

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАНА ТРАССЫ НА ТЯГОВО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

А.Н. ЧЕВГУН

E.mail. ksucta@elcat.kg

Радиустун пландагы ийри сызыгынын жогорку тездиктеги темир жол магистралынын линиясынын узундугуна тийгизген таасирине баа берүү, ошондой эле - радиустун ийри сызыгынын жана узартылган эңкейиштердин чектеринде алардын жайгашкан ордунун кыймылдын суйрөгүч-эксплуатациялоо көрсөткүчтөрүнө тийгизген таасирине изилдөө жүргүзүү өткөрүлгөн.

Проведена оценка влияния радиуса кривых в плане на длину линии высокоскоростной железнодорожной магистрали, а также исследование влияния радиуса кривых и мест расположения их в пределах затяжных уклонов на тягово-эксплуатационные показатели движения.

The valuation of curve radius influence was held in the plan onto the high speed railway main lines, and also the influence research of curve radius and their situation place on sustained grade limits of pull and operating standards of movement.

Параметрами плана железнодорожного пути являются радиусы круговых кривых; очертание и длины переходных кривых; минимальные длины прямых вставок между соседними кривыми.

Поскольку из перечисленных параметров плана линии наибольшее влияние на объемы и стоимость земляных работ и работ по возведению искусственных сооружений, а также на тягово-эксплуатационные показатели движения поездов оказывают круговые кривые, в данном исследовании основное внимание уделено оценке влияния параметров круговых кривых, применяемых на ВСМ.

Исследования показали, что в сложных топографических условиях рельефа применение на ВСМ весьма крутых уклонов продольного профиля пути (вплоть до 40-45 ‰) в большинстве случаев обеспечивает значительное сокращение длины линии, уменьшение объемов строительных работ, а также улучшение тягово-эксплуатационных показателей движения поездов. При этом для достижения существенной экономии в объемах земляных работ и работ по искусственным сооружениям может потребоваться использование в плане кривых относительно малого радиуса – в некоторых случаях 2000-3000 м.

На высокоскоростных магистралях, на которых предусмотрено движение поездов с максимальной скоростью 300-350 км/ч, применение в плане кривых радиуса меньше 6000 и 7000 м может потребовать в определенных условиях уменьшения скорости в указанных кривых (ниже максимально возможной по условиям продольного профиля и тяги поезда).

Априори можно предположить, что изменения тягово-эксплуатационных показателей движения поездов в значительной степени зависят от места расположения кривых по отношению к очертанию продольного профиля пути, радиуса круговых кривых, протяженности кривых с разным радиусом, расстояния между соседними кривыми, а также от последовательности сочетания кривых разного радиуса (например, 6000, 4000 и 2000 м или, наоборот, 2000, 4000 и 6000 м и др.).

Однако представляется, что не любое уменьшение радиуса кривых, увеличение числа и протяженности кривых, сокращение расстояния между соседними кривыми обязательно приведут к существенному ухудшению тягово-эксплуатационных показателей движения поездов.

На длину линии влияет не только крутизна ограничивающего уклона продольного профиля пути, но и величины радиусов кривых в плане. Влияние последних

неоднозначно. В одних случаях увеличение радиусов обеспечивает сокращение длины трассы, в других случаях длина линии может возрасти – результат зависит от особенностей топографических условий на характерных участках направления, прежде всего, на участках напряженного хода, а также от принятого значения максимального уклона продольного профиля.

С целью оценки влияния радиуса кривых на длину линии по направлениям на запроектированных трассах ВСМ исключим кривые радиусом 4000 и 5000 м; вместо них применим там, где это представляется рациональным, кривые радиусом 7000 и 6000 м. Получим следующие результаты. Увеличение радиусов кривых на трассах с $i_{max}=40\%$ практически не повлияло на длину линии. На трассах с $i_{max}=30\%$ длина линии возросла не более чем на 2 %. Для вариантов с $i_{max}=20\%$ увеличение радиуса кривых привело к неоднозначному результату: на одних направлениях ВСМ длина линии сократилась (не более чем на 5 %), а на других направлениях длина трассы возросла (не более чем на 2 %).

Полученные результаты являются следствием существенного влияния на длину линии особенностей рельефа местности, в которой проектируется трасса ВСМ.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие рекомендации.

1. На предпроектной стадии по каждому из намеченных к рассмотрению направлений трассы ВСМ целесообразно при назначенных величинах i_{max} проложить на карте с горизонталями магистральный ход (на участках напряженного хода уложить линию нулевых работ), что дает первое представление о местах расположения и возможных значениях радиусов кривых в плане. Это позволяет уточнить расчетную длину линии.
2. На участках пути, где ожидаемые («продиктованные» рельефом) радиусы кривых относительно невелики (существенно меньше 6000-7000 м), следует наметить возможные варианты корректировки магистрального хода при использовании кривых большего радиуса, что позволяет в конкретных условиях рельефа, не прибегая к детальному проектированию плана и продольного профиля пути, приближенно оценить влияние радиусов кривых в плане на длину линии.

Уменьшение радиуса кривой в плане с 7000 до 4000-6000 м, расположенной в начале затяжного спуска (в конце этого подъема), приводит к следующим изменениям тягово-эксплуатационных показателей: суммарное время хода поездов увеличивается на 1 %; энергопотребление и расходы по пробегу поездов сокращаются примерно на ту же величину. Эти показатели справедливы, когда в конце спуска скорость поезда может достигнуть максимально возможного значения – 350 км/ч.

При расположении одиночной кривой радиуса 4000-6000 м в середине или в конце затяжного крутого спуска ограничение скорости только в пределах кривой приводит к следующим изменениям тягово-эксплуатационных показателей по отношению к варианту с отсутствием ограничения скорости (рис. 1):

1. время хода поездов увеличивается на 3-7 % (меньшее значение соответствует расположению кривой в середине спуска, а большее – в конце спуска);
2. энергопотребление изменится на 1 % (в сторону уменьшения или увеличения в зависимости от места расположения кривой и ее длины);
3. расходы по пробегу поездов возрастают на 1-2 % при $i_{max}=42\%$ и сокращаются на 1 % при $i_{max}=18\%$.

При расположении одиночной кривой радиуса 4000-6000 м в середине или в конце спуска или нескольких кривых на затяжном крутом спуске, в условиях, когда скорость подхода поезда к спуску $v_{n.c}$ меньше допустимой скорости в кривой наименьшего из радиусов $v_{дон(кр)}$, следует:

- при движении поезда в направлении «туда» (на спуск) ограничивать скорость на всем протяжении затяжного спуска на уровне допустимой скорости в кривой наименьшего из радиусов;
- при движении поезда в обратном направлении (на подъем) на предшествующем

ему спуске не повышать скорость выше уровня ограничения в кривой или ограничивать скорость на том уровне, с которым поезд вышел на спуск.

Применение наименьшего из рассмотренных в исследовании радиусов кривой (2000 м) требует значительного снижения скорости – ограничение скорости составляет $v_{огр}=185,6$ км/ч (при радиусе 4000 м $v_{огр}=262,5$ км/ч). Анализ результатов расчета, учитывающих последствия уменьшения радиуса кривой в плане с 7000 до 3000 и 2000 м, позволяет сделать следующие обобщения:

- ограничение скорости на всем протяжении затяжного спуска приводит к достаточно большому увеличению времени хода поездов – на 30-33 %;
- при этом сокращение энергопотребления составляет 18-22 %;
- при указанных изменениях времени хода поездов и энергопотребления расходы по пробегу поездов сокращаются на 4-10 % (в зависимости от величины максимального уклона продольного профиля).

При расположении одиночной кривой радиуса 2000-3000 м в середине или в конце элемента пути с максимальным уклоном при следовании поезда на спуск в условиях, когда $v_{н.с} > v_{дон(кр)}$, целесообразно обеспечить движение по затяжному спуску со скоростью $v_{н.с}$ и снижать ее только перед кривой до уровня $v_{дон(кр)}$; после проследования кривой рационально увеличивать скорость поезда.

При расположении в пределах затяжного спуска нескольких кривых радиусов от 2000 до 6000 м увеличивать скорость поезда на участках пути, расположенных между кривыми одного и того же радиуса, следует только в целях сокращения времени хода поезда; по другим тягово-эксплуатационным показателям это нецелесообразно даже при значительном расстоянии между кривыми.

На участках трассы, характеризующихся крутыми уклонами продольного профиля пути (36-40 %), применение радиусов кривых в плане менее 6000-7000 м может не оказать существенного влияния на длину линии.

При сравнительно пологих уклонах продольного профиля пути (20-30 %) уменьшение радиуса кривых до 4000 м неоднозначно влияет на длину линии. Экспериментальное трассирование показало, что в одних случаях длина линии возрастает (не более чем на 5 %), а в других случаях сокращается (не более чем на 2 %). Полученные результаты являются следствием существенного влияния на длину линии особенностей рельефа местности, в которой проектируют трассу ВСМ.

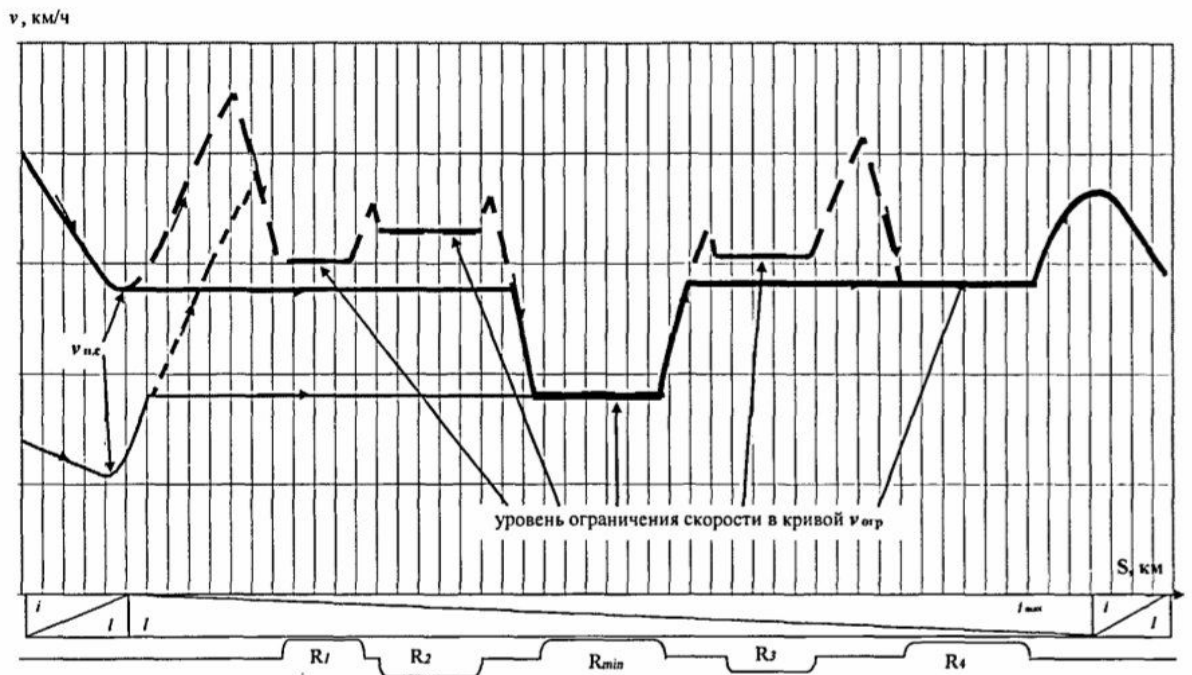
Независимо от радиуса кривой расположение ее в начале затяжного спуска (в конце этого подъема) не приводит к существенному изменению тягово-эксплуатационных показателей движения поездов – изменения находятся в пределах 1 % по отношению к варианту, когда ограничение скорости не требуется.

При расположении одиночной кривой радиуса от 2000 до 6000 м в середине или в конце затяжного крутого спуска, а также нескольких кривых этих же радиусов в пределах такого спуска в условиях, когда скорость подхода поезда к спуску $v_{н.с}$ меньше допустимой скорости в кривой наименьшего из радиусов $v_{дон(кр)}$, целесообразно ограничивать максимальную скорость на всем протяжении данного спуска на уровне $v_{дон(кр)}$. В условиях, когда $v_{н.с} > v_{дон(кр)}$, целесообразно обеспечить движение по затяжному спуску со скоростью $v_{н.с}$ и снижать ее только перед кривой до уровня $v_{дон(кр)}$; после проследования кривой рационально увеличивать скорость поезда. Указанные рекомендации справедливы даже в условиях, когда оптимальное значение уровня ограничения максимальной скорости на спуске превышает величину допустимой скорости в кривых ($v_{огр.(опт)} > v_{дон(кр)}$).

При расположении в пределах затяжного спуска нескольких кривых радиусов от 2000 м до 6000 м увеличивать скорость поезда на участках пути, расположенных между кривыми одного и того же радиуса, следует только в целях сокращения времени хода поезда; по другим тягово-эксплуатационным показателям это нецелесообразно даже при значительном расстоянии между кривыми.

Когда при использовании кривых весьма большого радиуса ($R=6000-7000$ м) и отсутствия в связи с этим ограничений скорости имеет место резерв Δt по времени хода поездов между станциями остановки, то в условиях сложного рельефа с целью значительного сокращения объемов строительных работ экономически рационально использовать кривые существенно меньших радиусов (вплоть до 2000-3000 м), если применение их не вызывает ощутимого удлинения трассы ВСМ. При использовании указанных радиусов по сравнению с вариантом отсутствия ограничений скорости (при $R=6000-7000$ м) имеют место следующие изменения тягово-эксплуатационных показателей движения поездов в случае учета возврата электроэнергии при рекуперативном торможении:

а)



б)

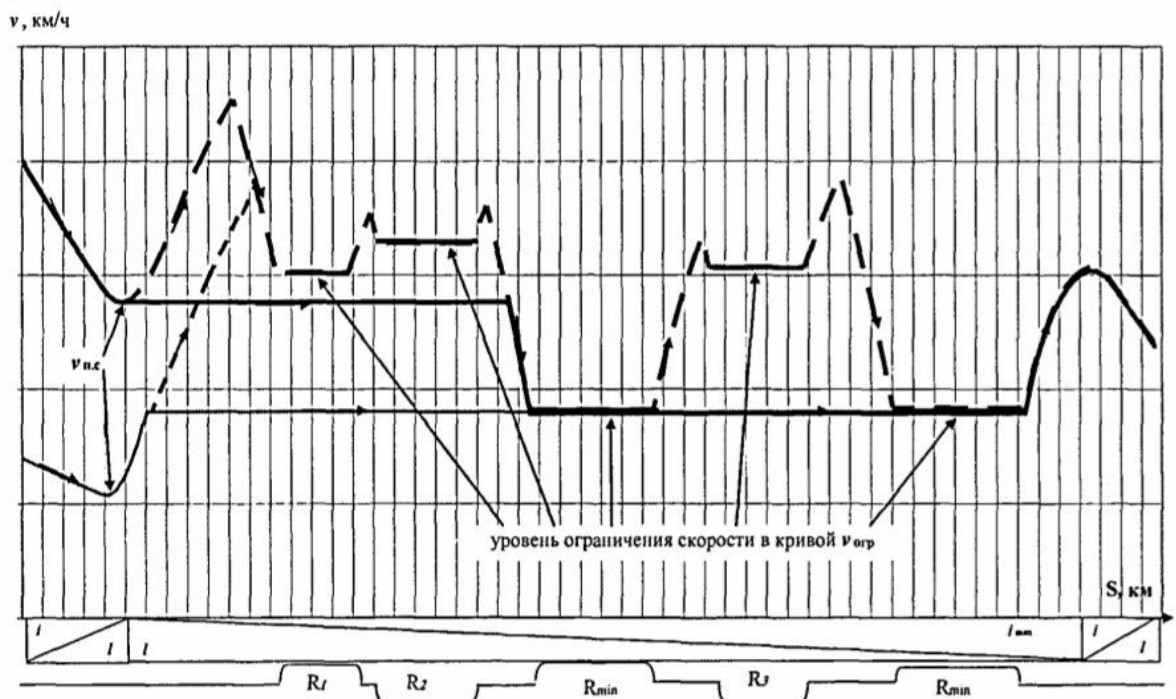


Рис. 1. Очертания кривой скорости движения поезда $v(S)$ по затяжному спуску при различных вариантах расположения кривых: а – в пределах затяжного спуска расположена одна кривая радиуса R_{min} ; б – в пределах затяжного спуска расположены две кривые радиуса R_{min} ;

----- вариант построения зависимости $v(S)$ в случае ограничения скорости только в пределах кривых;

_____ рекомендованный вариант построения зависимости $v(S)$ при расположении кривых в пределах затяжного спуска

- при ограничении скорости поезда только в пределах кривых (как при следовании поезда на спуск, так и на подъем) время хода возрастает не более чем на 6-8 % при $R=4000$ м и не более чем на 14-19 % при $R=2000$ м; расход электроэнергии изменяется в небольших пределах – возрастает либо сокращается не более, чем на 2 % – практически независимо от радиуса кривых; расходы по пробегу поездов возрастают не более чем на 2 % при $R=4000$ м и не более чем на 4-5 % при $R=2000$ м;
- при ограничении скорости поезда на всем протяжении крутых затяжных спусков, а при следовании на подъем скорость ограничена только в пределах кривых, время хода поездов увеличивается не более чем на 10 % при $R=4000$ м и не более чем на 30-34 % при $R=2000$ м, расход электроэнергии сокращается не менее чем на 9-11 % при $R=2000$ м, а расходы по пробегу поездов сокращаются не более чем на 9-10 % при радиусах кривых от 4000 до 2000 м.

Применение на высокоскоростных магистралях кривых в плане относительно малого радиуса (существенно меньше 7000 м, но не менее 2000-3000 м) не оказывает столь негативного влияния на тягово-эксплуатационные показатели движения, нежели это представлялось ранее, и в условиях сложного рельефа местности обеспечивает значительное сокращение объемов работ, стоимости и сроков строительства.

Список литературы

- Иоаннисян А.И. Влияние крутизны руководящего уклона на длину железнодорожной линии //Труды МИИТа. – М., 1951. – С. 119-121.
- Копыленко В.А., Низовских В.Ю. Техничко-экономические предпосылки использования крутых уклонов продольного профиля пути на высокоскоростных магистралях //Проблемы развития транспортных и инженерных коммуникаций. – 2003. – № 2-3. – С. 27-33.
- Теоретические основы проектирования скоростных и высокоскоростных железнодорожных магистралей: Монография / А.В.Гавриленков; Под науч. ред. С.М.Гончарука. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2004. – 210 с.