

Содержание

Введение

1 Построение плана автомобильной дороги

1.1 План трассы

1.2 Камеральное трассирование на топографической карте

1.3 Способы камерального трассирования

1.4 Требования к камеральному трассированию

1.5 Расчет горизонтальных круговых кривых

1.6 Вычисление элементов горизонтальных кривых

1.7 Вычисление пикетажных значений главных точек круговых кривых

1.8 Составление ведомости прямых и кривых

1.9 Переходные кривые

1.10 Расчёт переходной кривой

1.11 Расчет виража

2 Продольный профиль

2.1 Общие положения

2.2 Вертикальные кривые

2.2.1 Вычисление элементов вертикальных кривых

2.2.2 Вычисление пикетажных значений главных точек вертикальных кривых

2.2.3 Вычисление проектных отметок точек на вертикальных кривых

3 Поперечный профиль автомобильной дороги

4 Проектирование земляного полотна

4.1 Общие положения по проектированию

4.2 Расчет объема земляных работ

Заключение

Список использованной литературы

Введение

Автомобильные дороги - капиталоемкие сооружения, поэтому проектирование дорог должно быть направлено на достижение их высоких эксплуатационных качеств при минимуме строительных затрат.

При выборе вариантов проектных решений предпочтение необходимо отдавать таким, где обеспечивается безопасность движения автомобилей с расчетными скоростями, с большим сроком службы земляного полотна, дорожной одежды и искусственных сооружений.

Оптимальным сочетанием элементов плана и профиля дорог, выбором типа покрытий и их надлежащим содержанием обеспечиваются благоприятные условия эксплуатации автомобильного транспорта, при этом сводятся к минимуму дорожно-транспортные происшествия, связанные с дорожными условиями.

Основными разделами курса являются: обоснование требований к элементам трассы дороги и их взаимному сочетанию, проектирование земляного полотна, дорожной одежды, правила проложения трассы дороги на местности, проектирование мостовых переходов и труб, изыскания дорог и составление проектов.

Строительство новых и реконструкция существующих дорог производятся на основе утвержденных технических проектов и смет. Техническим проектом устанавливаются трасса дороги; местоположение, размеры и конструкции всех сооружений. Смета на основе рассчитанного объема работ разных видов и количества необходимых ресурсов определяет стоимость работ.

Правильно составленный проект должен обеспечить:

а) соответствие эксплуатационных показателей дороги заданным;

- б) устойчивость и прочность сооружений дороги;
- в) минимальную стоимость строительства;
- г) осуществление строительства в заданные сроки.

Все решения проекта должны обеспечить максимальную эффективность капиталовложений.

Из этого перечня следует, что составление проекта дороги является весьма сложной комплексной работой, требующей глубокого знания основ проектирования дорог, ряда наук, изучающих природные условия, условия организации строительных работ.

Проектирование дороги включает два рода работ: а) изыскания дороги, которые производятся в полевых условиях на местности, и б) проектирование, которое проводится на основе сделанных изысканий главным образом в камеральной обстановке.

Такое разделение процесса проектирования делается обычно для удобства его изучения и организации. Изыскания и проектирование дороги нельзя считать отдельными процессами. Фактически изыскания являются существенной частью и началом проектирования, поскольку, во-первых, в процессе изысканий решаются на местности такие основные вопросы проекта, как положение трассы в плане и профиле, размещение дорожных сооружений, а во-вторых, изыскания дают материал для разработки проекта.

При проектировании автомобильных дорог существенное внимание необходимо уделять проектированию наружного водоотвода и проектированию малых искусственных сооружений: водопропускных труб и малых мостов. При «правильном» проектировании, т.е. при проектировании, учитывающим все правила, нормы и требования СНиПа, а также при учете климатических, геологических и гидрологических условий можно добиться существенного снижения, как объемов работ, так и сроков строительства, что

в свою очередь приводит к снижению стоимости сооружений.

Для того чтобы отвести поверхностную воду, выпадающую на дорогу в виде осадков и притекающую к ней, придают выпуклое очертание поперечному профилю земляного полотна и дорожной одежды, планируют и укрепляют обочины. Для отвода воды вдоль дороги устраивают боковые водоотводные каналы или используют для этого резервы у дорожных насыпей; устраивают нагорные каналы, перехватывающие воду, которая стекает по склонам местности к дороге.

Для обеспечения стока воды с покрытия поперечный уклон проезжей части, направленный от середины к обочинам, должен быть тем больше, чем меньше ровность поверхности покрытия, так как вода, испытывая сопротивление стеканию, может застаиваться в неровностях поверхности и просачиваться в покрытие.

В случае когда грунтовые воды залегают высоко, а построить насыпь такой большой высоты, чтобы исключить капиллярное смачивание низа дорожной одежды, не представляется возможным, прибегают к понижению грунтовых вод, устраивая для этого дренажи. Дренажи можно также использовать и для полного перехвата грунтовой воды, притекающей к дороге со стороны.

Современные автомобильные дороги представляют собой сложные инженерные сооружения. Они должны обеспечивать возможность движения потоков автомобилей с высокими скоростями. Это, в свою очередь, зависит от ровности и монолитности дорожной одежды, ее способности не разрушаться и оставаться прочной в течение всего срока эксплуатации. При правильном проектировании дорожной одежды можно добиться длительного срока ее эксплуатации. Безусловно, всего этого можно достичь только при нормальной работе земляного полотна, которая заключается в сохранении заданной

прочности и устойчивости в течение срока службы.

Поэтому, для надежной работы этих двух, самых главных элементов, автомобильной дороги: дорожной одежды и земляного полотна, необходимо, при проектировании учитывать многие факторы, такие как:

- природные условия района проектирования
- наличие местных дорожно-строительных материалов
- требования строительных норм и правил
- экономические требования
- и многие другие требования и условия.

Дороги подвержены активному воздействию многочисленных природных факторов (нагревание солнечными лучами, промерзание и оттаивание, увлажнение выпадающими осадками, грунтовыми водами и водой, притекающей с придорожной полосы, и т.п.). Эти особенности их работы должны учитывать проектировщики, строители, работники эксплуатационной службы, которые обязаны обеспечить нормальную круглогодичную службу дороги в течение длительного времени.

1. Построение плана автомобильной дороги

1.1 План трассы

Трасса - ось дороги, проложенная на местности. План трассы - графическое изображение ее проекции на горизонтальной плоскости, выполненное в определенном масштабе. Масштабы планов принимают в зависимости от цели съемки и требований к содержанию планов, установленных строительными нормами (СНиП 11-02-96) и Сводом правил по инженерно-геодезическим изысканиям СП 11-104-97 [6].

На стадии разработки предварительной проектной документации для обоснования инвестиций в строительство используются следующие виды планов: обзорная карта (схема) в масштабах 1:25000 - 1:10000 с вариантами размещения трассы и ситуационные планы М 1:5000; 1:2000; 1:1000 - на незастроенной территории и 1:1000 - 1:500 - на застроенной территории.

На стадии разработки проекта составляют, или используют имеющиеся, уточненные ситуационные планы масштабов 1:5000 - 1:500. Но, как правило, для разработки проекта должна выполняться топографическая съемка М 1:2000 - 1:500 с высотами сечения рельефа через 1-0,5 м. Причем инженерно-геодезические изыскания новых трасс должны выполняться по направлениям, установленным на стадии разработки предварительной проектной документации (на этапе обоснования инвестиций).

Высота сечения рельефа на топографических планах должна соответствовать масштабу плана и рельефу местности (чем мельче масштаб, тем больше высота): в равнинной местности с углами наклона до 2° на планах

масштаба 1:500 - 1:10000 высота сечения рельефа должна быть: 0,5; 1,0; 2,0 м (при М 1:10000 высота сечения - 2,5 м); в холмистой местности с углами наклона до 4° при тех же масштабах (от 1:500 до 1:10000) высота сечения рельефа изменяется от 0,5 до 5,0 м; в пересеченной местности с углами наклона до 6° высота сечения рельефа должна быть: 1,0; 2,0; 2,5; 5,0; 10,0 м соответственно на планах масштабов 1:500 и 1:1000; 1:2000; 1:5000; 1:10000.

Масштаб топографических карт (планов) и высоту сечения допускается увеличивать или уменьшать до смежных значений в зависимости от стадии проектирования, категории дороги, а также природных и техногенных условий района строительства.

На стадии рабочей документации используют топографическую съемку полосы местности вдоль трассы в масштабах 1:1000-1:500 (съемка текущих изменений вдоль трассы).

1.2 Камеральное трассирование на топографической карте

Камеральное трассирование линейных сооружений выполняют на двух стадиях проектирования: для разработки предварительной проектной документации и разработки проекта.

Камеральное проложение вариантов трассы для предпроектной документации производится по топографическим картам и аэроснимкам в масштабах 1:25000 или планам в масштабе 1:10000. На сложных и эталонных участках используется топографическая карта в масштабах 1:5000-1:2000. На пересеченной местности, в горных и предгорных районах допускается съемка в масштабах 1:2000 и 1:1000.

На стадии «Проект» для камерального трассирования линейных

сооружений следует использовать инженерно-топографические планы в масштабах 1:5000-1:500, составленные при разработке обоснований инвестиций в строительство дороги.

На стадии разработки рабочей документации камеральное трассирование не выполняется; доработка материалов, выполненных на предшествующих стадиях проектирования, производится по ранее вычерченным планам. Полевое трассирование (вынос трассы в натуру) ведут с учетом текущих изменений. Если на полосе местности вдоль трассы произошли изменения, тогда производится съемка текущих изменений и составляются планы в масштабах 1:1000 -1:500.

1.3 Способы камерального трассирования

До начала трассирования на топографической карте крупного масштаба (1:25000) рекомендуется сначала ее подготовить, «поднять», т.е. обозначить синим пунктиром тальвеги суходолов, границы разлива ГВВ в речных долинах; перенести с инженерно-геологической карты неблагоприятные для трассирования участки (оползневые, карстовые и др.), обозначить прочие условия, влияющие на положение оси трассы, а также существующие или разведанные месторождения каменных материалов, карьеры песка и другую информацию.

Способ трассирования на карте зависит от рельефа местности и предельного уклона трассирования i_{mp} , который устанавливается по СНиП [4] в зависимости от категории дороги.

Если уклон местности (в полосе варьирования трассы) меньше, чем принятый уклон трассирования ($i_m < i_{mp}$), трассу прокладывают вольным

ходом.

Вольные ходы характерны тем, что, трассируя, не приходится преодолевать высотных препятствий и положение трассы определяется контурными препятствиями, а продольные уклоны всегда менее предельно допустимых для дороги данной категории.

Там, где приходится преодолевать значительные высотные препятствия, трассирование выполняют напряженными ходами.

Напряженные ходы можно прокладывать двумя способами: по прямой и с развитием трассы.

Первый способ - трассирование по прямой с предельно допустимым уклоном - принципиально возможно применять, когда средний уклон местности равен уклону трассирования ($i_M = i_{mp}$). Но на практике крутые затяжные подъемы трудно преодолимы для большегрузных автомобилей, а слишком крутые спуски опасны для скоростных автомобилей. Поэтому в условиях слабохолмистой и пересеченной местности не рекомендуется прокладывать трассу с предельно допустимыми уклонами. Смягчение уклонов на таких участках при проектировании продольного профиля дороги приводит к значительному увеличению рабочих отметок.

Второй способ - с развитием трассы - применяют, когда уклон местности больше, чем уклон трассирования ($i_M > i_{mp}$). Применение этого способа приводит к удлинению трассы. Это вполне приемлемо для дорог низких категорий с переходными покрытиями. Трассировать дороги I - III категории предпочтительнее по прямой при условии смягчения уклонов в процессе проектирования.

1.4 Требования к камеральному трассированию

Общее направление трассы устанавливают на основе экономических изысканий и в соответствии со схемой размещения и развития сети автомобильных дорог в данном регионе.

Если в задании на проектирование общее направление трассы уже задано, т.е. обозначены начальная, конечная и промежуточные точки, через которые должна пройти трасса, то трассирование начинают с проложения воздушных линий между обозначенными точками. Эти точки называют опорными пунктами.

После обозначения воздушной линии трассирование на карте выполняют с соблюдением следующих требований и условий:

1. Трасса должна быть максимально приближенной к воздушной линии.
2. Отклонения трассы от воздушной линии допускаются на участках, где имеются различные препятствия, преодоление которых технически сложно и экономически менее целесообразно, чем удлинение трассы.

Препятствия, требующие отклонения трассы от воздушной линии, могут быть контурными и высотными.

К контурным препятствиям относятся населенные пункты (не являющиеся опорными), заповедники, излуцины крупных рек, озера, болота, горные долины (направление которых не совпадает с заданным направлением трассы), участки местности, неблагоприятные по инженерно-геологическим условиям.

Высотными препятствиями являются: главные водораздельные горные хребты, глубокие и широкие котловины, отдельные возвышенности и холмы.

Степень отклонения трассы от воздушной линии характеризуется

коэффициентом удлинения, равным отношению фактической длины трассы L_{ϕ} к длине трассы по воздушной линии L_{ϵ}

$$m = \frac{L_{\phi}}{L_{\epsilon}}$$

Значение коэффициента удлинения трассы m устанавливают в зависимости от категории сложности рельефа (табл. 1.4.1).

В нашем случае по выбранному направлению трассы (южному)

$$m = \frac{L_{\phi}}{L_{\epsilon}} = \frac{4760}{4565} = 1,06$$

Следовательно, наш рельеф можно отнести к 1 категории сложности, т.е. «Равнинный»

3. На местности, где нет значительных высотных препятствий, и положение трассы определяется в основном контурными препятствиями и инженерно-геологическими условиями, трассу следует прокладывать от препятствия до препятствия по кратчайшему направлению; всякое отклонение от него должно быть обоснованным.

4. Трасса должна проходить через контрольные точки. К контрольным точкам относятся: согласованные места пересечения с железными и автомобильными дорогами более высоких категорий, чем проектируемая; горные седловины, удобные для пересечения трассы; места пересечения крупных рек. При выборе контрольных точек для пересечения крупных рек необходимо руководствоваться условиями обеспечения удобств для устройства мостового перехода при беспрепятственном пропуске высоких вод, а также экономичностью его устройства и удобством движения автомобилей. Практически всегда перпендикулярное пересечение водотока экономически целесообразней. Но стремление к такому пересечению, как правило, приводит к изменению направления трассы, нарушению ее плавности. Поэтому ради сохранения плавности трассы современные автомагистрали прокладывают с косым пересечением, проектируя большие мосты на кривых в плане и продольном профиле, несмотря на усложнение конструкций и их высокую стоимость.

Дороги низких категорий рекомендуется трассировать с пересечением

крупных рек под углом 90° .

Ручьи и другие малые водотоки не создают затруднений в выборе места перехода и могут пересекаться под любым углом, или их русло может быть спрямлено.

. Трассирование дороги в горной и сильно пересеченной местности с резко расчлененным рельефом необходимо начинать с напряженных ходов, т.е. с участков, где уклоны превышают предельный уклон трассирования, допускаемый для дороги заданной категории. Углы поворота на участках напряженных ходов назначают не для обхода препятствия, а для более мягкого вписывания в рельеф местности.

6. При проложении трассы следует избегать использования ценных земель и сельскохозяйственных угодий.

7. Требования нормативных документов (СНиП и др.) к элементам плана, продольного и поперечного профилей должны учитываться уже на стадии камерального трассирования.

Таблица 1.4 Ориентировочные значения коэффициента удлинения трассы в зависимости от категории сложности рельефа

Категория рельефа	Рельеф	Характеристика рельефа	Коэффициент удлинения
1	Равнинный	Равнины и долины с относительно пологими склонами и широкими и спокойными водоразделами. Наибольшие колебания относительных высот отдельных точек не более 30 м на 1 км	1,1
2	Слабохолмистый	Местность с отдельными невысокими холмами, оврагами. Небольшие продольные уклоны местности не превышают 70	1,1-1,15
3	Сильнопоресеченный	Наличие большого количества холмов, не превышающих 200 м над уровнем их подошвы и плавно переходящих в равнину. Разность отметок на 1 км трассы составляет 30 - 200 м	1,15-1,25
4	Гористый	Склоны гор и предгорий с сильно расчлененным рельефом, узкими ущельями большая крутизна склонов	1,25-1,40
5	Горный	Горы обладают резко очерченной подошвой; разность отметок от уровня подошвы более 200 м; разветвленная сеть глубоких долин, ущелий и горных хребтов	1,5

1.5 Расчет горизонтальных круговых кривых

На углах поворота трасс автомобильных дорог производим вставки

кривых и пересчет по ним пикетажа. В качестве таких кривых применяем дуги окружностей больших радиусов. Главные точки кривой: начало, середина и конец кривой, далее НК, СК и КК соответственно (рис. 1.5).

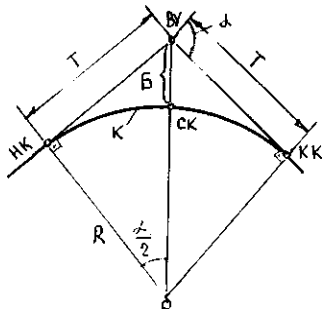


Рис. 1.5 Элементы и главные точки горизонтальной круговой кривой

Элементы круговых кривых: угол поворота α , радиус кривой R , дорожный тангенс T , длина кривой K , биссектриса B , домер D . При трассировании на кривых линейные измерения ведут по тангенсам, а длину трассы считают по кривой, домер показывает, насколько расстояние по двум тангенсам длиннее кривой.

1.6 Вычисление элементов горизонтальных кривых

Элементы кривых вычисляются по данным α , R и по формулам

$$K = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180^\circ}, \quad T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad B = \frac{R}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R, \quad D = 2T - K.$$

1.7 Вычисление пикетажных значений главных точек круговых кривых

Пикетажные значения главных точек кривых находят по формулам

$ПК НК = ПК ВУ - Т, ПК К = ПК НК + К, ПК СК = ПК НК + К/2.$

Контроль $ПК КК = ПК ВУ + Т - Д, ПК СК = ПК КК - К/2 .$

1.8 Составление ведомости прямых и кривых

По заданному азимуту A_1 начального направления трассы и углам поворота вычисляют азимуты последующих направлений

$$A_{i-1} = A_i \pm \alpha$$

Вычисленные азимуты переводят в румбы.

Таблица 1.8 Перевод азимутов в румбы.

Азимут	Определение румба по азимуту	№ четверти, название румба
$A = 0^{\circ} - 90^{\circ}$ $r = A$ I СВ		
$A = 90^{\circ} - 180^{\circ}$ $r = 180^{\circ} - A$ II ЮВ		
$A = 180^{\circ} - 270^{\circ}$ $r = A - 180^{\circ}$ III ЮЗ		
$A = 270^{\circ} - 360^{\circ}$ $r = 360^{\circ} - A$ IV СЗ		

Расстояние S между вершинами углов:

$$S_{i,i+1} = ПКВУ_{i-1} - ПКВУ_i + D_i$$

Длина отрезка от ПК0 до первой вершины угла поворота ВУ1 равна пикетажному значению первой вершины угла.

Вычисляют длины прямых вставок

$$P_i : P_i = ПКНК_{i+1} - ПККК_i$$

Длина первой прямой вставки равна ПК НК первой кривой, последней разности ПК конца трассы и ПК КК последней кривой.

1.9 Переходные кривые

План трассы следует проектировать из условия наименьшего ограничения и изменения скорости движения автомобилей, обеспечения безопасности и удобства движения, а также возможной реконструкции дороги за пределами перспективного периода. При проектировании элементов плана, равно как и продольного и поперечного профилей, перспективный период следует принимать 20 лет. Начальным годом расчетного перспективного периода является год завершения разработки проекта дороги (или самостоятельного участка дороги).

Для обеспечения плавного въезда в круговую кривую малого радиуса и выезда из кривой последние сопрягают с прямыми участками трассы посредством переходных кривых.

В практике проектирования автомобильных дорог наибольшее распространение получили переходные кривые типа клотоиды, которые характеризуются линейным законом нарастания кривизны по длине и более, чем другие математические кривые, соответствуют фактической траектории движения автомобиля.

Клотоида (или радиоидальная спираль) как математическая кривая представляет собой спираль, радиус кривизны которой непрерывно изменяется от $p = \infty$ в начальной точке до $p = 0$ в бесконечном удалении от начала кривой (рис 1.9)

В качестве переходной кривой, как самостоятельного элемента трассы, применяется только начальный участок клотоиды от точки отхода от прямого участка, где $p = \infty$, до точки на кривой, где $p = R$.

Уравнение клотоиды имеет вид:

$$\rho = \frac{C}{S},$$

где ρ - радиус кривизны,

S - расстояние от начала клотоиды до точки М на ней.

Параметр клотоиды C - величина постоянная и выражается как произведение:

$$C = R \cdot L = A^2,$$

где R - радиус кривизны в конце клотоиды в конце отрезка клотоиды длиной L ,

L - длина отрезка клотоиды от ее начала до точки на кривой, где радиус кривизны $\rho = R$.

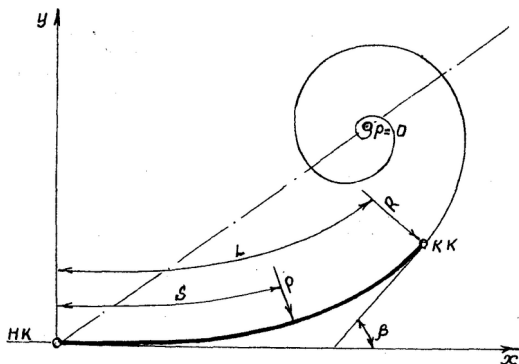


Рис. 1.9.1 Клотоида (переходная кривая)

Параметр A характеризует степень изменения кривизны клотоиды.

Наименьшая длина переходной кривой определяется по условию равномерного нарастания центробежной силы в пределах переходной кривой:

$$L = \frac{V_p^3}{47 \cdot I \cdot R},$$

где V_p - расчетная скорость движения, принимаемая по СНиП- 2.05.02-85 для дороги соответствующей категории, км/ч;

I - допустимая скорость нарастания центробежного ускорения, м/с^3 .

Для дорог I- V категорий предельное значение $I = 0,3-0,1 \text{ м/с}^3$. Чем выше расчетная скорость, тем меньшее значение I следует принимать.

Согласно СНиП [4] сопряжение прямых участков с круговыми кривыми посредством переходной кривой обязательно, если радиус круговой кривой $R < 3000 \text{ м}$ - на дорогах I категории и $R < 2000 \text{ м}$ - на дорогах прочих категорий. Наименьшая длина переходной кривой нормируется в зависимости от радиуса круговой кривой. Нормативную длину переходной кривой рекомендуется увеличить в 1,5 - 2 раза, если это позволяет расстояние между углами поворота трассы. Чем больше длина клотоиды, тем более плавно изменяется ее кривизна, а следовательно, условия движения для пассажиров и водителя более комфортны.

1.10 Расчёт переходной кривой

Для расчета переходных кривых нам потребуются следующие формулы. Формула для нахождения угла β :

$$\beta = \frac{L_p}{2} \cdot R,$$

где L_p -длина переходной кривой,

R - радиус круговой кривой.

Добавочный тангенс:

$$t = \frac{L_p}{2} \cdot \left(1 - \frac{L_p^2}{120 \cdot R^2} \right).$$

Сдвигка круговой кривой:

$$P = \frac{L_p^2}{24R} \left(1 - \frac{L_p^2}{112 \cdot R^2} \right)$$

Проверка возможности разбивки переходной кривой:

$$\alpha > 2 \cdot \beta,$$

где α - угол поворота.

Проверка надобности подбора нового радиуса:

$$P \leq 0,01 \cdot R$$

Определение длины основной круговой кривой:

$$K_1 = \frac{R \cdot (\alpha - 2 \cdot \beta)}{57,3}$$

Полная длина закругления:

$$K_2 = K_1 + 2 \cdot L_p,$$

Домер:

$$D = 2 \cdot (T + t) - K$$

Далее производим пересчёт пикетажных значений главных точек переходной и круговой кривых.

Все вычисления по первой главе заносим в таблицу 1.

Таблица 1 Ведомость прямых и кривых

R	Лп	α	T	Б	t	p	K1	K2	Д	НЗ	НКК	ККК	КЗ	P
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Направление СЕВЕР														
140 0	110	47°30'	616,0 1	129,53	55,00	0,3 6	1050,61	1270,61	71,41	808,99	918,99	1969,6 0	2079,60	608
142 0	113	47°20'	622,3 5	130,39	56,64	0,3 7	1060,66	1286,66	71,32	2079,60	2192,60	3253,2 6	3366,26	-
100 0	110	15°30'	136,0 9	9,22	54,99	0,5 0	160,55	380,55	1,61	3976,19	4086,19	4246,7 4	4356,74	609

														124
Направление ЮГ														
1100	110	30°00'	294,7 4	38,80	55,00	0,4 6	466,99	686,49	12,99	490,26	600,26	1066,7 5	1176,75	490
940	110	52°40'	465,2 6	108,84	55,00	0,5 4	754,08	974,08	66,44	1176,75	1286,75	2040,8 3	2150,83	-
1110	110	59°30'	634,4 2	168,51	55,32	0,4 5	1042,84	1262,84	98,64	2150,83	2260,83	3303,6 7	3413,67	-
146 7	110	25°00'	325,2 3	35,62	55,03	0,3 4	529,96	749,96	10,56	3413,67	3523,67	4053,6 3	4163,63	-
														596

1.11 Расчет виража

Во многих случаях местные условия - рельеф или наличие ценных застроек - не дают возможности разместить кривую расчётного радиуса. Особенно неблагоприятные условия движения создаются для автомобилей, следующих по внешней стороне движения, поскольку составляющая веса, параллельная уклону проезжей части, складывается с соответствующей проекцией центробежной силы. Кроме того, осложняется управление автомобилем в связи с большим, чем для полосы встречного движения, боковым уводом шин. В таких случаях для повышения устойчивости автомобиля и большей уверенности управления на кривых устраиваем односкатный поперечный профиль - вираж - с уклоном проезжей части и обочин к центру кривой.

Виражи оказывают положительное психологическое воздействие на водителей, способствуя уверенному проезду кривых без неоправданного снижения скорости. При отсутствии виражей скорость на кривых снижается.

Расчётные значения поперечного уклона на вираже для высоких скоростей движения при малых радиусах кривых могут получаться значительными. Такие виражи устраивают, например, на автодромах,

предназначенных для автомобильных гонок.

При проектировании виражей на автомобильных магистралях, рассчитанных на высокие скорости движения, исходим из различных допущений о пропорциональном распределении поперечной силы между сопротивлением шины сдвигу вбок по покрытию и сопротивлением поднятию автомобиля вверх по виражу.

Элементы виража рассчитываем по следующим формулам:

$$h_1 = \frac{B_o \cdot i_b}{2} = 0,14 м,$$

$$h_2 = c_1 \cdot i_b = 0,1 м,$$

$$h_3 = e \cdot i_b = 0,06 м,$$

$$h_4 = \frac{B_o \cdot (j_e - i_{п})}{2} = 0,2 м,$$

$$h_5 = c \cdot i_e = 0,04 м$$

$$H_o = c \cdot (j_o - i_{п}) = 0,1 м,$$

$$H_1 = c \cdot (j_e - i_{п}) = 0,05 м,$$

$$H_3 = \frac{B_o \cdot (j_e - i_{п})}{2} = 0,07 м,$$

$$H_4 = B_o \cdot i_b = 0,28 м,$$

$$H_5 = H_4 + c \cdot (j_e + i_{п}) = 0,43 м.$$

Для нашего случая:

$B_o = 7\text{ м},$
 $i_b = 0,04,$
 $i_n = 0,02,$
 $i_o = 0,06,$
 $c = 2,5\text{ м},$
 $c_1 = 1\text{ м},$
 $e = 1,5\text{ м},$
 $h_1 = 0,14\text{ м},$
 $h_2 = 0,1\text{ м},$
 $h_3 = 0,06\text{ м},$
 $h_4 = 0,2\text{ м},$
 $h_5 = 0,04\text{ м}$
 $H_o = 0,1\text{ м},$
 $H_1 = 0,05\text{ м},$
 $H_3 = 0,07\text{ м},$
 $H_4 = 0,28\text{ м},$
 $H_5 = 0,43\text{ м}.$

где H_o - превышение наружной бровки в начале отгона виража над наружной бровкой на дороге;

H_1 - это превышение кромки проезжей части над бровкой земляного полотна;

H_3 - превышение оси дороги на вираже;

H_4 - превышение кромки проезжей части;

H_5 - превышение наружной бровки на вираже над наружной бровкой на обочине в начале виража;

c - ширина внутренней обочины на кривой при устройстве уширения на вираже;

c_1 - величина равная 1 м;

B_o - ширина проезжей части;

h_1 - превышение наружной кромки;

h_2 - превышение внутренней кромки проезжей части на вираже над внутренней бровкой дорожного полотна;

h_3 - превышение наружной бровки дорожного полотна на вираже над наружной кромкой проезжей части;

h_4 - превышение оси дороги на вираже над внутренней кромкой проезжей части;

h_5 - превышение оси дороги на вираже над внутренней бровкой

проезжей части.

Действующие строительные нормы и правила предусматривают на кривых больших радиусов (2000 м и более) уклон виража, равный поперечному уклону проезжей части на кривых 600 м и менее - 60 ‰. В районах с частыми туманами и длительными периодами гололеда уклоны виражей не должны превышать 40%. Лишь в районах с незначительной продолжительностью снегового покрова и редкими случаями гололеда допускается увеличивать поперечный уклон проезжей части на вираже до 100%. Однако такие крутые виражи неудобны для грузовых автомобилей, движущихся со скоростью, меньшей расчетной.

При поперечном уклоне виража, равном уклону проезжей части на прямом участке, для перехода к односкатному профилю постепенно поворачиваем внешнюю половину проезжей части вокруг оси дороги.

При более сложном и в то же время частом случае разбивки виража с уклоном, превышающим уклон проезжей части дороги, для перехода к односкатному профилю производим одновременный поворот внутренней половины поперечного профиля около внутренней кромки покрытия, а внешней - около оси проезжей части. При этом одновременно ось проезжей части смещается внутрь на половину уширения покрытия.

Поперечный уклон обочин на виражах принимаем равным уклону проезжей части дороги, предусматривая их укрепление. Уклон обочин изменяем на протяжении 10 м перед началом виража. Для безопасности движения необходимо, чтобы внешняя обочина имела уклон в ту же сторону, что и проезжая часть. В этом случае при случайном заезде колеса на обочину действующая на автомобиль поперечная сила не меняется. Однако при неукрепленных обочинах на проезжую часть во время дождей стекает грязь, уменьшающая коэффициент поперечного сцепления. Поэтому неукрепленным обочинам часто вынужденно придают обратный уклон от центра кривой.

Переход от двухскатного поперечного профиля проезжей части на

прямом участке к односкатному профилю на вираже осуществляем плавно в пределах участка, называемого отгоном виража. Длина его не должна быть слишком короткой, так как в этом случае при движении автомобиля с большей скоростью по дороге с меняющимся поперечным профилем возникает неприятное для пассажира боковое раскачивание автомобиля. Необходимую минимальную длину отгона виража, которая не должна быть меньше длины переходной кривой, определяем исходя из дополнительного уклона, возникающего у внешней кромки проезжей части в результате ее поднятия при устройстве виражей.

Общий уклон по кромке проезжей части на участках отгона виража не должен превышать допускаемый для данной дороги в исключительных случаях.

2. Продольный профиль

2.1 Общие положения

Продольный профиль дороги - это проекция оси дороги на вертикальную плоскость, совпадающую с направлением дороги. Согласно ВСН 202-85 АД продольный профиль входит в состав основного комплекта рабочих чертежей для выполнения строительно-монтажных работ. На этом чертеже должна быть представлена информация о местности (гидрогеологические данные) и проектные решения, от которых зависят как объемы предстоящих строительных работ, так и транспортно-эксплуатационное качество дороги. Поэтому проектирование продольного профиля - наиболее ответственный и сложный этап работы над проектом.

Каждое проектное решение на продольном профиле принимается на основе комплексной оценки всех факторов и условий, влияющих на параметры дороги, в том числе: ситуационные особенности местности, топографические, климатические, почвенно-грунтовые, гидрогеологические и другие условия. Инженер-проектировщик обязан строго соблюдать требования строительных норм, учитывать безопасность движения, эстетику автомобильной магистрали и требования экологии окружающей среды.

Проектирование продольного профиля включает следующие этапы.

- 1 Подготовка исходных данных.
- 2 Проектирование вариантов положения проектной линии.
- 3 Оценка вариантов проектных решений.
- 4 Проектирование водоотвода в продольном профиле.

5 Оформление продольного профиля по ГОСТ Р21.1701-97.
Информация для проектирования продольного профиля

принимается по материалам полевых изысканий, выполненных изыскательской организацией в соответствии с заданием заказчика на проектирование дороги.

Вычерчивание продольного профиля по ГОСТР 21.1701-97 [12].

Для изображения продольного профиля дороги на чертеже принимают основные масштабы: по горизонтали - $1:5000$; по вертикали $1:500$; допускаемые - по горизонтали $1:2000$, по вертикали $1:200$. Масштабы изображения указывают над боковиком таблицы.

Сетку продольного профиля рекомендуется вычерчивать так, чтобы вертикальная линия штампа сетки справа и верхняя горизонтальная линия совпали с жирными линиями сетки миллиметровки. После вычерчивания сетки вписывают фактические данные в соответствующие графы, а затем вычерчивают линию поверхности земли (черный профиль).

Топографические условия проложения трассы в сильной степени определяют положение проектной линии продольного профиля. На участках с плавными формами рельефа проектную линию проектируем по огибающей, следующей очертанию земли, и, наоборот, на участках с резко пересеченным рельефом положение проектной линии устанавливаем с устройством чередующихся выемок и насыпей. При проектировании по огибающей руководящая отметка назначается из условия незаносимости насыпи снегом либо из условия минимального возвышения поверхности покрытия над уровнем грунтовых или поверхностных вод в соответствии со СНиП 2.05.02-85.

Почвенно-грунтовые и геологические условия во многом влияют не только на положение проектной линии продольного профиля, но и на

конструкцию земляного полотна: ограничивают высоту насыпей на слабых основаниях и вынуждают по возможности уменьшать глубину выемок в грунтах, непригодных для отсыпки насыпей на прилегающих участках дороги, а в местах, где качество грунтов позволяет возводить насыпи из притрассовых резервов, дают возможность проектировать профиль по огибающей с минимальной руководящей отметкой и т. д.

Климатические факторы оказывают ощутимое влияние на положение проектной линии продольного профиля, особенно в отношении предотвращения снеготаносов на будущей дороге. На снеготаносимых участках всегда стремятся избегать выемок (особенно мелких), а при проектировании по огибающей руководящую отметку назначаем из условия снеготаносимости.

Гидрологические условия определяют минимальное возвышение бровки земляного полотна над трубами, во многом определяют отметки бровок земляного полотна на подходах к мостам, а также отметки проезда на самих мостах.

Ситуационные особенности района проложения трассы диктуют прохождение линии продольного профиля через определенные фиксированные точки (пересечения и примыкания автомобильных дорог, пересечение железных дорог, входы в города, условия прохождения через населенные пункты и т.д.).

Общими требованиями по установлению положения проектной линии продольного профиля независимо от метода проектирования являются:

соблюдение технических норм проектирования (допустимые продольные уклоны, минимальные радиусы выпуклых и вогнутых вертикальных кривых и т. д.);

обеспечение минимальных объемов земляных работ и рационального

распределения земляных масс;

прохождение проектной линии через контрольные точки;

ограничение длин участков с предельными уклонами;

ограничение минимальных длин вертикальных кривых одного знака (шаг проектирования) во избежание получения «неспокойной» проектной линии;

- обеспечение зрительной плавности и ясности трассы и связанных с ней уровней удобства и безопасности движения. Эта задача, как правило, решается совместно с проектированием плана автомобильных дорог.

К положению проектной линии продольного профиля выдвигается целый ряд требований и условий со стороны автомобильного транспорта, технологических особенностей строительства и со стороны эксплуатации автомобильных дорог. Оптимальное положение проектной линии продольного профиля при автоматизированном проектировании и проектное решение при ручной технологии всегда отыскиваем в рамках соответствующего комплекса технических ограничений, который включает:

- допустимые продольные уклоны. Уклон ни в одной точке продольного профиля не должен превышать значения нормируемого СНиП 2.05.02-85 для данной категории дороги;

допустимую наибольшую кривизну вертикальных выпуклых и вогнутых кривых. Радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых ни у одной точке продольного профиля не должны быть меньше нормируемых СНиП 2.05.02-85;

руководящую отметку. При проектировании продольного профиля на спокойных участках рельефа по огибающей необходимое возвышение бровки земляного полотна определяем из условия незаносимости снегом либо из условия минимального возвышения поверхности покрытия над уровнем

грунтовых и поверхностных вод;

фиксированные контрольные точки. Прохождение проектной линии через фиксированные контрольные точки, назначаемые по ситуационным условиям, является обязательным;

ограничивающие точки и зоны. Прохождение проектной линии продольного профиля допускается не ниже ограничивающих точек и зон (обычно это минимальные отметки над трубами, на мостах и путепроводах);

контурные ограничения. Это ограничение высоты насыпей и глубины выемок при неудовлетворительных геологических, гидрогеологических, почвенно-грунтовых условиях и т. д.;

допустимые наибольшие длины участков с предельными уклонами продольного профиля. Допустимая длина таких участков нормируется СНиП 2.05.02-85;

наименьшая длина вертикальных кривых одного знака (шаг проектирования).

При традиционной технологии проектирования продольного профиля автомобильных дорог определяющим является визуальный контроль за положением проектной линии. При субъективной оценке качества решения проектной линии продольного профиля возможны сильные ее отклонения от оптимального положения.

Автоматизированное проектирование продольного профиля автомобильных дорог с использованием оптимизирующих алгоритмов и программ для ЭВМ исключает субъективизм и связанную с ним неоднозначность проектных решений при одной и той же исходной информации и обеспечивает получение оптимальных проектных решений по различным критериям.

2.2 Вертикальные кривые

На переломах продольного профиля дороги для обеспечения плавности хода и условий видимости поверхности дороги нам нужно запроектировать вертикальные кривые (ВК).

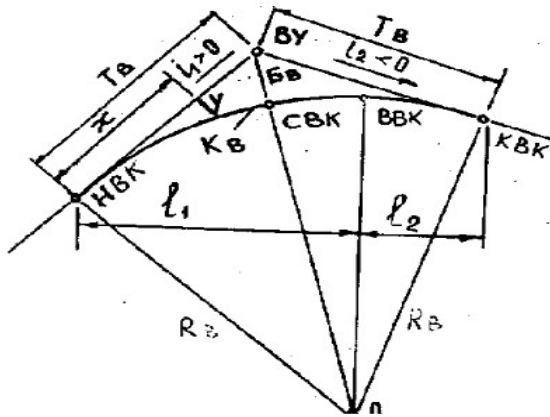


Рисунок 2.2.1 - Элементы и главные точки вертикальной круговой кривой

Точка перелома продольного профиля - вершина угла (ВУ) ВК. Главные точки ВК: начало (НВК), середина (СВК), вершина (ВВК) и конец (КВК) вертикальной кривой.

2.2.1 Вычисление элементов вертикальных кривых

Элементы ВК: длина кривой K , тангенс T , биссектриса B , ординаты смежных точек Y .

$$K = R(|i_1 - i_2|), \quad T = K/2 = R(|i_1 - i_2|)/2, \quad B = T^2/2R = K^2/8R, \quad Y = X^2/2R.$$

Здесь X - расстояние от НВК или КВК до промежуточной точки, м.

2.2.2 Вычисление пикетажных значений главных точек вертикальных кривых

Пикетажные значения НВК и КВК определяют по формулам:

$$\text{ПК НВК} = \text{ПК ВУ} - T$$

$$\text{ПК КВК} = \text{ПК НВК} + K$$

$$\text{Контроль: ПК КВК} = \text{ПК ВУ} + T.$$

Пикетажное значение СКК совпадает с ПК ВУ.

Если уклоны имеют противоположные знаки, то необходимо вычислить пикетажное значение вершины вертикальной кривой.

$$\text{ПК ВВК} = \text{ПК ВУ} + 0,5(l_1 - l_2)$$

$$l_1 = R \cdot |i_1|, \quad l_2 = R \cdot |i_2|.$$

При сопряжении уклонов с одинаковыми отметками вершина кривой размещается вне проектируемой кривой. В этом случае вычислять ПК ВВК не требуется. Если один из уклонов равен 0, вершина совпадает с точкой НВК или с КВК.

Таблица 2.2.2 Элементы ВК и ПК значения главных точек ВК

1 кривая								
ПК ВУ	$ i_1 - i_2 $	Rв, м	Tв, м	Kв, м	Бв, м	ПК НВК	ПК ВВК	ПК КВК
8+40	0,007	30000	105	210	0,18	7+35	9+55	11+45
2я кривая								
ПК ВУ	$ i_1 - i_2 $	Rв, м	Tв, м	Kв, м	Бв, м	ПК НВК	ПК ВВК	ПК КВК
16+97,0 1	0,005	90000	235	450	0,31	14+62,01	19+32,01	23+82,01
3я кривая								
ПК ВУ	$ i_1 - i_2 $	Rв, м	Tв, м	Kв, м	Бв, м	ПК НВК	ПК ВВК	ПК КВК
28+40,5 7	0,001	12000 0	60	120	0,01	27+80,57	29+00,57	30+20,57

2.2.3 Вычисление проектных отметок точек на вертикальных кривых

Проектные отметки НВК и КВК вычисляют по формуле

$$H_{\text{нк(квк)}} = H_{\text{предПК}} + id.$$

Для остальных точек вертикальной кривой находят абсциссы X, представляющие собой для точек, лежащих в пределах от НКВ до ВУ, разности пикетажных обозначений точки НВК, а для точек, лежащих в пределах от ВУ до КВК, разности пикетажных обозначений КВК и точки. Затем вычисляют ординату Y. Для выпуклой кривой проектные отметки точек уменьшают на Y, для вогнутой кривой - увеличивают. Проектную отметку на ВУ уменьшают или увеличивают на величину биссектрисы ВК.

Таблица 2.3. Отметки точек на вертикальных кривых

Точка	X	Y	H	Hв
-------	---	---	---	----

1 кривая				
НВК ПК 7+35	0	0	102,28	102,28
ПК 8	65	0,03	102,1	102,13
ПК 9	100	0,08	101,98	102,06
ВВК ПК 9+55	55	0,16	101,86	102,02
ПК 10	45	0,24	101,77	102,01
ПК 11	100	0,26	101,74	102
КВК ПК 11+45	45	0,33	101,68	102,01
2 кривая				
НВК ПК 14+62,01	0	0	105,28	105,28
ПК 15	37,99	0,08	106,98	106,9
ПК 16	100	0,33	107,68	107,35
ПК 17	100	0,75	108,38	107,63
ПК 18	100	0,33	108,08	107,75
ПК 19	100			
ВВК ПК 19+32,01	32,01	0,27	108,02	107,75
ПК 20	67,99	0,08	107,78	107,7
ПК 21	100	0,16	101,86	102,02
ПК 22	100	0,26	101,74	102
ПК 23	100	0,36	105,43	104
КВК ПК 23+82,01	82,01	0	107,48	107,48
3 кривая				
НВК ПК 27+80,57	0	0	107,44	107,44
ПК 28	19,43	0	107,43	107,43
ПК 29	100	0,09	107,13	107,22
ВВК ПК 29+00,57	00,57	0,25	106,94	107,19
ПК 30	99,43	0,37	106,83	107,2
КВК ПК 30+20,57	20,57	0	108,94	108,94

3. Поперечный профиль автомобильной дороги

Полосу местности, выделяемую для расположения на ней дороги, разработки грунта, предназначенного для отсыпки: насыпей, постройки вспомогательных сооружений и посадки зеленых насаждений, называют дорожной полосой, или полосой отвода.

Изображение в уменьшенном масштабе сечения дороги вертикальной плоскостью, перпендикулярной к оси дороги, называют поперечным профилем.

Полоса поверхности дороги, в пределах которой происходит движение автомобилей, представляет собой проезжую часть. Ее укрепляем прочными каменными материалами, устраивая дорожную одежду, верхний слой которой называют покрытием. Дороги 1 категории имеют самостоятельные проезжие части для движения в каждом направлении. Между ними для безопасности оставляют разделительную полосу, на которую запрещается заезд автомобилей. Сбоку от проезжей части расположены обочины. Обочины используются для временной стоянки автомобилей и для размещения дорожно-строительных материалов при ремонтах наличие обочины, окаймляющей проезжую часть, способствует безопасности движения автомобилей. Вдоль проезжей части на обочинах и разделительных полосах укладываем укрепительные полосы (краевые полосы), повышающие прочность края дорожной одежды и обеспечивающие безопасность при случайном съезде колеса автомобиля с покрытия. Наличие краевых полос оказывает положительный психологический эффект на водителей, устраняя боязнь приближения к краю проезжей части.

Для расположения проезжей части на необходимом уровне от

поверхности грунта сооружаем земляное полотно (насыпь или выемку) с боковыми канавами (кюветами), предназначенными для осушения дороги и отвода от нее воды. К земляному полотну относят также резервы - неглубокие выработки вдоль дороги, из которых был взят грунт для отсыпки насыпи, и кавальеры - параллельные дороге валы, в которые укладывают грунт из выемок не потребовавшийся для отсыпки смежных участков насыпей. Другими словами, земляным полотном называют всю часть полосы отвода, затронутую земляными работами.

Проезжая часть и обочины отделяются от прилегающей местности правильно спланированными наклонными плоскостями - откосами. В выемках и боковых канавах различают внешний и внутренний откосы. Линия сопряжения поверхностей обочины и откоса насыпи или внутреннего откоса канавы образует бровку земляного полотна. Расстояние между бровками условно называют шириной земляного полотна. Крутизну откосов характеризуют коэффициентом заложения, который определяется отношением высоты откоса к его горизонтальной поверхности - заложению.

Откосам малых насыпей для возможности съезда автомобилей с дороги в аварийных случаях целесообразно придавать заложение 1:5 или 1:6. Это способствует также уменьшению заносимости дороги снегом и повышает безопасность движения.

При высоте насыпи менее 6 м исходя из требований экономии земляных работ откосы устраиваем с заложением 1: 1,5. Такие насыпи вполне устойчивы. Более крутые откосы высоких насыпей при увлажнении грунта могут оползать под действием собственного веса грунта или веса съехавшего на обочину автомобиля.

В настоящее время по действующим правилам сооружения земляного полотна принимаем следующие коэффициенты заложения откосов: не круче

1:4 для насыпей высотой до 3 м на дорогах I - III категорий и 1:3 для насыпей высотой до 2 м на дорогах остальных категорий. Более высокие насыпи, а также насыпи на ценных плодородных землях, строящиеся из грунта, привозимого из закладываемых вдалеке от дороги грунтовых карьеров, или строящиеся в местах, где съезд с дороги невозможен, допускается возводить с более крутыми откосами 1:1,5 при обязательной установке ограждений на высоких насыпях. В мелких песчаных и пылеватых грунтах в районах с влажным климатом крутизну откосов уменьшаем до 1:1,75.

Для устойчивости высоких насыпей, за исключением случаев отсыпки их из валунных, гравелистых и щебенистых грунтов, которым можно придавать постоянную крутизну до высоты 12 м, нижнюю часть откосов, начиная с 6 м от бровки земляного полотна, делаем более пологой с заложением откосов 1:1,75. При возведении насыпей из камня слабовыветривающихся скальных пород откосам придаём заложение от 1:1,3 до 1:1,5. Для насыпей высотой 2 м и менее имеются два типа поперечных профилей: обтекаемый и не обтекаемый. Основной из них - обтекаемый поперечный профиль - применяем при возможности получения для постройки дороги широкой полосы местности, (полосы отвода), имеет округленные очертания, которые способствуют его плавному обтеканию снеговетровым потоком и меньшей заносимости снегом. Если дорогу прокладываем по малоценным землям, грунт для отсыпки насыпи берём из устраиваемых рядом с насыпью неглубоких выработок - резервов. Размеры резервов определяем исходя из количества грунта, необходимого для отсыпки земляного полотна. Глубина резервов должна быть не более 1,5 м и не менее 0,3 м. На участках с поперечным уклоном местности резервы располагаем с нагорной стороны, на горизонтальных - с одной или двух сторон в зависимости от местных условий.

4. Проектирование земляного полотна

4.1 Общие положения по проектированию

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 возведению полотна. Также с учетом 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.

Земляное полотно включает следующие элементы:

- верхнюю часть земляного полотна (рабочий слой - часть полотна, располагающаяся в пределах земляного полотна от низа дорожной одежды на $2/3$ глубины промерзания, но не менее 1,5 м от поверхности покрытия проезжей части);
- тело насыпи (с откосными частями);
- основание насыпи (массив грунта в условиях естественного залегания, располагающийся ниже насыпного слоя, а при низких насыпях - и ниже границы рабочего слоя);
- основание выемки массив грунта ниже границы рабочего слоя;

- откосные части выемки;
- устройство для поверхностного водоотвода;
- устройства для понижения или отвода грунтовых вод (дренаж);
- поддерживающие и защитные геотехнические устройства и конструкции, предназначенные для защиты земляного полотна от опасных геологических процессов (эрозии, абразии, селей, лавин, оползней и т.п.).

Особенности инженерно-геологических условий участка следует определять типом местности по условиям увлажнения верхней толщи грунтов и характеру поверхностного стока, свойствами и условиями залегания грунтов в пределах толщи, принимаемой во внимание при проектировании, геологическими. Также гидрологическими и мерзлотными условиями и процессами, включая воздействие техногенных факторов (с учетом освоенности территории), геоморфологическими особенностями (рельефом) и др.

По условиям увлажнения верхней толщи грунтов различают три типа местности:

- 1-й - сухие участки;
- 2-й - сырые участки избыточным увлажнением в отдельные периоды года;
- 3-й - мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением.

При проектировании земляного полотна следует применять типовые или индивидуальные решения, в том числе типовые решения с индивидуальной привязкой. Индивидуальные решения, а также индивидуальную привязку типовых решений следует применять при соответствующих обоснованиях:

- для насыпей 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 4 м с выторфовыванием или при наличии поперечных уклонов дна болота более 1:10;
- для насыпей, сооружаемых на слабых основаниях
- при использовании в насыпях грунтов повышенной влажности;
- при применении прослоек из геотекстильных материалов;
- при применении специальных прослоек (теплоизолирующих, гидроизолирующих, дренирующих, капилляропрерывающих, армирующих и т.п.) для регулирования водно-теплового режима верхней части земляного полотна, а также специальных поперечных профилей;
- при сооружении насыпей на просадочных грунтах;
- для выемок с высотой откоса более 12 м в нескальных грунтах и более 16 м в скальных при благоприятных инженерно-геологических условиях;
- 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 районах избыточного увлажнения, а также в глинистых грунтах и скальных размягчаемых 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, карста, обвалов, осыпей, селей, снежных лавин, наледи, вечной мерзлоты и т.п.;

- при воздействии земляного полотна с применением взрывов или гидромеханизации.

Индивидуально необходимо также проектировать водоотводные, дренажные, поддерживающие, защитные и другие сооружения, обеспечивающие устойчивость земляного полотна в сложных условиях, а также участки сопряжения земляного полотна с мостами и путепроводами.

Для нормальной эксплуатации дороги необходимо, чтобы ровность покрытий оставалась неизменной в течение всего периода эксплуатации. Это достигается только при прочном и устойчивом земляном полотне, не дающем просадок и не подверженном процессам пучинообразования.

Под прочностью земляного полотна понимается его способность сохранять, не деформируясь при действии внешних сил и природных факторов, приданные ему размеры и форму. Под устойчивостью - сохранение предусмотренного проектом положения в пространстве без смещений и просадок.

4.2 Расчет объема земляных работ

Одной из обязательных задач, которую приходится решать при проектировании автомобильных дорог является подсчет объёмов земляных работ, которые затем используют для решения задачи распределения земляных масс, разработки проекта организации строительства и определения сметной стоимости строительства.

Объем земляных работ V , который нужно произвести для возведения насыпи, или разработки выемки определяется по формуле:

$$V = F_{cp} \cdot lV = F_{cp} \cdot l, \quad (4.1)$$

где F_{cp} - средняя площадь сечения земляного полотна,
 l - длина участка.

Среднее сечение насыпи и выемки соответственно определяется по следующим формулам:

$$F_{cp}^H = B \cdot H_{cp} + m \cdot H_{cp}^2 F_{cp}^H = B \cdot H_{cp} + m \cdot H_{cp}^2, \quad (4.2)$$

$$F_{cp}^H = B \cdot H_{cp} + 2 \cdot \omega_k + n \cdot H_{cp}^2 + 2 \cdot b_k \cdot H_{cp}$$

$$F_{cp}^H = B \cdot H_{cp} + 2 \cdot \omega_k + n \cdot H_{cp}^2 + 2 \cdot b_k \cdot H_{cp}, \quad (4.3)$$

где B - ширина земляного полотна поверху, м; $B = 12$ м;

m - коэффициент крутизны откоса; $m = 3$;

H_{cp} - средняя высота насыпи на отрезке длиной l , м;

ω_k - площадь кювета;

b_k - ширина кювета поверху; $b_k = b_0 + 2 \cdot h_k \cdot m$;

b_0 - ширина кювета понизу, $b_0 = 0,6$ м;

h_k - высота кювета, $h_k = 0,5$ м.

Кроме того, учитывается поправка на разность рабочих отметок, в том случае, если эта разность составляет более 1 м вычисляемая по формуле:

$$\frac{m \cdot (H_1 - H_2)^2}{12}. \quad (4.4)$$

При возведении земляного полотна из экологических соображений, а так же для увеличения прочности сооружения производят срезку растительного грунта, который в дальнейшем используют для рекультивации земель в полосе отвода

Поправки на объем срезки почвенного слоя вычисляются по следующим формулам:

при насыпи:

			2										
		20			3,20		1382,400		129,600			0,484	93,800
	26		2,9 8										
		30			2,68		1607,006		175,500			1,395	140,700
	26	30	2,3 7										
		70			2,11		2707,341		362,040			2,366	328,300
	27		1,8 5										
		100			1,03		1554,270		387,600			33,620	469,000
	28		0,2 1										
		100			0,31		400,830		301,200			0,500	469,000
	29		0,4 1										
		100			0,47		630,270		320,400			0,180	469,000
3	30		0,5 3										
		100			1,93		3421,688		495,000			97,301	469,000
	31		3,3 2										
		100			2,87		5900,468		607,800			10,351	469,000
	32		2,4 1										
		100			1,97		3516,368		499,800			0,000	469,000
	33		1,5 2										
		50			0,95		700,954		188,700			0,000	234,500
	33	50	0,3 7										
		50			0,53		356,344		163,500			0,000	234,500
	34		0,6 8										
		100			1,16		1795,680		403,200		850,000	11,520	469,000
	35		1,6 4										
		100			1,46		2381,108		438,600		850,000	1,711	469,000
	36		1,2 7										
		100			1,32		2106,720		422,400		850,000	0,125	469,000
	37		1,3 7										
		100			2,01		3624,030		505,200				
	38		2,6 5										
		200			2,67		10657,335		1167,600			0,000	938,000
	39		2,6 8										
		100			2,34		4450,680		544,800			0,000	469,000
4	40		2,0 0										
		55			1,00		825,000		211,200		467,500	27,500	257,950

	40	55		0,0 0	0,00									
			45				0,7 4		473,526		195,120	382,500	0,000	211,050
	41				1,48									
			100				1,5 0		2475,000		616,000	850,000	0,000	469,000
	42				1,52									
			100				0,7 9		1126,868		444,400	850,000	0,000	469,000
	43				0,05									
			100				0,3 4		442,680		337,600	850,000	0,000	469,000
	44				0,63									
			100				0,6 5		906,750		412,000	850,000	0,000	469,000
	45				0,67									
			50				0,3 4		217,834		168,200	425,000	0,000	234,500
	45	50		0,0 0	0,00									
			50			0,37		242,535		154,200			3,423	234,500
	46			0,7 4										
			80			1,29		1637,784		335,040			0,000	375,200
	46	80		1,8 4										
			20			2,16		798,336		104,640			0,000	93,800
	47			2,4 8										
			60			1,79		1865,538		287,280			0,000	281,400
	47	60		1,1 0										
														Итого:

Объем земляных работ: 298840 м³

Заключение

Основными разделами курса являются: обоснование требований к элементам трассы дороги и их взаимному сочетанию, проектирование земляного полотна, дорожной одежды, правила проложения трассы дороги на местности, проектирование мостовых переходов и труб, изыскания дорог и составление проектов.

Проектирование автомобильных дорог - учебная дисциплина, рассматривающая принципы технико-экономического обоснования размеров всех элементов дороги на основе комплексного учета её государственного значения, природных условий и требований эффективности, экономичности и безопасности автомобильных перевозок, а также методы выбора направления дороги на местности и составления проекта её постройки.

При проектировании автомобильных дорог существенное внимание необходимо уделять проектированию наружного водоотвода и проектированию малых искусственных сооружений: водопропускных труб и малых мостов. При «правильном» проектировании, т.е. при проектировании, учитывающим все правила, нормы и требования СНиПа, а также при учете климатических, геологических и гидрологических условий можно добиться существенного снижения, как объемов работ, так и сроков строительства, что в свою очередь приводит к снижению стоимости сооружений.

Список использованной литературы

1. Строительные нормы и правила СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги» Москва, 1997;
2. Бабков В.Ф., Автомобильные дороги: Учебник для вузов.-3-е издание.- М.: Транспорт, 1983. 280 с.
3. Справочник инженера - дорожника: Проектирование автомобильных дорог. Под ред. Г.А. Федотова. -М.: Транспорт, 1989. -437 с.;
4. Булдаков С.И. «Проектирование основных элементов автомобильной дороги» Екатеринбург, «Уральский государственный лесотехнический
5. Курс лекций по «проектированию автомобильных дорог»;
6. Курс лекций по «технологии и организации строительства автомобильных дорог»