}$ истечение потока воды свободное (незатопленный водослив). Величину отверстия моста при протекании воды по схеме незатопленного водослива устанавливают по формуле

$$B = \frac{Q_{\lambda} g}{\varepsilon v_{\sigma}^3}, \quad (13)$$

где g – ускорение свободного падения (9,81 м/с²).

Высоту моста (H_M) рассчитывают по формуле

$$H_m = H + p + k, \text{ м}, \quad (14)$$

где H – подпор воды у входа в сооружение, рассчитываемый по формуле

$$H = h_0 + \frac{v_0^2}{15}, \quad (15)$$

здесь p – просвет между подпором воды и низом пролетного строения (не менее 0,5 м, а на водотоках с ледоходом – не менее 1 м);

k – конструктивная высота пролетного строения (устанавливается по типовому проекту в зависимости от размеров и конструкции моста), 0,9 – 1,5 м.

Длину моста (L) определяют по формуле

$$L = B + nd + 2mH + 0,5, \quad (16)$$

где n – количество промежуточных опор моста, зависящее от величины B , принимается по типовому проекту. В малых мостах опоры устраивают через 6, 12 и 18 м;

d – толщина опор, 0,3 – 0,5 м;

m – коэффициент заложения откосов конусов насыпи на стыке с мостом, 1:1 – 1:1,5.

Расчетную высоту моста можно увеличить, если это необходимо по условиям рельефа местности (узкая пойма, крутые спуски, глубокие выемки). При изменении расчетной высоты моста необходимо уточнить его длину по формуле (16).

Расчет параметров трубы

Параметры трубы рассчитывают при их устройстве на временных водотоках при площади водосбора более 0,5 км². При меньшей площади водосбора ее диаметр принимают без расчета равным 1 м.

При расчетном расходе воды менее 0,4 м³/с принимают трубу диаметром 0,5 м при ее длине до 10 м; 0,75 – при длине менее 15 м и диаметром 1,0 м при длине 15 – 20 м.

Отверстия водопропускных дорожных труб рассчитывают на пропуск расходов воды с вероятностью превышения паводка на дорогах II–III категорий равной 1:50 (2%-ная обеспеченность), IV–V категорий – 1:33 (3%-ная обеспеченность), на сельских дорогах – 1:25 (4%-ная обеспеченность).

Установление типа необходимых труб начинают с назначения режима протекания в них воды (безнапорный, полунапорный, напорный).

Трубы с безнапорным режимом работы проектируют при пологих склонах водотоков, когда повышение уровня воды перед трубой может привести к затоплению сельскохозяйственных земель, населенных пунктов и т. п.

Отверстия безнапорных прямоугольных труб рассчитывают по формулам (12, 13).

Диаметр круглой безнапорной трубы определяют по формуле

$$d = \sqrt[3]{\frac{1}{2} Q_i^2}. \quad (17)$$

Диаметр круглой безнапорной трубы можно установить по табл. 9.

Таблица 9. Диаметр круглых безнапорных труб

Q_n , $м^3/с$	Диаметр трубы (d), м							
	1,0		1,25		1,5		2,0	
	Глубина потока (H , м) у входа в трубу и скорость течения (v , $м^3/с$)							
	H	v	H	v	H	v	H	v
1,0	0,93	2,40	0,77	2,2	0,78	1,9	0,73	1,8
2,0	1,30	3,30	1,13	2,7	1,15	2,3	1,05	2,2
3,0			1,86	3,8	1,46	3,3	1,30	2,4
4,0					1,75	3,8	1,53	2,7
5,0					2,38	4,6	1,55	3,3
6,0					3,00	5,5	1,73	3,5

Рассчитанный диаметр трубы округляют до типового – 1; 1,25; 1,5; 2 м.

Трубы с напорным режимом работы проектируют на водотоках с крутыми склонами, при образовании пруда и подпора воды у входа в нее.

Диаметр круглой трубы с напорным режимом протекания потока воды устанавливают по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4Q_n}{\pi v_{max}}}, \quad (18)$$

где v_{max} – наибольшая допустимая скорость в трубе, м/с.

$\pi \approx 3,14$.

Отверстия труб определяют в зависимости от их пропускной способности. В приложении приведены пропускные способности круглых труб типовых диаметров (d), величина подпоров (H) (глубин воды) перед сооружением и скорости протекания воды в сооружении (v). Параметры H и v устанавливают по формулам (10) и (15). Приведенные типы оголовков труб (необтекаемые – I тип и обтекаемые – II тип) выбирают исходя из диаметра труб: при $d = 0,5–0,75$ – порталные, при $d = 1,0$ м и более – раструбные, воротниковые или обтекаемые оголовки.

При расходе воды более $15 м^3/с$ экономически целесообразнее проектировать прямоугольные трубы или мосты.

Минимальную отметку бровки насыпи над трубой (контрольную отметку) при безнапорном режиме ее работы рассчитывают по формуле

$$H_{бр} = H_m + d_{mp} + \delta + \Delta. \quad (19)$$

При напорном и полунпорном режимах работы трубы:

$$H_{бр} = H_m + H_{нз} + 1,0. \quad (20)$$

где H_m – отметка тальвега у входа в сооружение, м;

d_{mp} – диаметр трубы, м;

δ – толщина стенки трубы (0,10 – 0,20 м);

Δ – минимальная толщина земляной насыпи над трубой (0,5–0,6 м).
Длину трубы определяют по формуле

$$L_{np} = B + 2mh. \quad (21)$$

где B – ширина земляного полотна по верху, м;
 m – коэффициент заложения откосов насыпи;
 h – высота насыпи в месте заложения трубы, м.

В целом высота насыпи должна быть не менее 0,5 м для безнапорных труб и не менее 1 м над уровнем воды для полунанпорных и напорных труб.

После выполнения всех необходимых расчетов на продольном профиле условными обозначениями показывают запроектированные водопропускные сооружения и их основные параметры (диаметр и длина труб, длина мостов, их пикетажное значение). Высоту моста откладывают от дна водотока, длину – по его ширине.

ЛЕКЦИЯ 9. ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

1. Конструктивные элементы, типы дорожных одежд и требования предъявляемые к ним.
2. Конструкции дорожных одежд низших типов.
3. Конструкции дорожных одежд переходного типа.
4. Конструкции дорожных одежд усовершенствованного и капитального типов.
5. Краткие сведения о дорожно-строительных материалах.

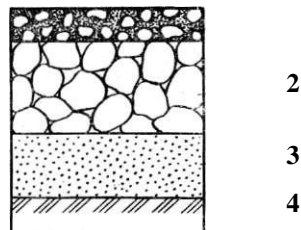
1. Конструктивные элементы, типы дорожных одежд и требования предъявляемые к ним.

Дорожной одеждой принято называть укрепленную поверхность земляного полотна дороги в пределах проезжей части, по которой непосредственно движется транспорт.

Дорожную одежду устраивают для создания прочной и ровной поверхности, делающей возможной движение транспорта с расчетной скоростью. Она воспринимает сосредоточенные нагрузки от колес автомобилей и распределяет их по площади земляного полотна, и результате чего в нем возникают сравнительно малые напряжения и деформации, что способствует прочности и устойчивости дороги.

Одежда – обычно самая дорогостоящая часть дороги, в среднем она составляет для дорог IV категории примерно 25...60 % общей строительной стоимости, а для V категории—20...60 %.

Экономически целесообразно выполнять дорожную одежду в виде нескольких конструктивных слоев из каменных материалов различной прочности. Различают три основных слоя (рис. 39).



Конструктивные слои дорожной одежды:

1 — покрытие; 2 — основание; 3 — дополнительный (выравнивающий) слой основания; 4 — подстилающий грунт (поверхность зем ляного полотна)

Покрытие - верхняя часть одежды, воспринимающая усилия от колес автомобилей и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов;

Оно может состоять из верхнего, периодически возобновляемого в процессе эксплуатации слоя износа и основного слоя, назначение которого — усилить связь покрытия с основанием. Покрытие определяет важнейшие эксплуатационные качества дороги: ее работоспособность, т.е. число автомобилей, которое может пройти по ней и период между ее ремонтами, ровность, интенсивность и скорость движения.

Основание – часть одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на нижележащие дополнительные слои или грунт земляного полотна.

Дополнительные слои основания (подстилающий, или выравнивающий, слой) – слои между основанием и грунтом земляного полотна. Дополнительные слои основания выполняют морозозащитную, дренажную и теплоизолирующую функции.

Между покрытием и основанием при необходимости укладывают выравнивающий слой из обработанных вяжущими зернистых материалов, который в качестве конструктивного слоя одежды не рассматривается и в расчетах не учитывается.

Дорожные одежды сооружают на земляном полотне, верхняя часть которого носит название рабочего слоя.

Цель конструирования дорожной одежды - выбрать материалы, определить количество слоев и их размещение по глубине. При этом необходимо:

- предусматривать при необходимости максимальное использование местных строительных материалов;
- стремиться к уменьшению количества слоев;
- предусматривать проезд построечного транспорта по основанию;
- обеспечивать соответствие конструкции дорожной одежды технологии ее строительства и наибольшую механизацию работ;
- учитывать категорию дороги, состав транспортного потока, интенсивность движения, напряженное состояние и механизм деформирования отдельных слоев и конструктивных элементов;
- устанавливать срок службы покрытия и всей дорожной одежды до капитального ремонта;

- учитывать природно-климатические и гидрогеологические условия местности (включая возведение высоких насыпей);
- предусматривать условия и возможность дальнейшего поэтапного усиления, уширения и повышения капитальности автомобильной дороги.

Ниже приведены значения наименьшей толщины конструктивных слоев покрытий дорожной одежды из различных материалов в уплотненном состоянии (СНиП П-Д-5—72), см:

Покрытия	Т о л щ и н а, см
Асфальтобетонные	5...7
Щебеночные и гравийные, обработанные органическими вяжущими материалами (черные)	8
Щебеночные и гравийные, не обработанные вяжущими материалами (белые)	10...15
Мостовые из камня	15...20
Грунтовые, улучшенные скелетными добавками, и грунтовые из оптимальной смеси	20...30.

Во всех случаях толщина конструктивного слоя должна несколько превышать полуторный размер наиболее крупной фракции применяемого в слое минерального материала.

Толщину основания и выравнивающего слоя основания принимают в пределах 15...20 см.

Одежды дорог низких технических категорий, в том числе и сельскохозяйственных, могут состоять всего из одного слоя, например грунтовые, улучшенные каменными материалами, или из двух слоев, например мостовые на песчаном основании. Следовательно, разделение дорожной одежды на конструктивные слои в известной степени условно, хотя одежды дорог высоких категорий всегда делают многослойными.

К дорожным одеждам предъявляют ряд **технических и санитарно-гигиенических требований**:

- обеспечение безопасного проезда в любое время года;
- прочность, долговечность и устойчивость к воздействию атмосферных факторов (температуры, влажности и т. д.);
- ровность покрытия, чтобы возможно было движение с высокими скоростями, и шероховатость — для хорошего сцепления с шинами;
- низкая стоимость строительства, возможность использования местных дорожно-строительных материалов, а также устройства, ремонта и содержания механизированным способом;
- отсутствие пыления, возможность легко удалять пыль и грязь с поверхности; бесшумное движение и др.

В поперечном сечении дорожные одежды устраивают серповидного, полукорытного и корытного профилей (рис. 1).

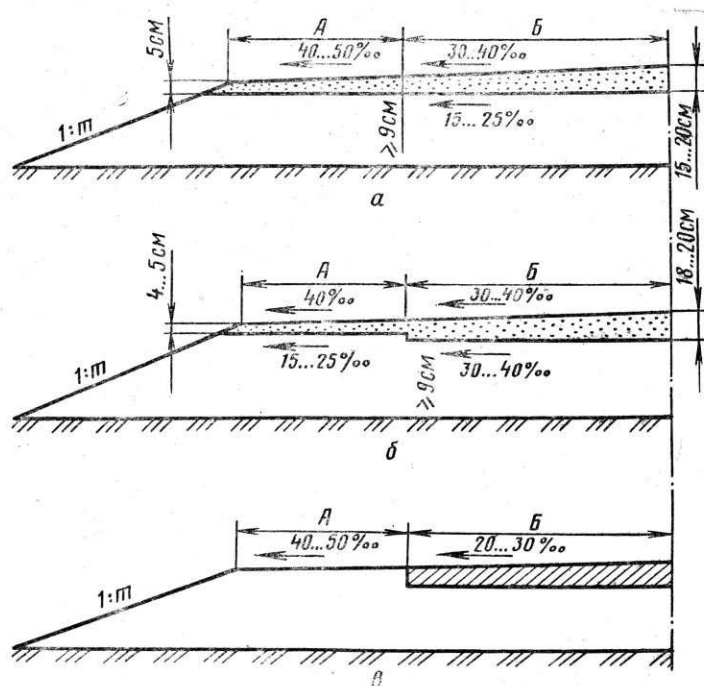


Рисунок 1. Поперечные профили дорожной одежды

Серповидный профиль (рис. 1, а) применяют на дорогах низких категорий, в том числе сельскохозяйственных. В этом случае укрепляют всю поверхность земляного полотна, включая обочины. Это облегчает отвод воды, разъезд и обгон автомобилей в сырую погоду при узкой (однополосной) проезжей части. Наибольшей толщины одежду делают по оси дороги, а к бровкам уменьшают до 5 см. Для устройства покрытий серповидного профиля используют местные материалы: гравий, ракушку, укрепленные различными добавками грунты и др.

Полукорытный профиль (рис. 1, б) характеризуется устройством утолщенного покрытия в пределах проезжей части; обочины укрепляют более тонким слоем. По сравнению с серповидным полукорытный профиль требует меньше материалов, но сложнее в исполнении.

При **корытном профиле** (рис. 1, в) дорожную одежду любой требуемой толщины устраивают только в пределах проезжей части. Так как обочины остаются неукрепленными, возможно занесение на покрытие грязи. Недостатки полукорытного и корытного профилей заключаются также в затрудненном отводе проникшей в корыто воды. Покрытия корытного профиля применяют обычно на дорогах высоких категорий.

Прочная и долговечная дорожная одежда любой конструкции может быть создана только на правильно выполненном земляном полотне. Как показывает опыт, никакое утолщение одежды, построенной на слабом грунтовом основании, не сможет обеспечить ее прочность.

Дорожные одежды классифицируют по типу поверхностного слоя – покрытия. Разделение основных типов покрытий (согласно СНиП) приведено ниже:

Тип дорожных покрытий	Наименование покрытия
Низшие	Грунтовые, укрепленные различными местными материалами (гравием, щебнем, дресвой и пр.)
Переходные	Мостовые из булыжного или колотого камня; грунтовые, укрепленные вяжущими; щебеночные, гравийные, шлаковые
Усовершенствованные: облегченные	Грунтовые, обработанные в установке битумом (грунтоасфальтовые); щебеночные и гравийные, обработанные органическими вяжущими (черные шоссе)
Капитальные	Мозаиковые и брусчатые мостовые на каменном или бетонном основании; из прочных щебеночных материалов подобранного состава, обработанных в смесителе органическими вяжущими; асфальтобетонные; цементобетонные

Тип покрытия и конструкцию одежд сельскохозяйственных дорог назначают в соответствии с типовыми решениями путем сопоставления возможных вариантов с учетом режима и интенсивности движения, наличия местных дорожно-строительных материалов, их качества, грунтовых и климатических условий, а также опыта эксплуатации дорог в районе строительства.

2. Конструкции дорожных одежд низших типов.

К низшим типам относят покрытия из местных грунтов (грунтовые), а также грунтовые, улучшенные местными материалами – песком, щебнем, гравием, шлаком, ракушкой, глиной и др. Покрытия низших типов возможны при малой интенсивности движения, в основном на дорогах V технической категории при среднегодовой интенсивности менее 100 автомобилей в сутки. Такие вяжущие материалы, как цемент, битум, деготь, эмульсии, для строительства дорог с покрытиями низших типов не используют.

Транспортно-эксплуатационные качества дорог с покрытиями низших типов невысоки: в сухое время года они пылят, а в период распутицы труднопроезжаемы или совсем непроезжаемы. Поэтому такие покрытия применяют на дорогах, где возможен временный перерыв движения в период осенней или весенней распутицы.

Грунтовые естественные дороги. Это наименее благоустроенные дороги, так как они не имеют правильного поперечного профиля и представляют собой наезженную полосу земли без водоотвода и боковых канав. Проезд по таким дорогам зависит от качества грунтов и возможен только в сухую погоду. Исключение составляют дороги, проходящие по песчаным грунтам, проезд по которым во влажные периоды легче, чем в сухое время года. Лучшие грунты для естественных дорог — легкие суглинки и супеси, которые обладают свойствами оптимальной грунтовой смеси. Это необходимо иметь в виду при размещении грунтовых дорог в процессе составления проекта землеустройства.

Для поддержания естественной грунтовой дороги в проезжем состоянии ее на отдельных участках приходится укреплять каменными материалами, делать

канавы и мостики, выполнять профилирование (устройство выпуклого поперечного профиля) и другие мероприятия.

Грунтовые профилированные дороги. Дороги этого типа устраивают на местных грунтах путем придания поверхности земляного полотна выпуклого двускатного поперечного профиля. Грунт берут из боковых водоотводных канав треугольного или трапецеидального профиля. Глубина канав зависит от ширины земляного полотна дороги и высоты насыпи, которая обычно находится в пределах 0,3...0,8 м. Выпуклый поперечный профиль – профилирование – выполняют специальными дорожными машинами – прицепными грейдерами, автогрейдером или бульдозерами.

Поверхности проезжей части профилированных грунтовых дорог придают поперечные уклоны 30...40‰ с увеличением до 50...60‰ в пределах обочин, которые различают лишь условно, так как они состоят из того же грунта, что и проезжая часть. Для глинистых и суглинистых грунтов принимают меньший поперечный уклон во избежание заноса автомобилей.

Чтобы возможен был съезд на прилегающие поля, внутренние и наружные откосы боковых канав делают пологими (1 : 3...1 : 5).

Строительство ведут в следующем порядке:

подготавливают трассу (выполняют разбивку оси дороги, бровок земляного полотна и ширины выемок под боковые канавы); очищают дорожную полосу от кустарника и мелколесья бульдозерами, кусторезами, корчевателями; удаляют с полосы почвенный слой толщиной 0,2 м во временные боковые отвалы; разрыхляют твердый грунт рыхлителем на ширину боковых канав, чтобы облегчить снятие грунтовой стружки грейдером (на мягких грунтах разрыхления не требуется) на подходах к водопропускным дорожным сооружениям и в пределах переувлажненных участков местности; с помощью бульдозера, скреперов или грейдеров возводят насыпь требуемой высоты; прицепным грейдером или автогрейдером выполняют профилировочные работы для создания поперечного профиля грунтовой дороги и устраивают боковые канавы;

выглаживают поверхность спрофилированного полотна утюгами и уплотняют его катками, вначале гладкими, легкими и тяжелыми, а затем, при необходимости, кулачковыми (для уплотнения малосвязных грунтов целесообразно применять катки на пневматических шинах).

Грунтовые профилированные дороги требуют систематического ухода за поверхностью земляного полотна и боковых канав.

Движение по профилированным дорогам из связных грунтов (как и по естественным грунтовым) возможно только в сухое время года. При увлажнении они становятся скользкими, транспорт буксует, образуются колеи, и движение может прекратиться. Поэтому после дождя и во влажные периоды такие дороги целесообразно закрывать, особенно на участках с глинистыми грунтами. Нельзя допускать просыхания грунтовой дороги при наличии колеи, образованных грейдерами и дорожными утюгами, пока дорога еще находится во влажном состоянии; открывать движение следует только после просыхания полотна.

По сравнению с естественными дорогами профилированные просыхают быстрее и дольше находятся в пригодном для проезда состоянии.

Большой недостаток грунтовых дорог — интенсивное образование в сухое время года пыли, которая ограничивает видимость и, оседая на прилегающих полях, снижает урожайность и качество сельскохозяйственной продукции.

В местах примыкания к дорогам с твердым покрытием грунтовые дороги на участке не менее 25 м должны быть укреплены, чтобы уменьшалось загрязнение проезжей части.

Дороги с покрытием из грунтов оптимального состава. Чтобы улучшить условия движения во влажные периоды года, покрытия рекомендуется выполнять из грунтов оптимального гранулометрического состава. Это наиболее простой тип покрытия. В таком грунте песчаные, пылеватые и глинистые частицы находятся в рациональном соотношении, что обеспечивает наибольшую плотность и прочность смеси. Процентное соотношение частиц различной крупности определяют в лаборатории. Ориентировочно можно считать, что в оптимальной смеси должно быть 7...14% глинистых частиц, 15...35% пылеватых и не менее 55 % песчаных. Грунт оптимального состава устойчив к размоканию, быстро просыхает, трудно поддается колееобразованию и хорошо укатывается автомобильными шинами. На его свойства оказывают влияние не только размеры частиц и соотношение фракций, но и содержание гумуса, солей и коллоидных частиц в составе глинистой фракции.

При составлении оптимальной грунтовой смеси учитывают также местные климатические условия. Так, во влажных районах требуется повышенное содержание песчаных частиц, а в засушливых — глинистых. В районах избыточного увлажнения для улучшения прочностных качеств песчано-глинистых смесей целесообразно добавлять в верхние слои 15...20 % гравия крупностью 2... 20 мм, металлургических шлаков или каменной мелочи.

Природные грунты лишь в редких случаях обладают оптимальным гранулометрическим составом. Ближе всего к оптимальным приближаются естественные супесчаные грунты. Но обычно оптимальный состав создают искусственным путем.

В практике дорожного строительства при составлении оптимальных песчано-глинистых смесей глинистые и пылеватые грунты обычно улучшают путем добавления песка. Следует иметь в виду, что избыток глинистых фракций приводит к быстрому размоканию покрытия с образованием слоя грязи и глубоких колея. При избытке песчаных и пылеватых частиц и при недостатке глинистых на дороге, наоборот, образуется толстый рыхлый слой пылеватого песка, который также затрудняет движение. Поэтому указанное выше соотношение фракций следует строго выдерживать.

Таким образом, покрытия из грунтов оптимального состава можно устраивать одним из следующих способов: проложением трассы дороги по местности с супесчаными грунтами, близкими по свойствам к оптимальным; с помощью привозного супесчаного природного грунта; доведением верхних слоев земляного полотна до оптимального состава путем добавления материала соответствующих фракций.

В зависимости от толщины покрытие из оптимального грунта может быть серповидного или полукорытного профиля. При толщине 12... 15 см устраива-

ют серповидный профиль, а при 15...20 см – полукорытный (чтобы уменьшить количество оптимального грунта на укрепление обочин).

Работы по устройству грунтовой профилированной дороги с покрытием из оптимальной смеси выполняют в определенной технологической последовательности:

профилируют автогрейдером или прицепным грейдером поверхность земляного полотна с приданием ему поперечного уклона 30...40 ‰;

поверхность дорожного полотна разрыхляют дисковыми боронами или фрезами на всю глубину слоя, под лежащего смешиванию с добавками. Для этого требуется от 5 до 15 проходов машины по одному слою. Толщина улучшаемого слоя грунта должна быть 15...20 см по оси дороги и 12... 15 см у кромок проезжей части;

доставляют автосамосвалами в требуемом количестве добавки, которые разгружают по оси дороги или на обочине;

путем нескольких проходов грейдера распределяют добавки с перемещением валика от оси к обочинам;

перемешивают добавки с грунтом дисковыми боронами, фрезами или грейдерами за 3...4 прохода по следу;

профилируют и выглаживают поверхность грейдером до проектных очертаний;

уплотняют поверхность дороги последовательными проходами катков.

Устроенная таким способом дорога требует регулярного ухода: систематической утюжки от краев к середине и временами дополнительной доставки добавок.

Покрытия из грунтов, укрепленных скелетными добавками. Чтобы улучшить проезд по грунтовым дорогам, грунт покрытия улучшают так называемыми **скелетными добавками** – различными, местными каменными материалами или отходами промышленности: песком, гравием, ракушкой, дресвой, жерстью, отходами известняковых карьеров, металлургическими топочными шлаками, горелой породой из терриконов шахт и др. Скелетными добавками целесообразно улучшать глинистые и черноземные грунты. Песчаные грунты улучшают суглинком, разложившимся торфом или обрабатывают глинистым раствором. Добавление перечисленных материалов экономически оправдано, если их стоимость низка и они находятся вблизи строящейся дороги.

Если в качестве добавки к связным грунтам применяют щебень или гравий, получают соответственно грунтощебеночное или грунтогравийное покрытие с довольно высокими эксплуатационными показателями. При этом щебень или гравий составляет скелетную (несущую) часть одежды, а грунты заполняют пустоты, повышая плотность и водонепроницаемость покрытия.

Покрытие грунтовых дорог обычно улучшают по всей ширине поверхности земляного полотна. При этом должно быть обеспечено хорошее перемешивание, тщательное профилирование и уплотнение материалов. Толщину дорожной одежды из грунтов, улучшенных скелетными добавками, назначают в зависимости от вида грунта и дорожно-климатической зоны района строительства.

Одежду из грунтов, улучшенных скелетными добавками, обычно устраивают серповидного, реже полукорытного профиля. Технология работ следую-

щая: добавки разравнивают по уплотненной поверхности земляного полотна слоем 4...5 см и укатывают путем нескольких проходов легкого (5...6 т) катка. При необходимости поверхность увлажняют, чтобы скелетный материал легче проник в грунт. В процессе этих работ движение по дороге не прекращают, что также способствует уплотнению покрытия. Спустя некоторое время таким же способом вводят следующий 4...5-см слой добавок. Это так называемый *способ постепенного насыщения*.

Создавать покрытия с добавкой скелетных материалов можно также в один прием. Для этого все количество улучшающих добавок распределяют по предварительно разрыхленной поверхности земляного полотна, смесь тщательно перемешивают при необходимости увлажняя ее, разравнивают, создают требуемый профиль и укатывают. Для хорошего перемешивания разрыхленный слой не должен превышать 20...22 см.

Улучшенные скелетными добавками грунтовые дороги хорошо сохраняют профиль, обеспечивают интенсивность движения 100 и более автомобилей в сутки, характеризуются низкими затратами на строительство, но требуют систематического и тщательного текущего ремонта и ухода.

3. Конструкции дорожных одежд переходного типа.

Покрывтия переходного типа – как бы переходное звено от покрытий низшего типа к усовершенствованным, в которых они служат основанием.

Покрывтия из камня. Мостовые из булыжного или колотого камня представляют собой покрытие из отдельных камней, плотно уложенных на песчаном, дресвяном, шлаковом или другом основании. Для такой мостовой применяют естественный камень (булыжник) толщиной 15...20 см или колотый таких же размеров. Для мощения городских дорог (улиц) используют также камень правильной геометрической формы (шашку), устраивая брусчатые или мозаичные мостовые. Если последние укладывают на прочном бетонном или каменном основании, то они относятся уже к усовершенствованным капитальным покрытиям.

Булыжная мостовая – прочное и долговечное (до капитального ремонта не менее 20 лет) покрытие, допускающее высокую интенсивность движения (до 1000 автомобилей в сутки). Однако ее существенный недостаток – трудоемкость строительства (камень кладут вручную) и неровность поверхности, что ограничивает скорость движения.

На песчаных и гравелистых грунтах булыжные мостовые устраивают без специального основания. Во всех остальных случаях необходимо песчаное основание толщиной 15...20 см.

Так как мостовая – покрытие водопроницаемое, для отвода просочившейся воды примерно через каждые 5 м по длине дороги делают дренажные воронки-канавки шириной 30...40 см, проходящие под обочиной от корыта крупнозернистым песком и щебнем). Чтобы просочившаяся в корыто через дорожное покрытие вода стекала в кюветы, дну воронки придают уклон 20...30 ‰ в сторону откоса.

Устройство дренажных воронок — очень трудоемкая операция, поэтому для упрощения работ песчаный слой обычно укладывают по всей ширине дороги на спланированную в сторону кюветов поверхность земляного полотна, мостят, а затем подсыпают обочины из местного грунта.

На 1000 м³ мостовой из булыжного или колотого камня при толщине 14...18 см требуется материала, м³: камня колотого или булыжного — 151 ..200; щебня (10... 20 мм) — 10,9...15,3; (3...10 мм) — 5,1 — 10,2 и песка — 21.

Булыжные мостовые устраивают в районах, где нет условий для создания покрытий более дешевых и совершенных конструкций, т. е. там, где имеется камень, квалифицированные рабочие-мостовщики и нет дорожно-строительных машин. Кроме того, мостовые при соответствующем обосновании применяют на участках высоких насыпей и в других местах, где возможны осадки земляного полотна, а также в местах движения машин на гусеничном ходу.

Грунтовые покрытия, укрепленные вяжущими. Такие покрытия устраивают главным образом на дорогах IV и V категорий. В качестве вяжущего используют органические (битумы, дегти) и минеральные (цемент, известь) материалы.

Дегти и каменноугольные смолы содержат вредные для здоровья примеси, поэтому в пределах жилых районов их используют только для нижних слоев дорожных одежд.

Чаще всего в качестве вяжущего применяют нефтяные битумы, которые хорошо склеивают частицы грунта, что уменьшает его восприимчивость к воде, т. е. повышает его водостойчивость и несущую способность.

При обработке грунтов битумом или дегтем в специальной установке подогретый грунт смешивают с горячим битумом или дегтем, укладывают горячую смесь на дорогу, а затем уплотняют ее катками.

Другой, более простой и доступный способ заключается в том, что грунт смешивают с битумом или дегтем, подогретым до 80...90 °С, непосредственно на дороге с помощью дорожных фрез, дисковых борон или грейдеров. Однако этот способ в последние годы применяют все реже, так как он не обеспечивает получения однородной смеси.

Для обработки битумом пригодны все грунты, кроме сильно засоленных. Наиболее качественными получаются покрытия при обработке супесей и суглинков. Чем больше в грунтах песчаных и супесчаных частиц, тем меньше требуется битума. На устройство 1000 м² такого покрытия требуется улучшаемого грунта (супесчаного или суглинистого) 88 м³ и жидкого вяжущего 13,6...16,5 т.

Покрытия из грунтов, укрепленных вяжущими, допускают интенсивность движения до 500 автомобилей в сутки. Поверхность их получается ровной, все работы полностью механизированы.

Гравийные и щебеночные покрытия. Покрытия этого типа бывают серповидного, корытного и полукорытного профиля с толщиной слоя щебня или гравия по оси дороги 15...25 см, а у бровок — не менее 5 см. Наиболее качественными получаются покрытия, состав смеси которых подобран из частиц разной крупности с тем, чтобы после его уплотнения было наименьшее количество пустот. При толщине покрытия до 18 см его делают однослойным серпо-

видного профиля, а при большей толщине гравий укладывают в два слоя и применяют полукорытный профиль. Поверхность проезжей части этих покрытий устраивают с поперечным уклоном 20...35 %, а обочин – 45...55 %.

Устройство щебеночного покрытия начинают с установки вдоль кромок проезжей части упоров (бордюров) из досок, закрепленных колышками. После этого самоходным распределителем отсыпают слой крупного щебня требуемой толщины (16...18 см). После проверки шаблоном правильности поперечного профиля и ровности распределенного щебня по всей ширине проезжей части его укатывают вначале легкими (5...6 т), затем средними (7...10 т) и под конец тяжелыми (11...15 т) самоходными катками. Число проходов по одному следу катка каждого типа — от 7 до 25. Укатку начинают с края проезжей части (от кромок), обжимая во время первых проходов бордюрный камень. После уплотнения крупного щебня рассыпают более мелкий материал — клинец и высевки. Для достижения большей плотности покрытие поливают водой и вновь укатывают тяжелыми катками.

Показатель полного уплотнения — отсутствие перемещения щебня под вальцами катка и следов от него на поверхности покрытия. На полностью уплотненном покрытии щебенки раздавливаются катком, но не проникают в глубь покрытия.

На устройство 1000 м² щебеночного покрытия при толщине 15 см требуется, м³: щебня крупностью 25... 70 мм —193,5; 10...20 мм—11,5; 3...10 мм—7,5 и высевок—15,8. При изменении толщины покрытия на 1 см объем требуемого количества щебня изменяется на 12,9 м³.

В летнее время гравийно-щебеночные покрытия пересыхают и пылят, поэтому их периодически поливают водой.

Вместо гравия и щебня можно применять другие местные материалы — шлак, дресву и др. Гравийно-щебеночные покрытия выдерживают интенсивность движения до 500 автомобилей в сутки.

4. Конструкции дорожных одежд усовершенствованного и капитального типов.

Усовершенствованные облегченные покрытия делают из щебеночных и гравийных материалов, обработанных органическими вяжущими, из холодного асфальтобетона; из грунта, обработанного в установке вязкими битумами. Их рекомендуется создавать поэтапно (стадийно): на первой стадии делают покрытие переходного типа, а на второй (с увеличением движения) — усовершенствованное, используя существующее в качестве основания.

Усовершенствованные покрытия экономически целесообразно устраивать на дорогах с интенсивностью движения более 200 автомобилей в сутки. Различают два способа устройства покрытия: обработка гравийного и щебеночного слоев путем смешения на дороге и способ пропитки. При первом способе покрытие создают в такой последовательности. На спрофилированное прочное и чистое основание рассыпают гравий или щебень требуемых фракций; в несколько приемов разливают вяжущее. После каждого разлива смесь перемешивают грейдерами. После 5...6-кратного перемешивания смесь разравнивают

грейдерами или фрезой и придают покрытию проектный профиль; уплотняют покрытия вначале легкими, а затем тяжелыми катками с подсыпкой каменной мелочи для создания слоя износа.

При устройстве покрытий методом пропитки жидкое вяжущее разливают в два или три приема по уплотненному щебеночному или гравийному слою, имеющему крупные поры. Затем рассыпают клинец и каменную мелочь, укатывают их, и получается монолитное покрытие толщиной 5...8 см.

Обработанные органическими вяжущими гравийные или щебеночные покрытия имеют черный цвет, поэтому их называют черными в отличие от светлых, необработанных, которые называют белыми. Черные покрытия имеют ровную поверхность, водонепроницаемы и допускают интенсивность движения до 1000 и более автомобилей в сутки.

Усовершенствованные капитальные покрытия. К капитальным усовершенствованным дорожным одеждам относятся покрытия, бетонируемые на месте строительства, — асфальтобетонные и цементобетонные; сборные — из железобетонных плит заводского изготовления; брусчатые и мозаичные мостовые на бетонном основании. Они допускают самую высокую интенсивность движения, и их устраивают на дорогах высоких категорий.

Асфальтобетонные покрытия получают путем укладки на уплотненном основании подготовленной в установке горячей или теплой смеси из щебня, песка, минерального порошка и битума, подобранных в нужной пропорции. Уложенную смесь укатывают вначале легкими, а затем тяжелыми катками (5...7 и 10... 12 т). После уплотнения и остывания получается монолит — асфальтобетон с ровной шероховатой поверхностью, на которой возможны самые высокие скорости движения.

Цементобетонные покрытия устраивают на дорогах I и II категорий, а при соответствующем технико-экономическом обосновании и на дорогах III категории. Действующие СНиП рекомендуют устройство цементобетонных покрытий на дорогах с интенсивностью движения более 250 автомобилей и автопоездов в сутки с нагрузкой на ось более 10 т.

Цементобетон — это затвердевшая смесь из щебня, гравия, песка и цемента. Затвердевание происходит после перемешивания перечисленных материалов в бетономешалке и добавления к смеси воды. Приготовленный бетон на автосамосвалах доставляют к месту строительства, укладывают в корыто дороги специальными машинами, уплотняют плоскими вибраторами, разравнивают до проектного профиля и отделывают. Толщина таких покрытий 16...24 см.

На сельскохозяйственных дорогах усовершенствованные капитальные покрытия не применяют из-за их высокой стоимости.

5. Краткие сведения о дорожно-строительных материалах.

При строительстве автомобильных дорог применяют разнообразные строительные материалы, которые по происхождению и особенностям переработки могут быть разделены на две основные группы: природные и искусственные.

Природные строительные материалы подразделяются на грунты, гравий и гравийные смеси, песок, камень булыжный, различные местные материалы

(дресва, жерства, ракушка, конкреции, тырса, мел и т. д.) К искусственным относят щебень, каменные порошки, колотый камень, брусчатку, каменное литье, изделия в виде плит для покрытия дорог и тротуаров, бортовых камней и деталей для дорожных ограждений и знаков. Кроме того, для приготовления бетонов и стабилизации грунтов используют органические и неорганические (минеральные) вяжущие материалы (битумы, дегти, эмульсии, различные цементы, известь и т. д.).

Грунты. Грунты – основной дорожно-строительный материал, продукт длительного процесса разрушения горных каменных пород под воздействием воды, теплоты, холода и ветра. Из них возводят земляное полотно, служащее основанием для дорожной одежды. От свойств грунта зависит прочность земляного полотна и дорожной одежды, а также сооружений на дороге.

Свойства грунтов во многом определяются крупностью их частиц, которые могут быть глинистыми (менее 0,005 мм), пылеватыми (0,005...0,050) и песчаными (0,06...2 мм). Встречающиеся в природе грунты обычно представляют собой смесь песчаных, пылеватых и глинистых частиц. Свойства грунтов зависят также от содержания в них органических веществ, количества и химического состава растворенных солей, влажности и плотности. Влажность определяется отношением массы воды, содержащейся в грунте, к массе сухого грунта в том же объеме. Плотность характеризуется отношением массы грунта к его объему и выражается в килограммах на кубический метр или в тоннах на кубический метр. Наибольшая несущая способность грунта достигается его уплотнением до максимальной плотности при оптимальной влажности.

В зависимости от процентного содержания глинистых частиц грунты разделяют на следующие виды:

Грунты	Содержание глинистых частиц, %
Глины	Более 25
Тяжелые суглинки	25...18
Суглинки	18... 12
Супеси	12...3
Пески	Менее 3

Чем больше содержание песчаных частиц и чем они крупнее, тем меньше изменяются свойства грунтов от воздействия влаги и мороза. Песчаные грунты в сухом состоянии пылят, обладают малым сцеплением и труднопроезжаемы. На влажных песчаных грунтах проходимость машин улучшается. Для улучшения свойств к этим грунтам требуется добавление глинистых и суглинистых грунтов.

Лучшие для дорожного строительства супесчаные грунты. При удовлетворительном содержании в сухое время года они образуют ровную поверхность, дорожное полотно легко накатывается автомобилями. В дождливую погоду быстро просыхают, малолипки.

Пылеватые грунты при увлажнении переходят в пльвунное состояние; малосвязны; способны к пучинообразованию; хорошо удерживают влагу и поднимают воду по капиллярам на большую высоту. В сухом состоянии легко истираются и пылят. Могут быть улучшены песком и гравием, желательна с введением вяжущего.

Суглинистые грунты – связные, плохо пропускают воду и медленно просыхают. В сухое время года при правильном содержании дороги хорошо проезжаемы, а после дождя их поверхность становится скользкой. При перенасыщении влагой почти непроезжаемы из-за образования глубоких колеи. Добавление песчаных грунтов значительно улучшает проезжаемость. При надлежащем водоотводе из суглинистых грунтов можно возводить хорошее дорожное полотно.

Глинистые грунты при оптимальной влажности образуют хороший накат, но в пересохшем состоянии трескаются, пылят, а от переувлажнения набухают, полностью теряют несущую способность; очень липки и крайне медленно просыхают; при замерзании увеличиваются в объеме; для возведения земляного полотна непригодны, могут применяться только во внутренней части насыпей.

Перечисленные свойства песчаных и глинистых грунтов используют для образования грунтовых одежд из так называемых оптимальных смесей, которые создаются из взятых в определенных, оптимальных для данных условий соотношениях песчаных и глинистых грунтов.

Внутрихозяйственные дороги (в основном полевые) можно трассировать непосредственно по поверхности земли. В этом случае большое значение имеют свойства почвенного покрова.

Подзолистые почвы распространены в лесной и таежной зонах страны. Характерная особенность этих почв — наличие на глубине 10...25 см белого мучнистого слоя, состоящего из малосвязных пылеватых частиц, быстро впитывающих воду и быстро размокающих. Ниже этого так называемого подзолистого слоя залегает маловодопроницаемый слой из глинистых частиц. Вследствие этого подзолистые почвы склонны к переувлажнению и заболачиванию. Однако липкость их невелика. В сухое время года подзолистые почвы легко истираются и пылят.

Черноземные почвы распространены в степной зоне (Украина, Кубань, Западно-Сибирская низменность). Они темные, отличаются повышенным содержанием гумуса, влагоемки и хорошо водопроницаемы, вследствие чего быстро просыхают, легко уплотняются катками, но во влажном состоянии очень липки, образуют глубокие колеи.

Каштановые и бурые почвы характерны для пустынной и степной зон. Представляют собой, как правило, пылеватые и пылевато-суглинистые грунты, переходящие по мере заглубления в лёсс.

Лёссы — это своеобразные пылевато-суглинистые грунты палевого цвета. В естественном состоянии макропористы, способны держать вертикальные откосы большой высоты, но при увлажнении теряют связность и несущую способность, легко размываются водой. При возведении земляного полотна на лёссах требуется тщательная защита дороги от переувлажнения.

В зонах распространения бурых, каштановых и черноземных почв возможно наличие участков засоленных грунтов — солончаков, солонцов и такыров, в которых содержатся легкорастворимые соли натрия и магния.

Солончаки — почвы, в поверхностном слое которых содержится более 1 % солей, расположены в понижениях рельефа с близким залеганием грунтовых вод, которые, поднимаясь по капиллярам, легко испаряются вследствие сухости

климата, вызывая накопление солей в верхней толще почвогрунта. На солончаках могут произрастать только солеустойчивые растения — галофиты.

Солонцы образуются вследствие выщелачивания солончаков дождевыми водами, поэтому в этих грунтах соли накапливаются в более глубоких слоях, а на поверхности располагается обычно плотный бесструктурный глинистый слой. Во влажном состоянии солонцовый слой набухает и становится непроницаемым для воды.

Такыры — плоские глинистые, лишенные растительности равнины, характерные для пустынь и полупустынь Средней Азии. По всей толще вертикального разреза в небольшом количестве содержат легкорастворимые соли. При увлажнении верхний слой такыров размокает и становится непроезжаем. Весной и летом после дождей такыры покрываются водой, превращаясь во временные мелководные озера.

Пригодность перечисленных засоленных почвогрунтов для использования их при строительстве дорог во многом определяется составом солей и степенью увлажнения. Так, сернокислые соли магния и натрия при увлажнении приводят к увеличению объема и образованию разбухших слоев, что затрудняет проезд по грунтовой дороге как во влажные, так и в сухие периоды года. Грунты, поглощающие комплекс, который насыщен натрием, при увлажнении медленно размокают, становятся скользкими и липкими, очень медленно просыхают, что на длительное время затрудняет по ним проезд.

Каменные материалы. Используемые в сельскохозяйственном дорожном строительстве каменные материалы получают из природных горных пород. Физико-механические свойства этих материалов должны отвечать определенным техническим требованиям. Чаще всего качество каменных материалов определяется такими основными физико-механическими показателями, как прочность, морозостойкость и водопоглощение.

Прочность — это способность материала сопротивляться, не разрушаясь, внешним и внутренним усилиям, возникающим от статических и динамических нагрузок. Она характеризуется пределом прочности при сжатии и выражается в паскалях.

Морозостойкость — способность насыщенного водой материала выдерживать определенное количество циклов замораживания и оттаивания без разрушения. Характеризуется маркой материала по морозостойкости, например Мрз-25 (материал не теряет прочности при 25 циклах замораживания и оттаивания).

Водопоглощение — способность материала впитывать и удерживать воду, что характеризует его пористость, выражается в процентах.

Горные породы, из которых получают каменный материал для дорожного строительства, разделяют на четыре группы: изверженные (граниты, диориты, сиениты, габбро, базальты); известняковые (известняки, доломиты, мраморы); песчаниковые — песчаники из зерен кварца и других минералов, скрепленных различными цементами (известковым, кремнистым, железистым, гипсовым, глинистым); сланцевые (характеризуются слоистым сложением).

Внутри каждой группы горных пород каменные материалы в зависимости от предела прочности подразделяются на пять классов. К первому классу отно-

сят породы с пределом прочности на сжатие в водонасыщенном состоянии свыше 100... 120 МПа, а к пятому — ниже 30 МПа.

Песок – мелкообломочная несцементированная смесь каменных частиц размером 0,05...2 мм, а по некоторым классификациям — до 5 мм. Различают песок мелкозернистый крупностью 0,05...0,25 мм, среднезернистый – 0,25...0,50 мм, крупнозернистый—0,50...1,0 мм и грубозернистый— 1 ...2(5) мм. Лучшими по качеству для дорожных работ признаны крупно- и грубозернистые (гравелистые) пески. В зависимости от происхождения пески могут быть речные, морские, озерные, дюнные и др. По минеральному составу песок может быть кварцевый, известняковый, гипсовый, магнетитовый, ракушечниковый и др.

Песок широко применяют в строительном деле для улучшения дорожных свойств суглинистых грунтов, для приготовления строительных растворов, асфальтобетона и цементобетона, в качестве основания дорожных одежд и сооружений.

Гравий — каменный материал с частицами размером 5...70 мм, получаемый после его отсева из природных гравийных смесей горного, овражного, речного, морского и озерного происхождения.

Щебень в отличие от гравия получают путем дробления камня в камнедробилках. Как и гравий, щебень в зависимости от крупности разделяют на четыре фракции (5...10, 10...20, 20...40, 40...70 мм). Щебень имеет различное происхождение: из изверженных пород (гранитов, сиенитов, диоритов, габбро, базальтов, андезитов, порфиры и др.), метаморфических (мрамор, сланцы, гнейсы и др.) и осадочных пород (доломитов, известняков, песчаников).

К щебню и гравию, используемым в качестве дорожно-строительных материалов, предъявляют определенные требования, зависящие от категории дороги и климатических условий: прочность 100...120 МПа, морозостойкость 15...150 циклов, отсутствие зерен лещадной (пластинчатой) формы, полное отсутствие или наличие не более 2 % глинистых и суглинистых частиц. Щебень, аттестованный по высшей категории качества, должен иметь морозостойкость не ниже 25 циклов.

Бутовый камень представляет собой куски природного камня неправильной формы размером до 50 см. Из бутового камня устраивают фундаменты различных сооружений, подпорные стенки, фильтрующие насыпи и др.

К булыжному камню относят природные камни размером 12...30 см. Камень больших размеров называется валуном.

Колотый камень получают дроблением валунов и скальных пород. Размеры колотого камня примерно такие же, как и булыжного. Булыжный и колотый камень используют для устройства дорожной одежды (булыжный мостовой), укрепления откосов и в качестве заполнителя бетона (бутобетона).

Брусчатка — камни, отесанные в форме прямоугольного параллелепипеда шириной 12... 15 см, длиной 15...25 см и высотой 10... 16 см.

Местные строительные материалы. Дресва — продукт выветривания горных пород, сохранившийся на месте разрушения; представляет собой рыхлую или слабо-сцементированную массу, состоящую из неокатанных остроугольных мелкообломочных зерен.

Жерства — продукт физико-механического и химического выветривания горных пород, перенесенный на некоторое расстояние водой.

Конкреции — каменные образования различной прочности, обычно округлой формы из осадочных горных пород различного состава (конкреции гипса, углекислого кальция, кремния, болотной руды, фосфоритов и др.).

Ракушки — материал морского и речного происхождения, в котором раковины часто находятся в смеси с гравием и песком. В дорожном строительстве чаще всего применяют морскую ракушку — для укрепления грунтов и в качестве нижних слоев оснований дорожных одежд.

Мергель — осадочная порода, состоящая из кальцита, иногда доломита и глинистого материала.

Опоки — кремнистая горная порода, образовавшаяся в результате насыщения глин растворенным кремнеземом.

Песчаники — осадочная горная порода, состоящая из сцементированного песка. Песчаники могут быть кварцевые, глауконитовые, кремнистые, а в зависимости от крупности зерен — мелко-, средне- и крупнозернистые.

Тырса — слабая известняковая порода, встречается главным образом на юге России.

Мел — мягкая белая известковая порода, которую можно укладывать в нижние слои основания дорожных одежд.

Шлаки — отходы металлургической промышленности. В зависимости от химического состава, скорости охлаждения и других факторов могут быть высокой и низкой прочности. В дорожном строительстве применяют также топливные шлаки, образовавшиеся в результате сжигания каменного угля.

Широко используют также различные отходы горной промышленности: вскрышные породы; отходы обогатительных фабрик; горелые породы угольных шахт и др.

Вязущие материалы. Для образования бетонов и укрепления грунтов применяют так называемые вязущие материалы, которые могут быть органического и неорганического происхождения.

К органическим вязущим относят природные и искусственные нефтяные битумы (последние получают путем перегонки сырой нефти, окисления и переработки ее тяжелых фракций); дегти — продукт перегонки твердого топлива и природных битумов; древесные смолы, мазут и тяжелая нефть. Согласно СНиП, запрещается применять каменноугольные дегти и смолы для устройства верхних слоев дорожных одежд участков дорог, проходящих в пределах населенных пунктов, так как они способны при повышенной температуре выделять вредные для здоровья людей вещества.

К неорганическим (минеральным) вязущим относят цементы, гипс и известь. Цементы (портланд, пуццолановый, шлакопортланд, расширяющийся, гидрофобный, быстротвердеющий, пластифицированный и др.) — тонкомолотые порошкообразные смеси минерального происхождения, которые при замешивании с водой (затворении) образуют пластичное тесто, постепенно затвердевающее и переходящее в камнеподобное состояние. В дорожном строительстве наибольшее распространение получил портландцемент — продукт тонкого помола клинкера (клинкер — материал, получаемый путем спекания сырьевой

смеси — глины и углекислого кальция). В зависимости от механической прочности портландцемент выпускается марок 300, 400, 500 и 600. Марки цемента характеризуются прочностью при сжатии образца в 28-дневном возрасте (измеряется в паскалях). Цемент используют для приготовления строительного раствора (смесь песка, цемента и воды), бетона (смесь песка, щебня или гравия и воды) и железобетона (бетон, армированный стальными прутьями). Из бетона и железобетона изготавливают элементы мостов и дорожных труб; покрытия дорожных одежд капитального типа также могут быть выполнены из бетона.

Известь — неорганическое вяжущее, получаемое путем обжига карбонатных пород — известняков, доломитов и т. д. Известь может иметь вид комков (комовая, негашеная); порошка (молотая); пушонки (получают путем гашения водой комовой или молотой извести). При избытке воды в извести образуется известковое тесто.

В дорожном строительстве известь используют для повышения прочности и водостойкости грунтов и изделий из гипса, а также для приготовления раствора.