



Проектирование продольного профиля железнодорожной линии

Продольным профилем называется проекция развертки трассы на вертикальную плоскость.

Продольный профиль новой железной дороги может быть схематическим (сокращенным), который обычно строится в масштабах Мв – 1:1000, Мг – 1:25000 ÷ 1:100000 и подробным, который имеет масштабы Мв – 1:200, Мг – 1:10000. Продольный профиль новой железной дороги представляет собой проектное положение оси железной дороги в уровне бровки земляного полотна и включает в себя отдельные элементы, каждый из которых характеризуется своими уклоном, длиной и направлением (подъем или спуск).

Наиболее распространенным ограничивающим (максимальным) уклоном продольного профиля является руководящий уклон. Он входит в состав основных технических параметров и выбирается по результатам технико-экономических обоснований.

При соответствующем обосновании допускается применять различные значения руководящего уклона по направлениям.

На новых железных дорогах руководящий уклон в грузовом направлении не должен превышать: 9‰ – на особогрузонапряженных линиях, 12‰ – на линиях I категории, 15‰ – на линиях II категории, 20‰ – на линиях III категории, 30‰ – на линиях IV категории, а в трудных и особо трудных условиях на подъездных путях IV категории – 40‰.

На новых скоростных магистральных линиях руководящий уклон не должен превышать 20‰.

Крутизну руководящего уклона на затяжных подъемах, когда скорость поезда становится близкой к расчетно-минимальной, в кривых участках пути следует уменьшать на величину !!!, эквивалентную дополнительному сопротивлению от кривой, которая определяются по формулам:

при $K > l_n$ или $\Delta K > l_n$

$$i_{э(к)} = \frac{700}{R}$$

при $K = l_{см}$ если $l_{см}$

$$i_{э(к)} = \frac{12,2 \cdot \alpha}{l_n}$$

при $K > l_{см}$ если $l_{см}$

$$э(к) = \frac{12,2 \cdot \Delta \alpha}{l_n}$$

при этом

$$\Delta \alpha = \frac{\Delta K \cdot \alpha}{K}$$

где K – длина круговой кривой, м;

l_n – длина поезда, м;

$l_{см}$ – длина участка смягчения руководящего уклона, м;

$i_{э(к)}$ – уклон, эквивалентный дополнительному сопротивлению от кривой, ‰;

α – угол поворота кривой, град;
 $\Delta\alpha, \Delta K$ – части соответственно угла поворота, град, и длины кривой, м, соответствующие участку смягчения руководящего уклона;
 i_p – руководящий уклон, ‰;
 i – уклон элемента профиля, меньший, чем i_p , ‰;
 $i_{см}$ – смягченный уклон, ‰.

Смягченный уклон определяется по формуле:

$$i_{см} - i_p = i_{э(к)}$$

В проекте по согласованию с руководителем I_n может быть принята равной

$$I_n = I_{по} - 50$$

где $I_{по}$ – полезная длина приемоотправочных путей, м.

По условиям трогания поезда с места величина максимального уклона $i_{тр}$, ‰, на участках, находящихся перед возможными закрытыми сигналами светофоров, на протяжении полезной длины приемоотправочных путей не должна также превышать значения:

$$i_{тр} = \frac{F_{к(тр)}}{P + Q} - w_{тр}$$

Где $F_{к(тр)}$ – расчетная сила тяги при трогании поезда с места, кгс, зависящая от типа локомотива;

P – масса локомотива, т;

Q – расчетная масса состава поезда, т;

$w_{тр}$ – удельное сопротивление движению поезда при трогании, кгс/т.

Длина элементов профиля, если это не приводит к значительному увеличению объемов земляных работ, должна быть по возможности не менее половины полезной длины приемоотправочных путей.

Таблица 5

Категория железнодорожной линии	Наибольшая алгебраическая разность уклонов смежных элементов профиля $\Delta i_n, ‰$ (числитель) и наименьшая длина разделительных площадок и элементов переходной крутизны $I_n, м$ (знаменатель) при полезной длине приемоотправочных путей, м			
	850	1050	2×850=1700	2×1050=2100
	Рекомендуемые нормы			
Скоростная	6/250	4/300	-	-
Особогрузо-напряженная	-	3/250	3/250	3/400
I	6/200	4/250	3/250	3/300
II	8/200	5/250	4/250	3/300
III	13/200	7/200	7/250	4/250
IV	13/200	8/200	8/250	-
Допускаемые нормы				
Скоростная	10/250	9/300	-	-
Особогрузо-напряженная	-	10/200	5/250	4/300
I	13/200	10/200	5/250	4/300
II	13/200	10/200	6/250	4/250
III	13/200	10/200	8/250	6/250
IV	20/200	10/200	10/200	-

Алгебраическая разности уклонов смежных элементов определяются по формуле $\Delta i = i_2 - i_1$ и не должна превышать нормативных значений Δi_n , указанных в табл. 5.

При алгебраической разности уклонов, превышающей нормативные значения, смежные элементы следует сопрягать с помощью разделительных площадок или/и элементов переходной крутизны.

Допускаемые нормы, указанные в табл. 5, разрешается применять лишь на участках пути, где скорости поездов в обоих направлениях близки к минимальным расчетным и где отсутствуют тормозные спуски, т.е. на возвышениях профиля (горбах), ограниченных затяжными подъемами с обеих сторон. В остальных случаях применяют рекомендуемые нормы.

При алгебраической разности уклонов менее нормативных значений длину разделительных площадок и элементов переходной крутизны l допускается пропорционально уменьшать, но не менее чем до 25 м. Уменьшенная длина элементов профиля должна быть кратна 25 м и не менее величины, м, определенной по формуле:

$$l = l_n \cdot \frac{\Delta i_1 + \Delta i_2}{2\Delta i_n}$$

где $\Delta i_1, \Delta i_2$ – алгебраические разности уклонов, ‰, по концам элемента профиля.

Смежные элементы продольного профиля в вертикальной плоскости сопрягаются вертикальными кривыми, радиус которых R_v , км, составляет:

- на скоростных линиях – 20;
- на линиях I и II категорий – 15;
- на особонагруженных линиях и линиях III категории – 10;
- на железных дорогах IV категории – 5.

Вертикальные кривые разрешается не устраивать при алгебраической разности сопрягаемых уклонов менее, ‰

- 2,0 – при $\Delta i = 20$ км,
- 2,3 – при $\Delta i = 15$ км,
- 2,8 – при $\Delta i = 10$ км,
- 4,0 – при $\Delta i = 5$ км.

Вертикальные кривые следует размещать вне переходных кривых, а также вне пролетных строений мостов и путепроводов с безбалластной проезжей частью, а наименьшее расстояние T_v , м, от переломов продольного профиля до начала или конца переходных кривых или до начала и конца пролетных строений определять по формуле:

$$T_v = R_v \cdot \frac{\Delta i}{2}$$

где Δi – алгебраическая разность уклонов на переломе профиля, ‰.

При этом минимальное расстояние от перелома профиля до начала круговой кривой не должно быть менее, м:

$$l_{\min} = T_v + \frac{l_{\text{пер}}}{2}$$

При проектировании внутристанционных соединительных и подъездных путей IV категории в трудных условиях переломы продольного профиля допускается располагать вне зависимости от размещения переходных кривых. Продольный профиль в выемках длиной более 400 м и в выемках независимо от их

длины, устраиваемых в вечномёрзлых грунтах, необходимо проектировать уклонами одного знака (либо в виде подъема, либо в виде спуска) или клонами выпуклого очертания. При этом крутизну уклонов следует принимать не менее 2 ‰ в обычных грунтах и не менее 4 ‰ в вечномёрзлых.

Продольный профиль железнодорожных линий в снегонезаносимых районах по возможности следует проектировать в виде насыпей высотой, м:

$$h_{\text{сн}}^{\text{нас}} \geq h_{\text{сн}} + \Delta h$$

где $h_{\text{сн}}$ – расчетная годовая толщина снежного покрова в районе проектирования, м;

h – расчетное возвышение бровки земляного полотна над расчетным горизонтом, снега, м; 0,7 – для однопутных и 1,0 – для двухпутных железных дорог.

В качестве расчетной принимается толщина снежного покрова, имеющая вероятность превышения, %:

2 – для скоростных линий, особогрузонапряженных, линий I и II категорий;

3 – для линий III категории;

5 – для линий IV категории.

Бровка земляного полотна на подходах к водопропускным сооружениям в пределах разлива водотока, а также при расположении железнодорожных линий вдоль водотоков, озер, водохранилищ, морей должна возвышаться над наивысшим уровнем воды заданной вероятности превышения с учетом подпора, наката волны на откос, ветрового нагона, приливных и ледовых явлений не менее чем на 0,5 м.

Заданной вероятностью превышения при определении наивысшего уровня воды является:

1:300 (0,33%) – на скоростных, особогрузонапряженных и линиях I-III категорий общей сети;

1:100 (1%) – на линиях IV категории общей сети;

1:50 (2%) – на подъездных путях IV категории.

Технология проектирования продольного профиля на участках вольного хода, где средний уклон линии земли меньше руководящего уклона, отличается от технологии его проектирования на участках напряженного хода, где средний уклон линии земли близок к руководящему.

Общим условием и для одних и для других участков является стремление к минимуму земляных работ, т.е. к уменьшению общей площади, заключенной между проектной линией и линией земли.

На участках вольного хода уклон и длина отдельных элементов продольного профиля подбираются в большей степени по усмотрению проектировщика с учетом перечисленных выше норм и требований (рекомендуемых или допускаемых длин элемента l и алгебраической разности Δi , обеспечения минимальных снежных заносов, размещения водопропускных сооружений т.д.).

Подбор уклона элемента профиля на миллиметровой бумаге производится сначала графически с учетом вертикального и горизонтального масштабов построений. Следует помнить, что уклон, например в 5%, означает подъем или спуск на 5 м в пределах одного километра.

Полученная с необходимым уклоном линия может быть перемещена с помощью треугольника и линейки в наиболее целесообразное с точки зрения проектировщика положение, соответствующее минимальным объемам земляных работ.

С использованием такой же технологии (треугольника и линейки) может быть решена и обратная задача, т.е. определен уклон отрезка проектной линии, который нанесен проектировщиком в том или ином участке продольного профиля.

На участках напряженного хода укладки проектной линии более определена: она наносится руководящим или смягченным (в пределах круговых кривых) уклоном с учетом получения минимальных объемов земляных работ. В случае, если при графических прикидках объемы земляных работ получаются очень большие, план трассы в пределах данного участка данного участка следует изменить. Если же принятое решение приемлемо, то проектировщик может переходить к дальнейшему подсчету проектных и рабочих отметок.

Продольный профиль новых железных дорог, как правило, проектируется уклонами, округленными до целых тысячных – на перегонах, до 0,5‰ – на станциях и до 0,1‰ – в пределах участков смягчения. Длина элемента профиля на схематических продольных профилях назначается и определяется с точностью до 50 м, на подробных – до 10 м.

Проектная отметка, соответствующая оси начальной станции, принимается по профилю графически с использованием шкалы высот. Все последующие проектные отметки, м, вычисляются аналитически с точностью до 0,01 м по формуле:

$$H_{n+1} = H_n \pm i \cdot l$$

- где H_n – отметка проектной линии в начале элемента профиля, м;
 H_{n+1} – отметка проектной линии в конце элемента, м;
 i – уклон элемента профиля, ‰;
 l – длина элемента профиля, км.

Вычисленные отметки считают с наколкой переломов проектной линии, полученных графически. В случае значительного расхождения (более 0,5 мм) расчеты и графические построения проверяются.

В процессе проектирования профиля выявляются качество укладки трассы по карте. Если проектная линия на участках напряженных ходов дает большие насыпи или выемки (проектная линия зависла над землей или, наоборот, зарывается в землю), это значит, что трасса недостаточно развита и ее следует удлинить. Часто, если линия располагается на косогоре, уменьшение объемов работ легко достигается незначительным смещением трассы вниз или вверх по косогору.

Если на участке искусственного развития линии имеются уклоны меньше руководящего, то, чтобы исключить неоправданное удлинение трассы, ее в той или иной степени следует спрямить.

Рабочие отметки представляют собой разницу между проектными отметками и отметками земли. Их подсчет необходим, как правило, во всех точках перелома и линии земли, и проектной линии (точность подсчета – 0,01 м). При необходимости дополнительные отметки земли определяются интерполяцией или снимаются с карты в горизонталях.

Размещение отдельных пунктов. Продольный профиль и план путей на отдельных пунктах.

Для обеспечения безопасного и бесперебойного пропуска необходимого числа поездов и выполнения грузовой работы на железных дорогах должны быть размещены отдельные пункты.

Отдельные пункты на однопутных железных дорогах размещаются друг от друга на расстоянии расчетного времени хода, мин, пары поездов, соответствующего заданной пропускной способности проектируемого участка.