

5 ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕМЕНТАМ ДОРОГИ В ПРОДОЛЬНОМ И ПОПЕРЕЧНОМ ПРОФИЛЯХ

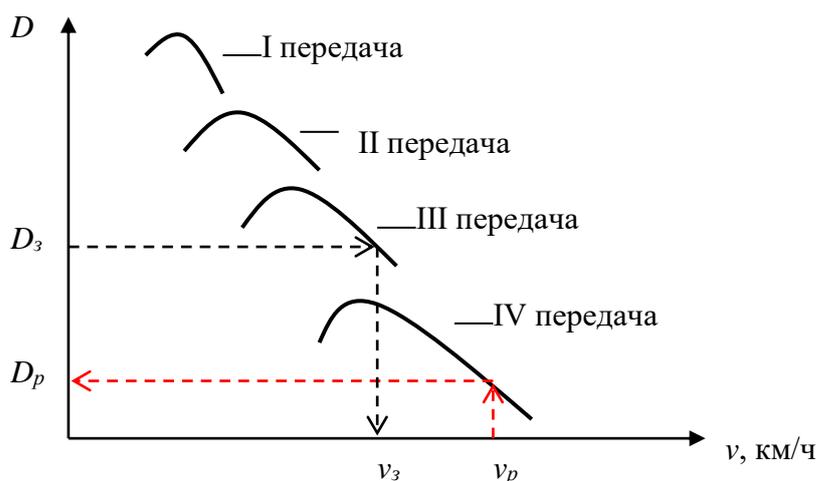
- 5.1. Нормирование продольных уклонов
- 5.2. Назначение радиусов выпуклых вертикальных кривых
- 5.3. Назначение радиусов вогнутых вертикальных кривых
- 5.4. Ширина проезжей части и обочин
- 5.5. Уширение проезжей части на вогнутых вертикальных кривых
- 5.6. Устройство дополнительных полос проезжей части
- 5.7. Аварийные съезды

5.1 Нормирование продольных уклонов

Поток автомобилей, движущихся по дороге, состоит из транспортных средств разных типов, имеющих различную грузоподъемность и скорость движения.

Максимальные допустимые уклоны при той или иной постоянной скорости движения определяются по графику динамической характеристики автомобиля, взятого в качестве расчетного, и уравнения движения автомобиля.

Сначала по графику динамической характеристики для расчетного автомобиля находят динамический фактор, соответствующий расчетной скорости v_p .



Далее подставляют его в уравнение движения автомобиля:

$$D_p = f \pm i \pm \delta_{ep} \cdot j .$$

При постоянной скорости и равномерном движении автомобиля силы инерции равны 0, т.е., $\delta_{ep} \cdot j = 0$. Тогда

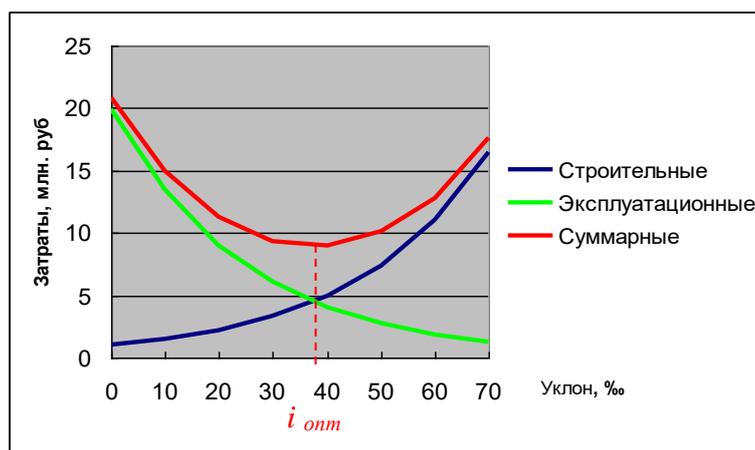
$$D_p = f \pm i .$$

Наибольший продольный уклон отсюда определится как $i_{\max} = D_p - f$.

Отложив это значение на графике, можно найти соответствующую скорость.

Для достижения высоких скоростей автомобиля продольные уклоны должны быть положительными, а участки с постоянными уклонами – длинными.

При нормировании продольных уклонов исходят из принципа наименьших суммарных затрат.

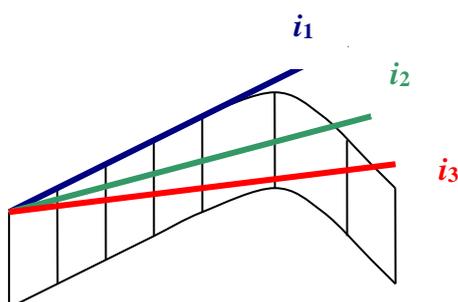


В экономической оценке проектируемого участка дороги учитывают строительные затраты C и эксплуатационные затраты \mathcal{E} , т.е. вычисляют приведённые затраты:

$$K = C + \mathcal{E}$$

Минимальное значение суммарных затрат достигается в точке $i = i_{onm}$: $\min(K) = K(i_{onm})$.

На стоимость строительства в основном влияют объёмы земляных работ, которые в холмистой местности возрастают с уменьшением уклона дороги.



Таким образом, строительные затраты возрастают с уменьшением уклона. Эксплуатационные затраты на проезд одного автомобиля наоборот возрастают с увеличением продольных уклонов. Оптимальное значение продольного уклона соответствует минимуму суммарных затрат. Если отнести эти затраты к одному автомобилю,

$$\frac{K}{N_p} = \frac{C}{N_p} + \mathcal{E}_{mc}$$

или $K_{mc} = C_{mc} + \mathcal{E}_{mc}$, где $K_{mc} = \frac{K}{N_p}$, $C_{mc} = \frac{C}{N_p}$ — удельные суммарные и строительные затраты.

Удельные строительные затраты будут тем меньше, чем больше интенсивность движения N_p . Отсюда следует вывод, что на дорогах низких категорий с небольшой интенсивностью движения, удельные строительные затраты превышают эксплуатационные затраты на проезд одного автомобиля, поэтому на этих дорогах большие значения продольных уклонов. На дорогах высоких категорий, наоборот, эксплуатационные затраты превышают удельные строительные затраты, поэтому допускаемые уклоны делают меньшими.

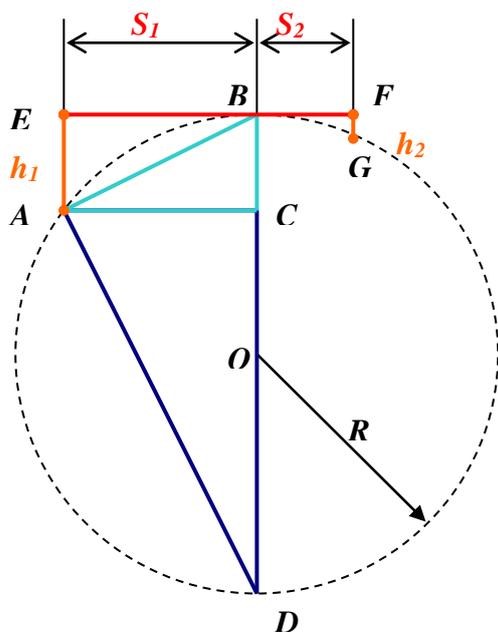
Таким образом, СП 13330.2012 «Автомобильные дороги» рекомендует проектировать дороги всех категорий с уклонами, не превышающими 30‰ лишь тогда, когда это не приводит к чрезмерному удорожанию стоимости строительства.

В особо трудных условиях горной местности разрешается увеличивать продольный уклон против норм не более, чем на 20‰, если это даёт значительное снижение расходов на строительство.

Чем больше протяжённость подъёма, тем сильнее проявляется влияние продольного уклона на условия движения автомобиля.

5.2 Назначение радиусов выпуклых вертикальных кривых

Значения радиусов выпуклых кривых определяют из условия обеспечения расчётной видимости поверхности дороги водителем автомобиля. Расчёт исходит из простых геометрических соотношений.



Рассмотрим участок дороги, запроектированный в виде выпуклой вертикальной кривой радиуса R . Пусть автомобиль находится в точке A . Возвышение глаза водителя – в точке E на расстоянии h_1 от поверхности дороги. Высота препятствия, видимость которого должна быть обеспечена – h_2 .

Расчётное расстояние видимости складывается из двух отрезков S_1 и S_2 . Найдём S_1 из подобия $\triangle ABC$ и $\triangle ADC$:

$$\frac{|AC|}{|BC|} = \frac{|DC|}{|AC|} \quad (5.1)$$

Здесь $|AC| = S_1$; $|BC| = h_1$; $|DC| = 2R - h_1$.

Тогда, подставляя в пропорцию (1), получим

$$\frac{S_1}{h_1} = \frac{2R - h_1}{S_1}$$

Или, раскрывая пропорцию, $S_1^2 = (2R - h_1)h_1$. Так как, $h_1 \ll 2R$, то пренебрежём h_1 в скобках. Тогда

$$S_1 = \sqrt{2Rh_1} \quad (5.2)$$

Аналогичные рассуждения можно провести для препятствия. Тогда

$$S_2 = \sqrt{2Rh_2} \quad (5.3)$$

Расчётное расстояние видимости: $S_p = S_1 + S_2 = \sqrt{2R}(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$.

Отсюда

$$R = \frac{S_p^2}{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \quad (5.4)$$

5.3 Назначение радиусов вогнутых вертикальных кривых

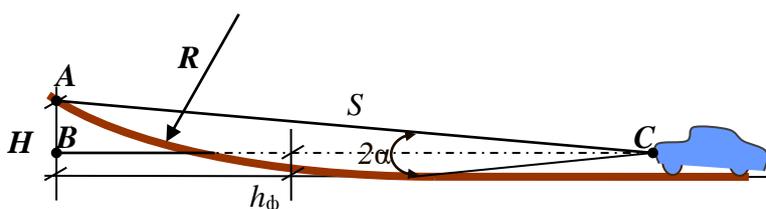
Радиусы вогнутых кривых определяют исходя из значения центробежной силы, допустимой по условиям самочувствия пассажиров и перегрузки рессор.

По определению центростремительное ускорение $a_g = \frac{v^2}{R_g}$. Тогда

$$R_g = \frac{v^2}{a_g}. \quad (5.5)$$

При разработке норм на проектирование вертикальных кривых в нашей стране принимают равным $a_g=0,5 \div 0,7 \text{ м/с}^2$ [3].

Вогнутые кривые малых радиусов неудобны для движения в ночное время, т.к. свет фар освещает поверхность покрытия вблизи от автомобиля на расстоянии меньшем расчетной видимости.



Рассмотрим схему. Верхняя граница освещенного участка дороги находится на высоте H от горизонтальной плоскости, проходящей через вершину кривой. Высота находится по формуле

$$H = h_\phi + S \cdot \sin \alpha, \quad (5.6)$$

где h_ϕ – возвышение центра фары над поверхностью дороги, S – расчетное расстояние видимости, α – половина угла распространения пучка лучей фар в вертикальной плоскости. Из геометрических соображений, связывающих хорду и радиус, следует связь

$$|AC|^2 \approx 2R \cdot H$$

или

$$S^2 \approx 2R(h_\phi + S \sin \alpha).$$

Тогда

$$R \approx \frac{S^2}{2(h_\phi + S \sin \alpha)}.$$

Поскольку угол α мал, то можно принять

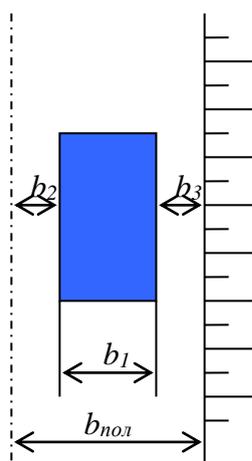
$$R \approx \frac{S^2}{2h_\phi}. \quad (5.7)$$

СП 13330.2012 «Автомобильные дороги» рекомендует, если это возможно по местным условиям и не ведёт к удорожанию строительства, применять радиусы вертикальных выпуклых кривых не менее 70000 м (длина кривой более 300 м) и вогнутых кривых 8000 м (длина кривой не менее 100 м).

5.4 Ширина проезжей части и обочин

Автомобиль фактически движется по некоторой синусоидальной траектории. Отклонения этой траектории от прямой тем больше, чем выше скорость движения автомобиля.

Необходимая ширина полосы движения $b_{пол} = b_1 + b_2 + b_3$ складывается из ширины кузова автомобиля b_1 , расстояния от кузова до края смежной полосы b_2 , расстояния от колеса до кромки проезжей части b_3 .



Расстояния b_2 и b_3 зависят от индивидуальных особенностей водителей и меняются в известных пределах. Поэтому необходимые их значения могут быть установлены только на основе большого числа наблюдений.

В настоящее время при расчётах ширины проезжей части дорог I-III категорий исходят из меньших скоростей движения, чем при обосновании требований к элементам плана и продольного профиля из-за дороговизны дорожной одежды.

На автодорогах, проходящих в пересечённой местности, скорость меняется на протяжении чередующихся подъёмов и спусков, поэтому на участках высоких скоростей желательно устраивать более широкую проезжую часть.

5.5 Уширение проезжей части на вогнутых вертикальных кривых



В соответствии с СП 13330.2012 «Автомобильные дороги» ширину проезжей части дорог в пределах средней части вогнутых кривых в продольном профиле с алгебраической разностью уклонов $|-i_1 - i_2| \geq 60$ ‰ следует увеличить с каждой стороны. Величины уширений приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Категория дороги	Величина уширения, м	Длина уширенного участка, м	Длина переходного участка, м
II, III	0,5	Не менее 100	25
IV, V	0,25	Не менее 50	15

5.6 Устройство дополнительных полос проезжей части

На участках подъёма дорог круче 30-40 ‰ с интенсивным движением (более 150-200 авт./ч в сторону подъёма) устраивают дополнительную полосу движения в сторону подъёма. Это делается для отделения из основного потока автомобилей, обладающих низкими динамическими качествами. Ширина полосы – не менее 3,5 м. Полоса начинается на расстоянии не менее, чем за 50 м до начала подъёма и продолжается не менее, чем на 50-200 м за подъёмом.

На дорогах III-й категории:

- при значениях продольных уклонов $30 \text{ ‰} < i_{пр} < 40 \text{ ‰}$ дополнительная полоса устраивается при длине участка подъёма более 1 км;
- при значениях продольных уклонов $40 \text{ ‰} < i_{пр}$ дополнительная полоса устраивается при длине участка подъёма более 0,5 км.

Переход к уширенной проезжей части следует осуществлять на участке длиной 60 м.

5.7 Аварийные съезды

На затяжных спусках с уклонами более 50 ‰ следует предусматривать противоаварийные съезды, которые устраивают перед кривыми малых радиусов, расположенными в конце спуска, а также на прямых участках спуска через каждые 800 м ÷ 1 км. Элементы противоаварийных съездов определяют расчётом из условия безопасной остановки автопоезда [3,4].



Литература

1. Федотов Г.А., Поспелов П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн.1: Учебник. – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.
2. Проектирование автомобильных дорог. Основы [Электронный ресурс]: учебное пособие /В.И. Жуков В.И., Т.В. Гавриленко. – Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2014. – 144 с.
3. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2013. – 139 с.
4. ГОСТ Р52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования (с изменениями 2014 г.). – М., 2014.