Лекция №13. ДОРОГА В ПРОДОЛЬНОМ ПРОФИЛЕ

Продольным профилем называют графическое изображение сечения дороги вертикальной плоскостью, проходящей через ее ось. Чертеж продольного профиля является основным техническим документом проекта дороги. Он вычерчивается в строгом соответствии с установленными правилами на листе миллиметровой бумаги в рамке высотой 28см и длиной до 1 м.

На чертеже продольного профиля трассу дороги изображают в виде *проектной* (красной) *линии*, которая для попой дороги соответствует положению линии бровки земляного полотна, а для реконструируемой — линии оси. Линию естественной поверхности земли по оси дороги на чертеже продольного профиля иногда называют *черным профилем*. Проектную линию вычерчивают в два раза толще линии поверхности земли. Черный профиль наносят на чертеж продольного профиля по данным нивелирования трассы. При проектировании несложных объектов продольный профиль дороги может быть составлен по крупномасштабному плану (1:10000 и крупнее) с горизонталями, Положение проектной линии получают в результате проектирования трассы в продольном, профиле. При этом выявляется крутизна подъемов и спусков на дороге (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 линии на одной вертикали называют *рабочей отметкой*. Если дорога проходит в насыпи, рабочие отметки подписывают выше проектной линии, если в выемке — ниже ее.

Продольный профиль для большей наглядности 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 оба масштаба принимают крупнее, соответственно 1:2000 и 1:200. Профиль дорог населенных пунктов может вычерчиваться в еще более крупном масштабе. Соотношение масштабов 1:10 во всех случаях сохраняется.

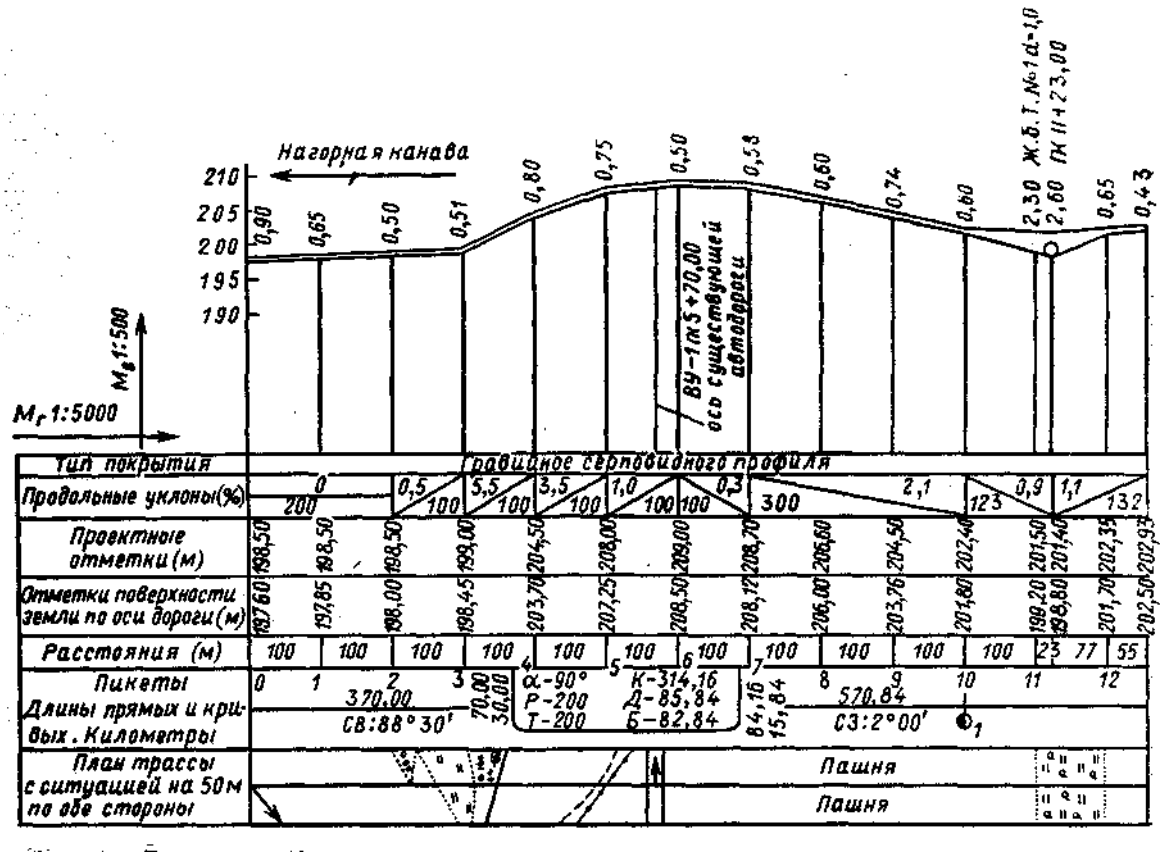


Рис.5. Продольный профиль дороги

На рисунке 5 показан пример оформления продольного профиля участка сельскохозяйственной дороги.

Продольный профиль обычно строят в условных отметках. В таблице 2 приводятся размеры и содержание сокращенной сетки продольного профиля с указанием ее размеров.

Основные требования к проектированию дороги в продольном профиле. Проектирование дороги осуществляют одновременно на плане и в продольном профиле В процессе проектирования производят взаимную увязку и корректировку всех элементов плана и профиля.

Таблица 2

Тип покрытия		0,5 см
Проектные	уклоны/расстояния	1,0 см
	отметки	1,5 см
Отметки поверхности земли по оси дороги		1,5 см
Расстояния		1,0 см
Пакеты, длины прямых и кривых, километры		2,0 см
План трассы с ситуацией на 50 м по обе стороны дороги		2,0 см

При этом соблюдают основные требования, которые сводятся к обеспечению безопасности и плавности движения по дороге с расчетными скоростями, а также наименьшего объема земляных работ, устойчивости и долговечности земляного полотна и дорожной одежды. Безопасность и плавность движения тори проектировании продольного .профиля обеспечивают правильным назначением величин радиусов вертикальных кривых соответствующим выбором крутизны спусков и подъемов их последовательностью, учетом всех местных условий. Устойчивость и долговечность

земляного полотна обеспечивают соответствующим назначением высоты насыпей и глубины выемок в зависимости от рельефа, гидрологических, гидрогеологических и других условий, а также выполнением эксплуатационных требований (защита дороги от грунтовых и поверхностных вод от снежных и песчаных заносов и пр.).

Для проектирования дороги в продольном профиле необходимо иметь следующие исходные данные.

1. *Наибольшие допустимые величины продольных уклонов.* Они зависят от рельефа местности, характера и состава движения по дороге и принимаются исходя из технических условий с учетом требований эксплуатационного задания. Для улучшения эксплуатационных показателей дороги желательно назначать продольные уклоны возможно меньшими (для сельскохозяйственных дорог до 4%), если это не вызывает значительного увеличения объема земляных работ.

Чем выше проектные скорости на дороге, тем меньше должны быть ее продольные уклоны. Например, дороги I категории проектируют с продольным уклоном не более d%, а на сельскохозяйственных дорогах он может достигать 11%. Когда предполагается массовое движение грузовых автомобилей с прицепами (автопоездов) наибольшие продольные уклоны не должны превышать 7%.

В соответствии с техническими требованиями на проектирование автодорог наибольшие продольные уклоны в зависимости от категории или группы дороги могут быть следующими:

Категория дороги общей сети		Группа сельскохозяйственной дороги	
IV	V	I	II
6 (7,9)	7 (9,10)	7 (9,10)	9 (10,11)

В скобках указаны допустимые величины продольных уклонов (в %) для трудных участков пересеченной и горной местности.

2. Наименьшие продольные уклоны. Продольные уклони на дорогах появляются в связи с желанием вписать дорогу и рельеф местности и могут быть любыми (положительными, нулевыми, отрицательными). Но на участках, где дорога проходит в выемке, для облегчения водоотвода проектировать дорогу с нулевыми уклонами не рекомендуется. В выемках дорогу и кюветы проектируют с продольными уклонами для глинистых грунтов не менее 0,5%, а для песчаных —0,3%.

3. *Рекомендуемая рабочая отметка земляного полотна,* то есть высота насыпи, принимается по техническим условиям и зависимости от характера увлажнения местности, дорожно-климатической зоны и качества грунтов земляного полотна.

4. *Наименьшие радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых.* Для сельскохозяйственных дорог первой группы наименьшие радиусы выпуклых вертикальных кривых допускаются 2500 (1000-600) м, а второй группы - 1000 (600 - 400) м. Для вогнутых кривых наименьшие радиусы могут быть снижены до 100 м (см. приложение 2).

В целях увеличения скорости движения в нестесненных условиях радиусы вертикальных выпуклых кривых рекомендуется принимать не менее 5000 м.

5. *Расстояние между вершинами разноименных переломов проектной линии* (шаг проектирования) должно быть не менее 100 м в равнинной и пересеченной местности и 50 м — в горной. Для дорог общей сети, отнесенных к IV категории, это расстояние должно быть равно 150 м и V категории — 100 м.

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

7. Ведомость черных отметок, то есть 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 приближением она может быть составлена также по крупномасштабной карте с горизонталями (1:5000—1:10000).

При проектировании сельскохозяйственных дорог применяют два основных метода нанесения проектного профиля дороги — по обертывающей и 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 местности и защиты земляного полотна от воздействия грунтовых и застойных поверхностных под. 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 автодорог высоких категорий (I и II), где требуется обеспечение большей скорости и плавности движения, что достигается небольшими продольными уклонами без частых изломов проектной линии.

Продольный профиль проектируют в следующем порядке. На миллиметровой бумаге вычерчивают сетку профиля с соблюдением рекомендуемых размеров, указывают горизонтальный и вертикальный масштабы; по данным нивелирования трассы и проектирования ее на плане заполняют псе строки сетки, за исключением тех, которые заполняют уже 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. 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, проектная линия может быть намечена ниже линии черного профиля. При этом стремятся избегать мелких выемок, так как их интенсивно заносит снегом. Таким образом, проектную линию намечают также в виде ломаной. Уклоны отрезков проектной линии на всем протяжении не должны превышать наибольших, допустимых по техническим условиям.

Длина каждого отрезка проектной линии (шаг проектирования), считая по горизонтали, не должна быть меньше допустимой. 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 проектной линии, двигаясь слева направо.

Уклоны вписывают в сетку профиля в целых тысячных ($^0/_{00}$) или в процентах ($^0/_0$). Проектную отметку получают только путем вычисления по назначенному уклону, используя следующую зависимость:

$$H_n = H_{n-1} \pm il,$$

где $H_л$ —отметка искомой точки;

H_{n-1} — 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» отмечают вертикальными черточками вес точки переломов

проектной линии, то есть границы отрезков проектирования. Между черточками пишут простую дробь, числителем которой является уклон, а знаменателем — длина отрезка проектной линии (в м). Черта дроби наклоняется в сторону наклона проектной линии.

После вычисления и обозначения на всех пикетах и плюсах проектных уклонов и отметок по всей длине профиля вычисляют рабочие отметки.

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, когда алгебраическая разность уклонов отрезков проектной линии, образующих угол, превышает 2% для дорог низших категорий, в том числе сельскохозяйственных, и 0,5% — для дорог высоких категорий.

Для проектирования вертикальной кривой необходимо знать ее радиус R и алгебраическую разность уклонов i_1 - i_2. Принято на продольном профиле считать уклоны положительными на подъемах и отрицательными — на спусках (по ходу профиля слева направо). Например, если уклоны отрезков проектной линии, образующие на профиле угол i_1=0,050 (подъем), а i_2 = -0,003 (спуск), алгебраическая разность будет равна $i_1 - i_2$ = 0,050 - (-0,003) =0,053.

С достаточной точностью элементы вертикальной выпуклой или вогнутой кривой с принятым радиусом R вычисляют по приближенным формулам:

$$\text{длина кривой } K = R\,(i_1 - i_2);$$

$$T = \frac{K}{2}; \qquad \text{биссектриса } Б = \frac{T^2}{2R} = \frac{K^2}{8R}$$

Радиусы выпуклых кривых определяют из условия обеспечения необходимой видимости поверхности дороги, а вогнутых — с учетом того, чтобы центробежная сила $\frac{Qv_1^2}{gR}$ увеличивающая нагрузку на шасси автомобиля, не превышала 5% его веса Q:

$$\frac{Qv_1^2}{gR} = 0,050$$

где v_1 - скорость автомобиля (м/с);

g - ускорение силы земного тяготения.

Приведенное выражение после упрощения имеет вид:

$R = 2v_1^2$, а если выразить скорость в км/ч, то

$$R = \frac{v^2}{6.5}\,м$$

При проектировании дорог радиусы вертикальных кривых рекомендуется принимать возможно большими (выпуклых не менее 5000 м, а вогнутых не менее 2500 м). Наименьшие радиусы кривых ограничиваются техническими условиями.

Вертикальные кривые изменяют ранее вычисленные рабочие отметки на продольном профиле: в насыпях выпуклые кривые уменьшают рабочие отметки, а вогнутые увеличивают; в выемках — наоборот. Поправка к рабочей отметке y (ордината вертикальной кривой) в точке перелома профиля равна биссектрисе Б, а в произвольной точке кривой, расположенной на расстоянии x от начала или конца кривой,

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

Поправку y вычисляют для всех пикетов и плюсовых точек в пределах кривой. На профиле ранее вычисленные рабочие отметки берут в скобки, а новые отметки, полученные с учетом поправки y, проставляют рядом.

Поправки на вертикальные кривые учитывают путем увеличения рабочих отметок на

выпуклых и уменьшения их на вогнутых кривых с тем, чтобы исправленные рабочие отметки находились в пределах рекомендуемых.

На профиле вертикальную кривую показывают в виде горизонтально расположенной прямоугольной скобы с серединой 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 (м). Над скобой выписывают элементы кривой (*R, T, K, Б*)

Осн. 1[32-44],

Доп.2 [40-47]

Контрольные вопросы:

1) Что называют продольным профилем?

2) Назовите основные требования к проектированию дороги в продольном профиле?

3) Какие исходные данные необходимо иметь для проектирования дороги в продольном профиле?

4) Какие методы применяют при проектировании сельскохозяйственных дорог?

5) Что необходимо знать для проектирования вертикальной кривой?