

Основы проектирования железных дорог

Практические занятия № 9, 10

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ТРАССЫ

Вопросы:

1. Элементы плана трассы. Порядок разработки плана.
2. Спрямление магистрального хода.
3. Проектирование плана трассы по вариантам.

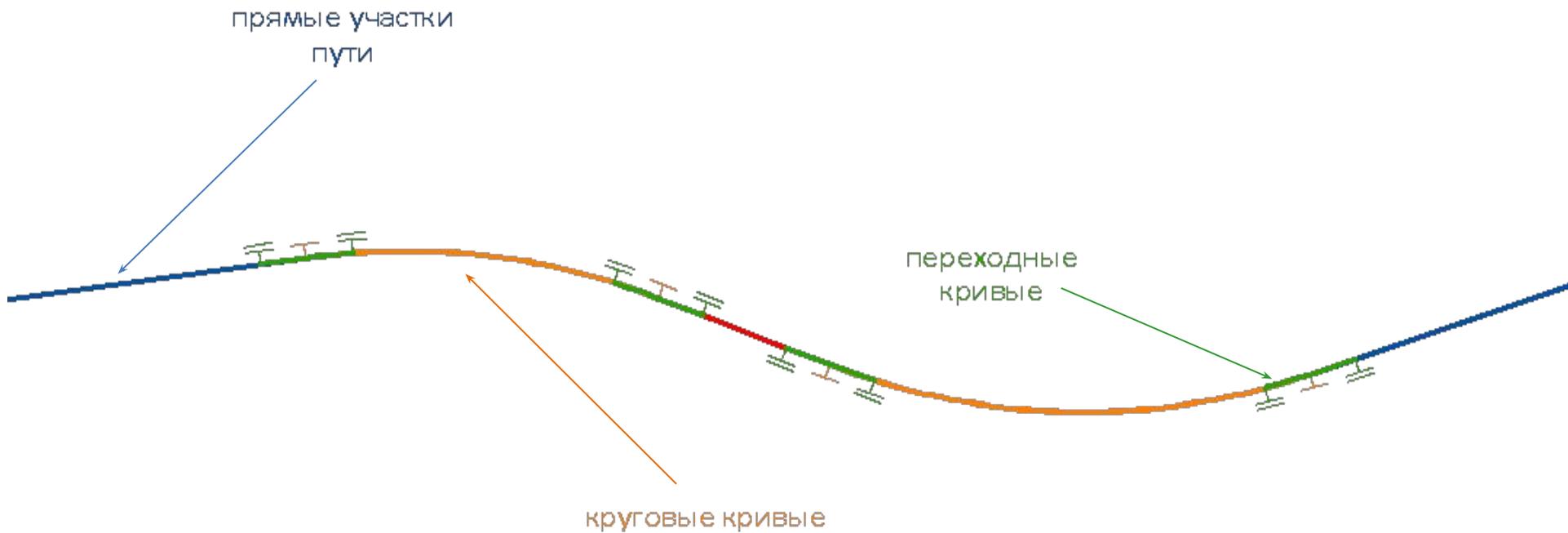
1. Элементы плана трассы. Порядок разработки плана.

План трассы – это проекция трассы на горизонтальную плоскость.



Элементы плана трассы

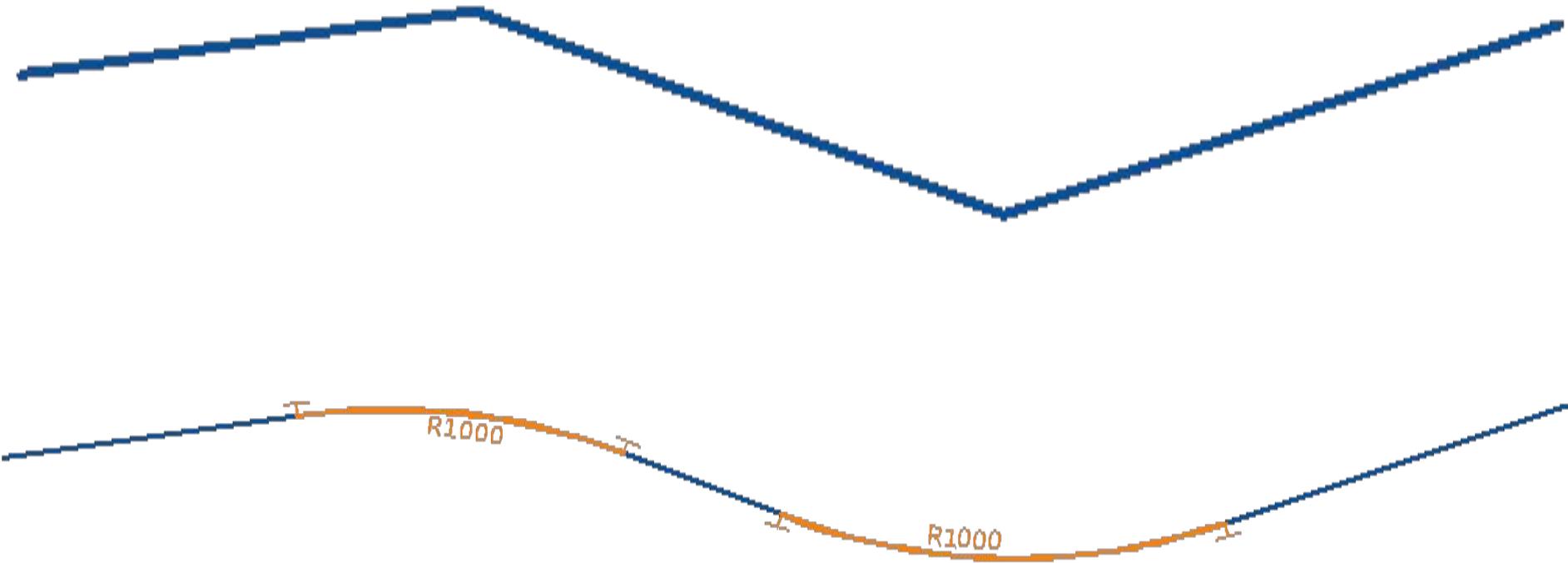
План трассы представляет собой сочетание прямых и криволинейных участков пути.



Порядок разработки плана

При проектировании **плана трассы** необходимо:

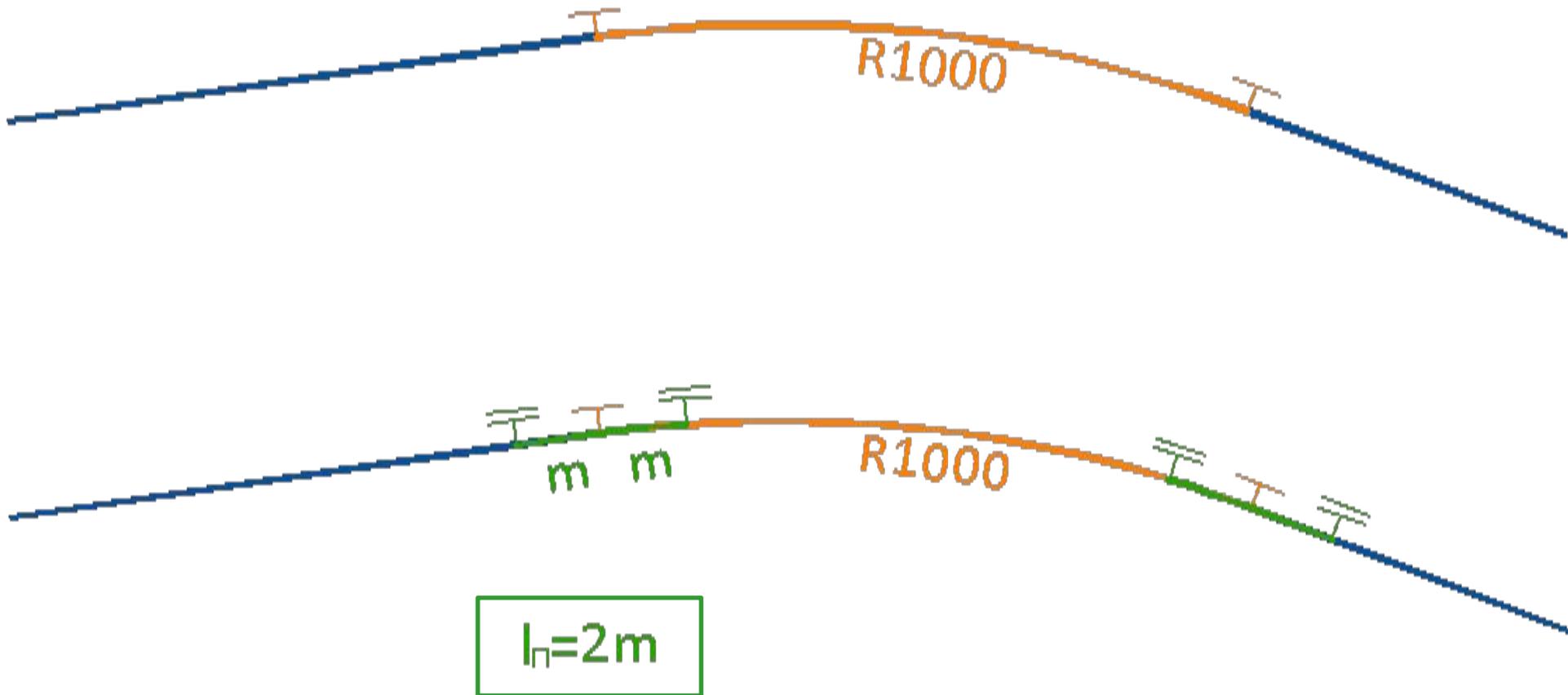
1. выполнить сопряжение прямых участков разного направления круговыми кривыми, подбирая наиболее рациональные их радиусы;



Порядок разработки плана

При проектировании **плана трассы** необходимо:

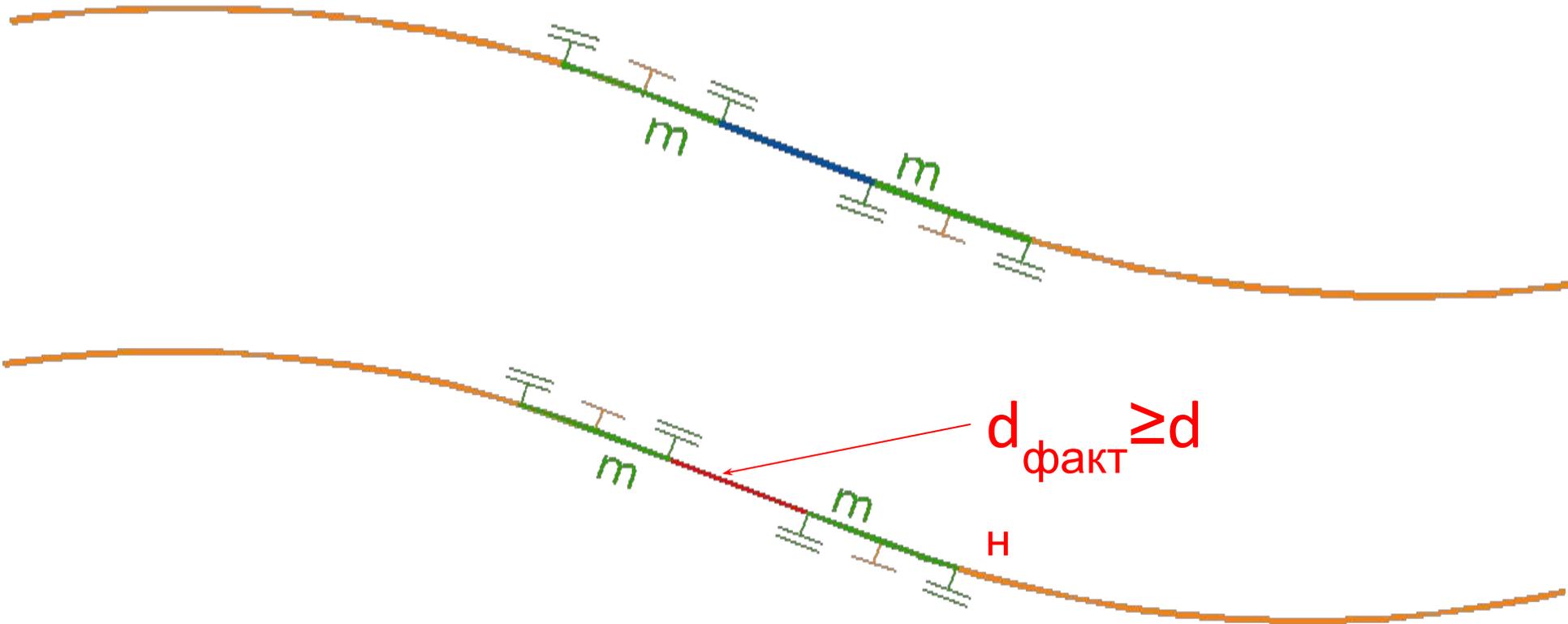
2. определить длины переходных кривых, обеспечивающих плавный переход от прямого участка пути к круговой кривой;



Порядок разработки плана

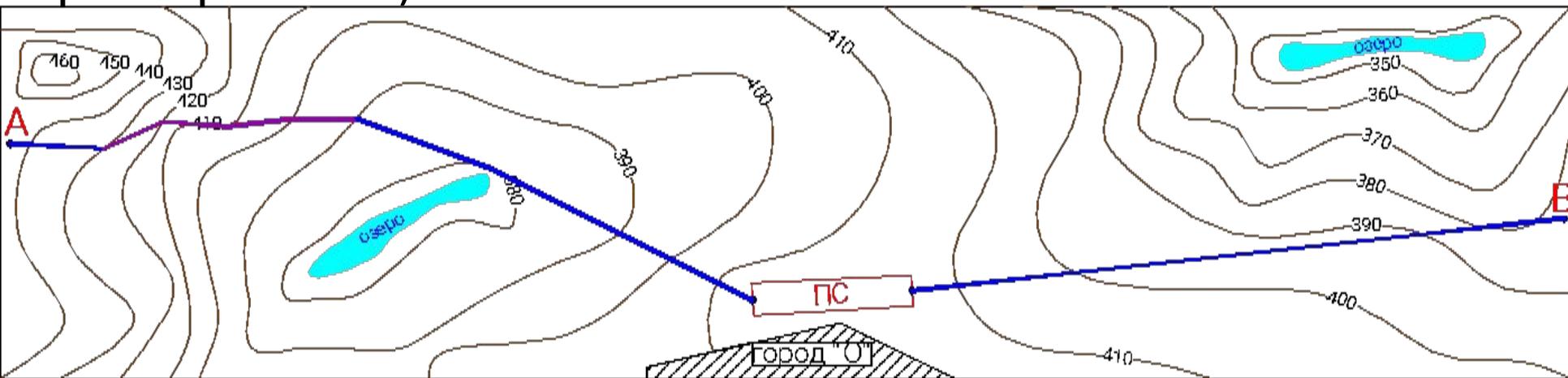
При проектировании **плана трассы** необходимо:

3. проверить условия сопряжения смежных кривых, (определить достаточной ли длины прямые вставки между смежными кривыми после размещения переходных кривых).



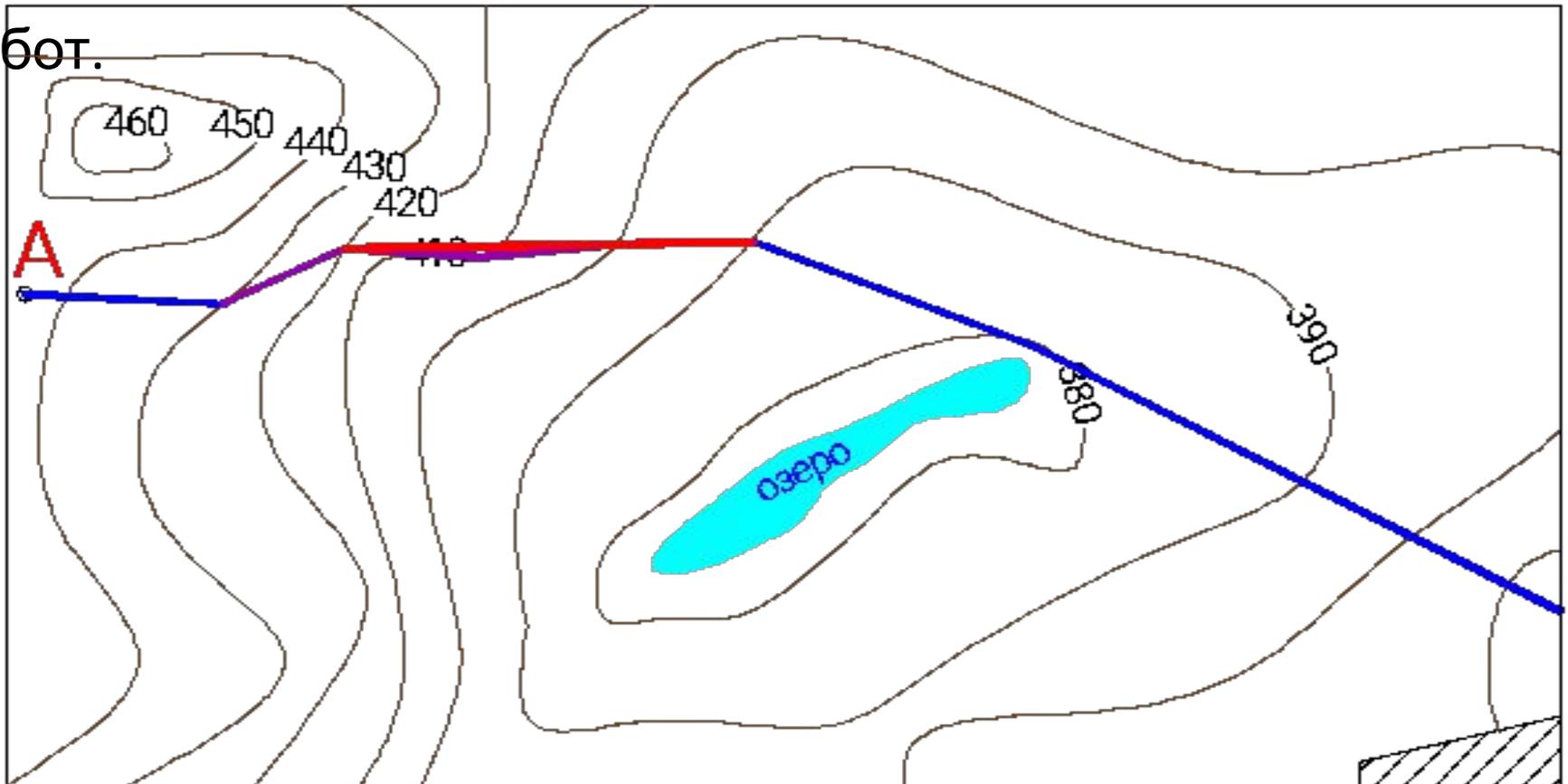
2. Спрямление магистрального хода

Полученный в результате трассирования **магистральный ход** представляет собой ломаную линию и отражает положение трассы в первом приближении. Он уточняет намеченное направление трассы и состоит, чаще всего, из чередующихся участков вольного и напряженного ходов. При этом на участках напряженного хода трасса соответствует линии нулевых работ (уклон земли равен уклону трассирования).



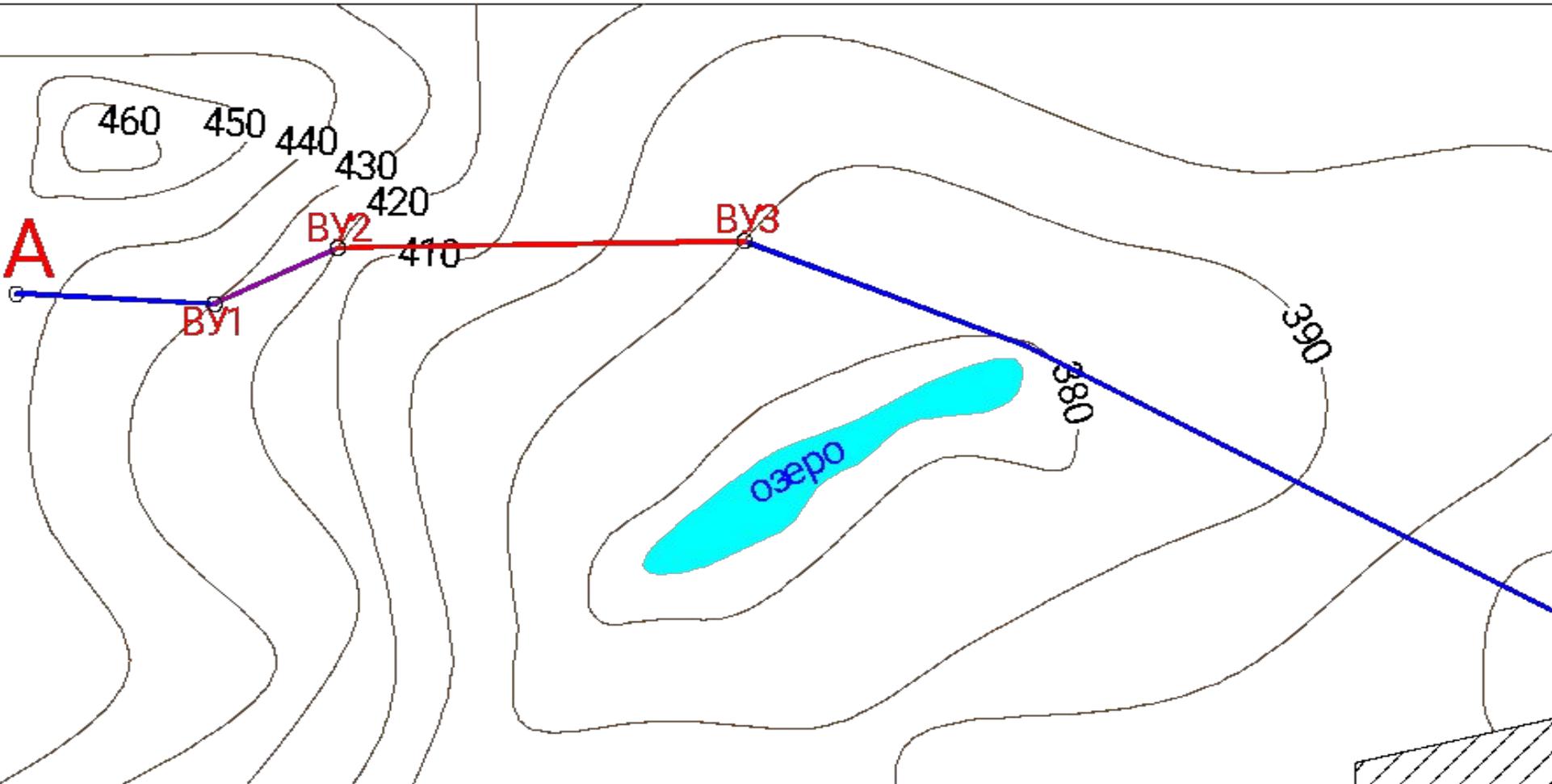
Спрямление магистрального хода

Полученную в результате предварительного трассирования ломаную линию (магистральный ход) необходимо заменить более длинными прямолинейными отрезками (на участках напряженного хода). Спрямляющие линии не должны значительно отклоняться от линии нулевых работ.



Спрямление магистрального хода

Точки пересечения прямых определяют местоположение вершин углов поворота трассы.



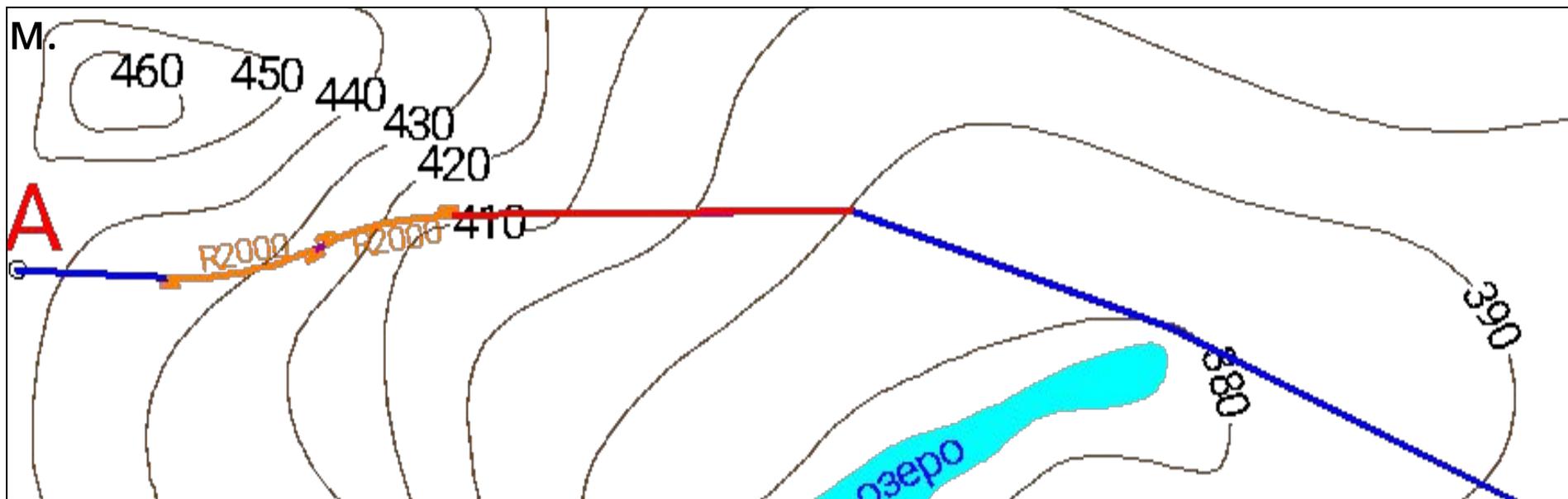
3. Проектирование плана трассы по вариантам



Проектирование плана трассы по вариантам

В каждый угол поворота, согласно принятым нормам, вписывается **круговая кривая** определенного радиуса. В процессе трассирования по карте в горизонталях в местах сопряжения прямых участков подбираются кривые такого радиуса из числа принятых к проектированию стандартных радиусов, которые в масштабе карты наилучшим образом вписываются в точки «линии нулевых работ».

Например, для линии II категории принимается минимальное значение из рекомендуемого диапазона – 2000



Проектирование плана трассы по вариантам

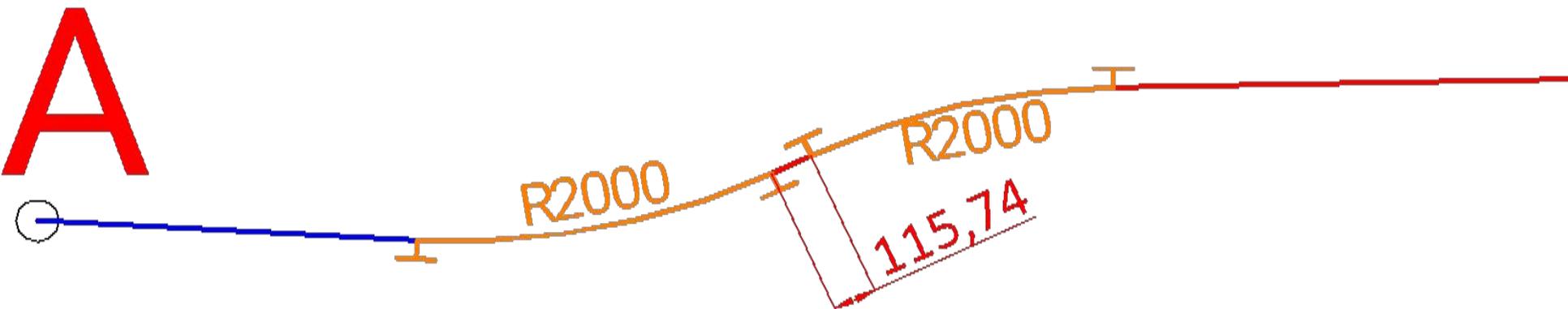
На плане трассы проверяются значения **длин прямых вставок** между зависимыми кривыми. Длина фактической прямой вставки должна быть не менее значения, приведенного в таблице 7 (СП 237.1326000.2015 Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования).

При необходимости изменяется план трассы за счет уменьшения радиусов круговых кривых или изменения положения трассы.



Проектирование плана трассы по вариантам

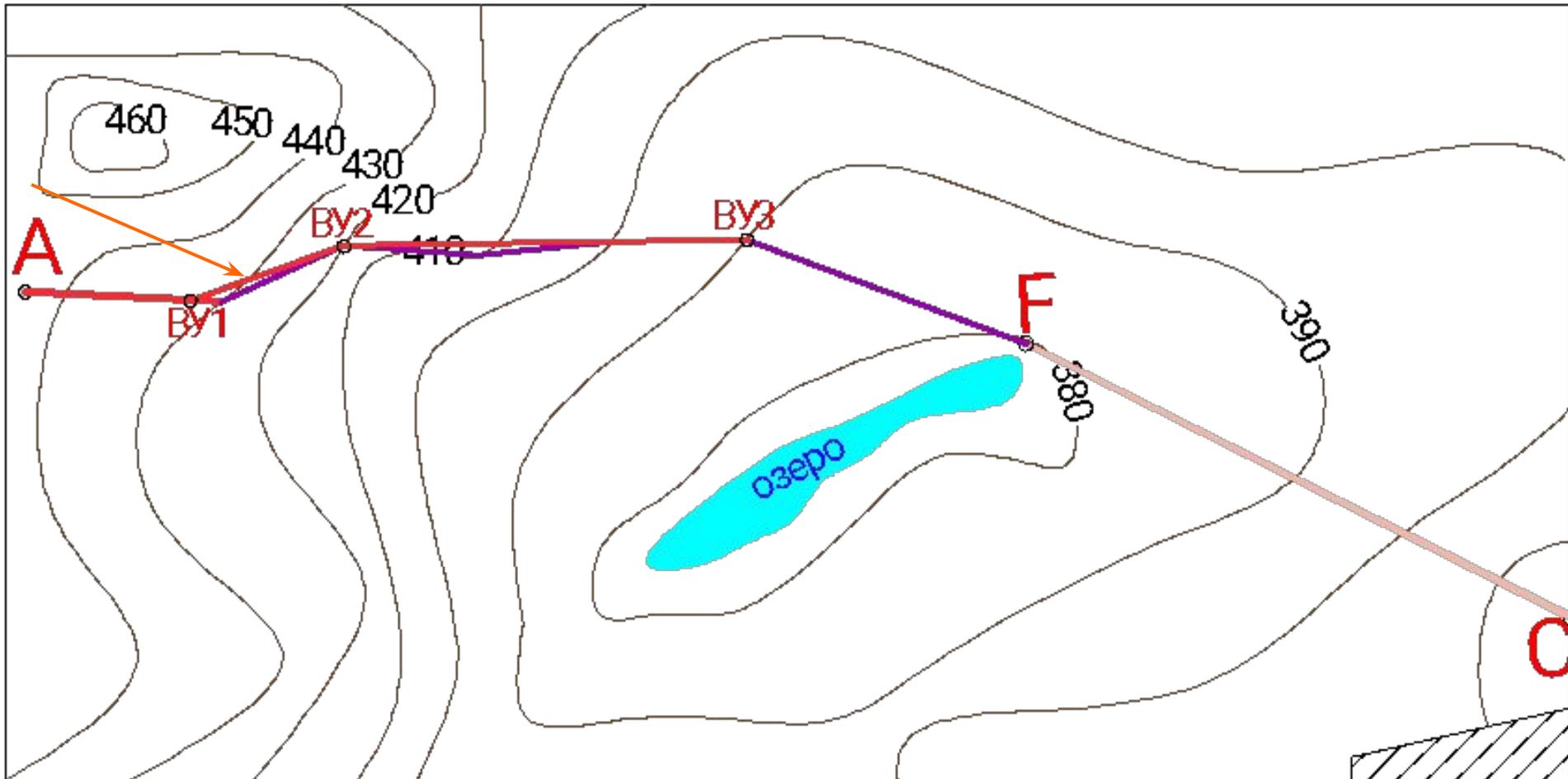
Для смежных кривых, представленных на рисунке, очевидно, что **длина прямой вставки** между ними имеет недостаточное значение. Даже без учета размещения переходных кривых, длина прямой вставки $d=115,74$ м, что меньше нормативного значения прямой вставки $d_n=150$ м.



Делается вывод, что данный вариант плана трассы невозможен. Уменьшить значение радиуса круговой кривой в пределах рекомендуемого диапазона уже нельзя. Следовательно, необходимо разработать другой вариант спрямления магистрального хода.

Спрямление магистрального хода

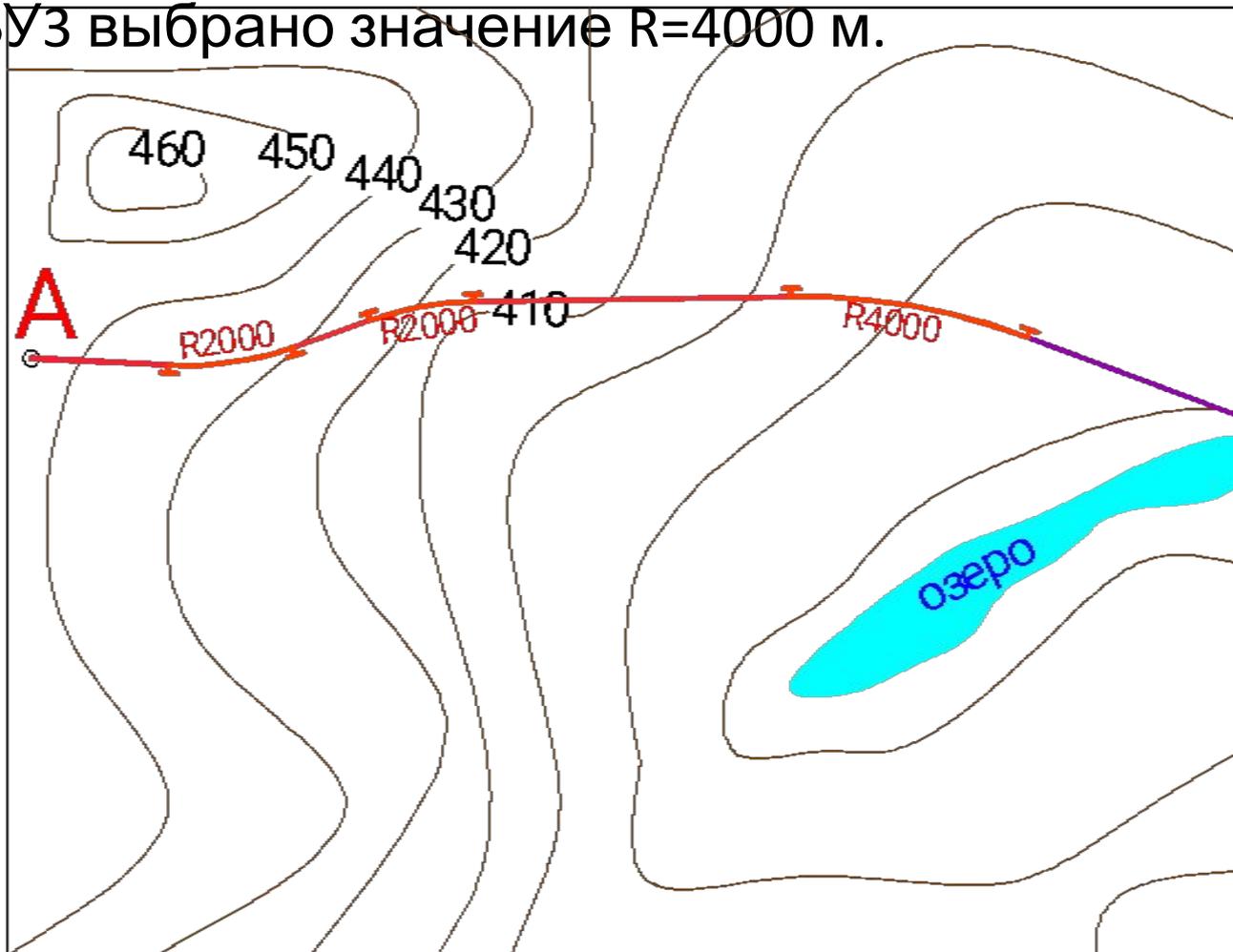
Второй вариант спрямления магистрального хода больше отклоняется от «линии нулевых работ». Но при этом позволяет **уменьшить один из углов поворота**, и, следовательно, сократить длину кривой и увеличить длину прямой вставки.



Проектирование плана трассы по вариантам

Снова повторяется процедура вписывания круговых кривых в каждый угол поворота. Учитывая близкое расположение вершин углов ВУ1 и ВУ2 радиус имеет минимальное значение – 2000 м.

Для ВУ3 выбрано значение $R=4000$ м.



Проектирование плана трассы по вариантам

- Далее определяют основные параметры круговых кривых:
 - 1) угол поворота, равный углу между продолжением трассы и ее новым направлением, $\alpha, ^\circ$;
 - 2) тангенс кривой, равный расстоянию от вершины угла поворота (ВУ) до начала (НК) или конца (КК) круговой кривой, $T, \text{ м}$:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right),$$

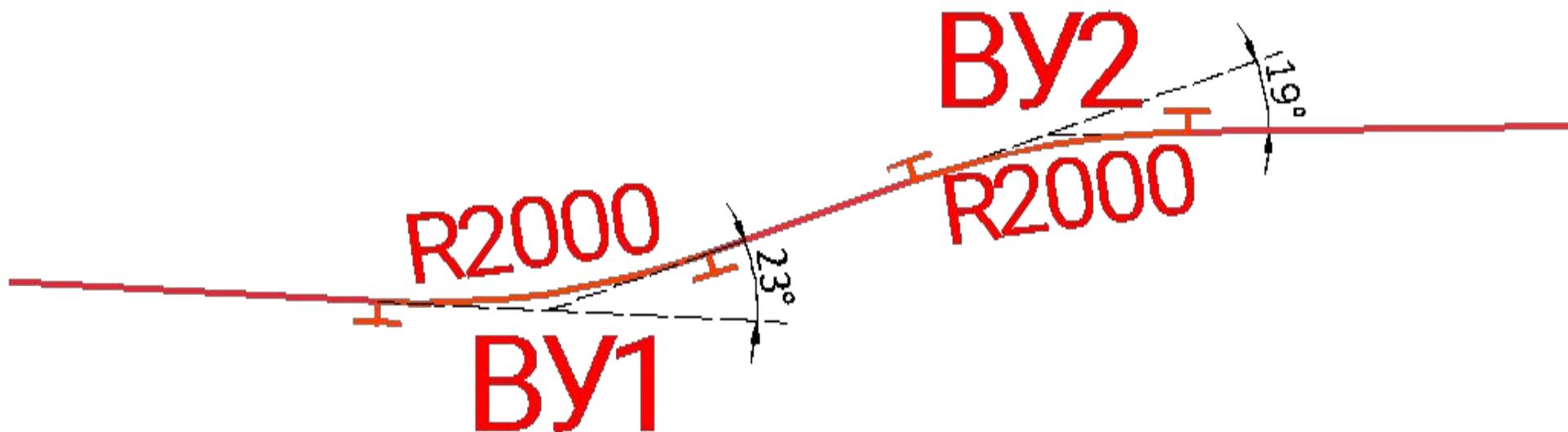
где R – радиус круговой кривой, м;

- 3) длина кривой $K, \text{ м}$:

$$K = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180}.$$

Проектирование плана трассы по вариантам

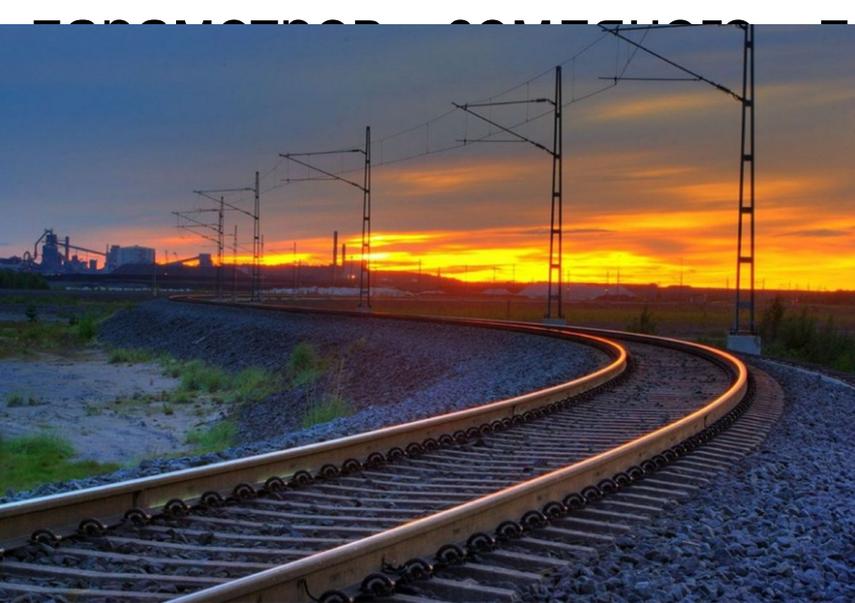
Пример. На плане трассы отмечают вершины углов поворота, начало и конец круговой кривой условными знаками (тангенсами), угол поворота и радиус.



Проектирование плана трассы по вариантам

Переходные кривые устраивают в местах сопряжения прямых участков пути и круговых кривых, а также при сопряжении двух смежных круговых кривых разного радиуса (составные кривые).

Они необходимы для распределения по длине воздействия силовых факторов, возникающих при въезде поезда на кривую, плавного отвода возвышения наружного рельса и кривизны пути, а также изменения геометрических параметров контактного



Значения **длин переходных кривых** приведены:

- ✓ для линий I, II категорий ($V_{\max} \leq 160$ км/ч) в таблице 1;
- ✓ для линий особогрузонапряженных, II и III категорий – в таблице 2.

Таблица 1 - Длины переходных кривых на железных дорогах РФ скоростных, I и II категории

Радиус круговой кривой R, м	Длина переходных кривых l, м на железных дорогах РФ					
	скоростные			I и II категорий		
	Зоны скоростей движения поездов					
	1	2	3	1	2	3
4000	300 – 240	220 – 180	150 – 120	60 – 50	40 – 30	30
3000	300 – 240	290 – 230	200 – 160	80 – 70	60 – 50	30
2500	300 – 240	300 – 240	240 – 190	100 – 80	70 – 60	40 – 30
2000	300 – 240	300 – 240	300 – 240	120 – 100	80 – 70	40 – 30
1800	290 – 230	290 – 230	290 – 230	140 – 120	80 – 70	50 – 40
1500	260 – 210	260 – 210	260 – 210	160 – 130	100 – 80	60 – 50
1200	240 – 200	240 – 200	240 – 200	190 – 160	120 – 100	70 – 60
1000	230 – 190	230 – 190	230 – 190	230 – 190	150 – 120	70 – 60
800	230 – 190	230 – 190	230 – 190	230 – 190	130 – 110	70 – 60
700	-	-	-	230 – 190	130 – 110	70 – 60
600	-	-	-	170 – 140	150 – 120	80 – 70
500	-	-	-	160 – 130	160 – 130	90 – 80
400	-	-	-	150 – 120	150 – 120	120 – 100
350	-	-	-	-	-	130 – 110
300	-	-	-	-	-	150 – 120

Таблица 2 - Длины переходных кривых на железных дорогах РФ ОГ, III и IV категорий

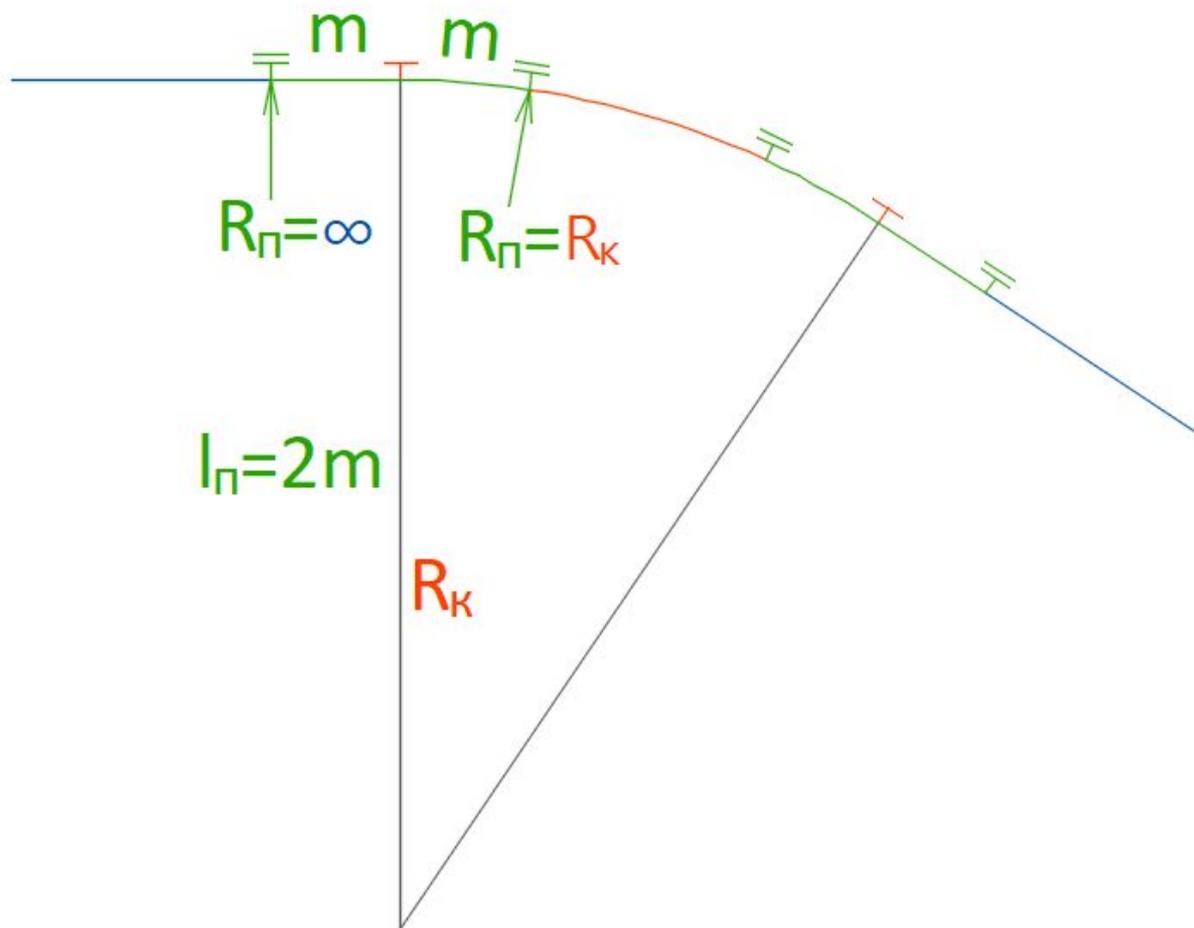
Радиус кругово й кривой R, м	Длина переходных кривых I на железнодорожных линиях и подъездных путях, м								
	особогрузонапряженные			III категории			IV категории		
	Зоны скоростей движения поездов								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4000	40	30	20	30	20	20	-	-	-
3000	60-40	40-30	20	40-30	30-20	20	-	-	-
2500	80-60	50-30	20	60-40	40-30	20	-	-	-
2000	100-80	60-40	30	60-50	50-30	20	40-30	30	20
1800	100-80	60-40	40-30	80-60	50-40	30-20	50-30	30	20
1500	120-100	80-60	50-40	80-60	60-50	40-30	60-40	40-30	30
1200	140-120	100-80	60-50	100-80	80-60	40-30	60-50	50-30	30
1000	140-120	120-100	70-50	120-100	80-60	50-40	80-60	50-40	30
800	160-140	140-120	80-50	140-120	100-80	50-40	90-60	60-50	40-30
700	160-140	140-120	80-60	160-120	110-90	60-50	120-80	60-50	40-30
600	160-130	140-120	100-60	160-120	120-100	60-50	120-80	80-60	50-40
500	160-120	140-120	120-70	160-120	130-100	80-60	120-100	90-70	60-40
400	160-120	140-120	140-80	140-100	140-100	80-60	120-100	110-80	60-50
350	140-100	140-100	140-80	140-100	130-100	100-60	120-100	120-80	80-50
300	140-100	140-100	120-80	140-100	120-100	120-80	120-80	120-80	80-60
250	120-90	120-80	120-80	120-80	120-80	120-80	120-80	120-80	80-60
200	-	-	-	-	-	-	100-80	100-80	80-60

Примечания к таблицам 1 и 2

1. В случаях, когда на особогрузонапряженных линиях предусматривается максимальная скорость движения пассажирских поездов свыше 120 км/ч, длины переходных кривых на указанных линиях следует определять, как для линий I категории.
2. При двух значениях длин переходных кривых меньшие значения допускается применять только в трудных условиях.
3. Деление участков на зоны скоростей движения поездов следует производить в зависимости от конфигурации продольного профиля:
 - *1-я зона скоростей* – углубления продольного профиля и примыкающие к ним участки, а также другие участки, проходимые грузовыми поездами в обоих направлениях с максимальными или близкими к ним скоростями;
 - *2-я зона скоростей* – горизонтальные площадки и уклоны, на которых величина средневзвешенной квадратической скорости близка к средним значениям скоростей движения грузовых поездов;
 - *3-я зона скоростей* – возвышения продольного профиля и примыкающие к ним участки затяжных подъемов, проходимые грузовыми поездами в обоих направлениях со скоростями, близкими к расчетной скорости на руководящем подъеме.

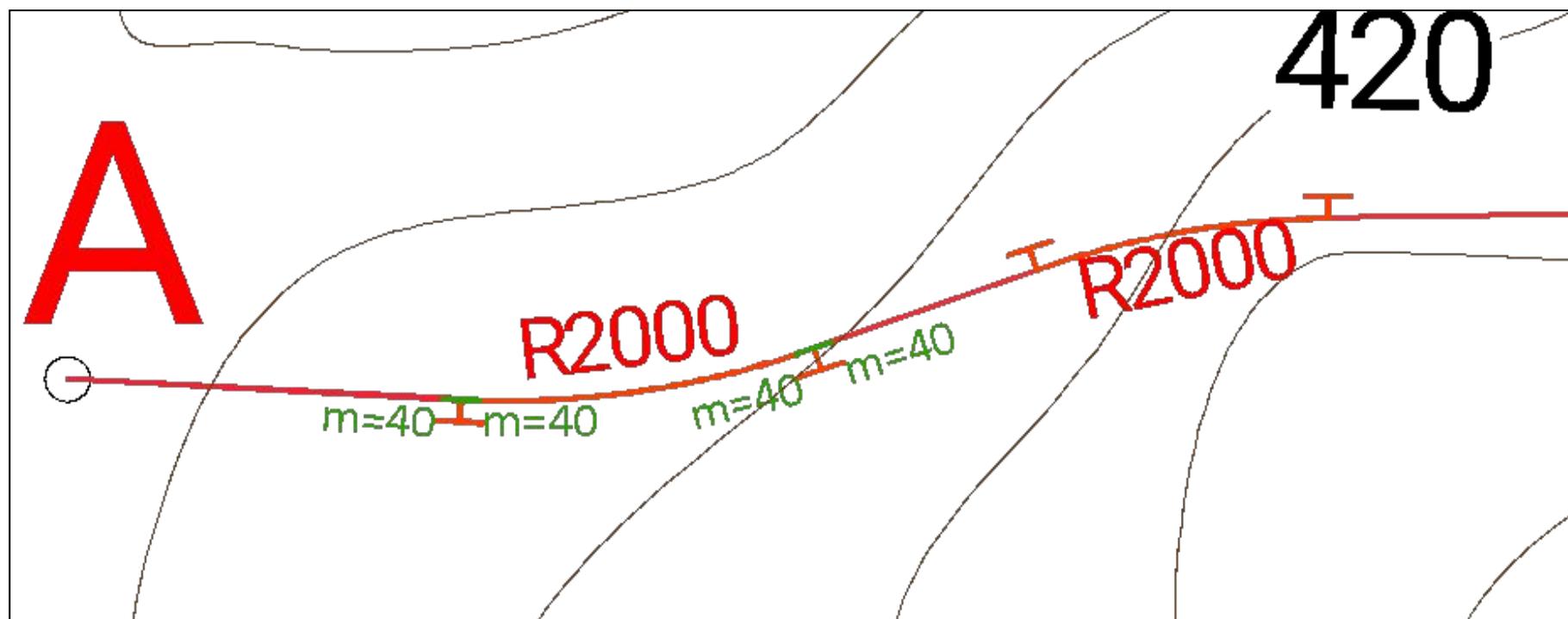
Проектирование плана трассы по вариантам

Переходные кривые будут расположены по концам круговой кривой (примерно симметрично относительно точек НКК – начала круговой кривой и ККК – конца круговой кривой).



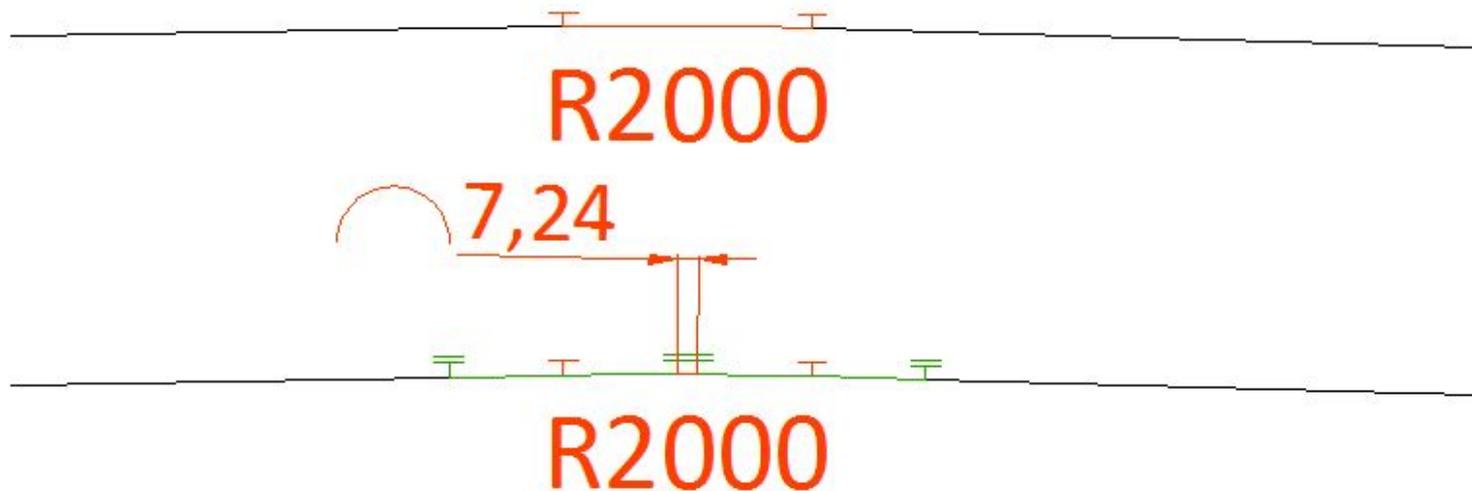
Проектирование плана трассы по вариантам

Для рассматриваемого примера (линия II категории, $R=2000$ м, зона скоростей – 2, так как уклон склона равномерный) рекомендуемое значение длины переходной кривой $l_{\Pi} = 80$ м, половина длины переходной кривой $m = 40$ м. Значения m подписываются в местах размещения переходных кривых (в начале и конце круговой кривой).

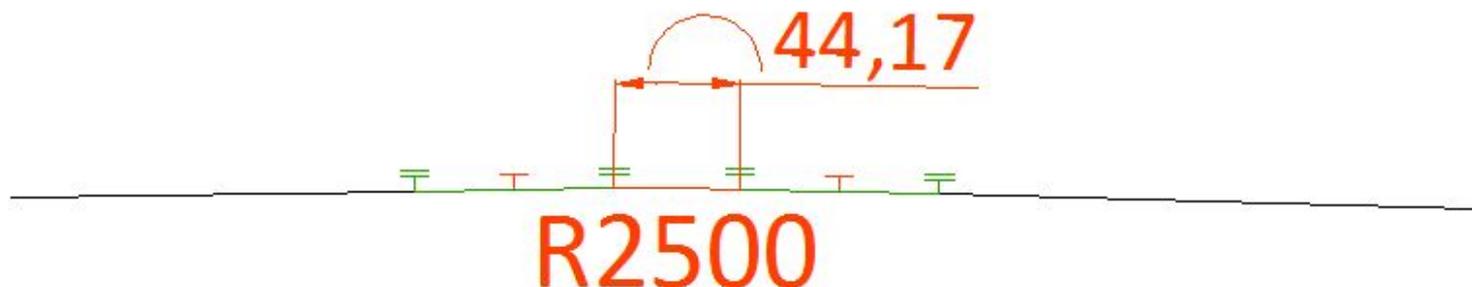


Проектирование плана трассы по вариантам

При небольших углах поворота **длина круговой кривой** после устройства переходных кривых должна иметь достаточную протяженность – не менее длины базы вагонов (приме



В противном случае для обеспечения плавности движения увеличивают радиус кривой.

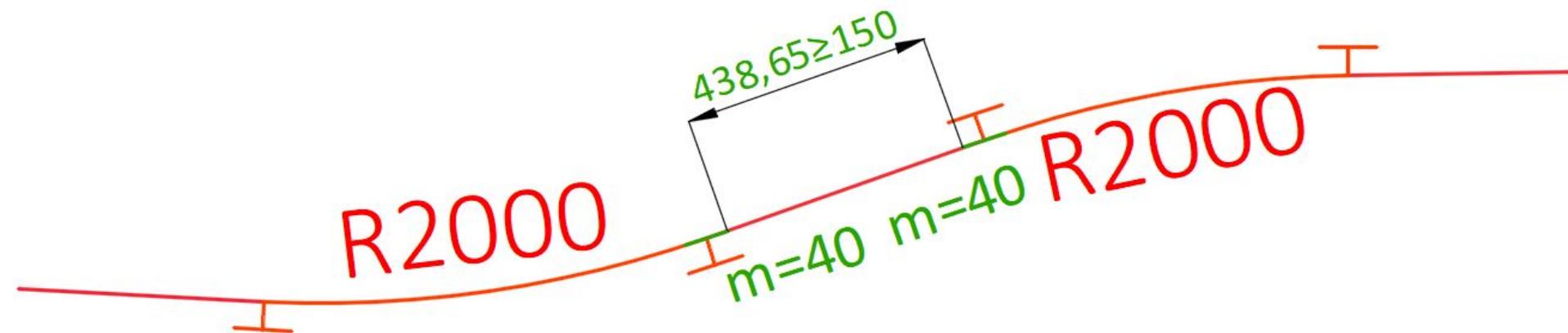


Проектирование плана трассы по вариантам

После определения длин переходных кривых и размещения их на плане, проверяется **длина фактической прямой вставки** (прямого участка пути без учета переходных кривых). Она должна быть не менее значения, рекомендуемого нормативами (таблица 7 СП 237.1326000.2015 Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования).

$$d_{\text{факт}} \geq d_{\text{н}}$$

Пример. Для линии II категории, между кривыми, направленными в разные стороны, $d_{\text{н}} = 150$ м. $d_{\text{факт}} = 438,65$ м.



4. Расчет показателей плана трассы

Для оценки качества запроектированного плана трассы рассчитывают:

- ✓ долю кривых в общей протяженности трассы;
- ✓ угол поворота, приходящийся на один километр длины линии;
- ✓ средний и минимальный радиусы кривых.

Кроме того, важным показателем для содержания железнодорожного пути является протяженность (удельный вес) кривых различных радиусов – с величиной до 600 м, от 600 до 1200 м и более 1200 м.