

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный государственный университет путей сообщения»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Сборник научных трудов

Под редакцией В.С. Шварцфельда

Выпуск 2

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2014

УДК 656.222.4.021.8

Курган Н.Б., Курган Д.Н., Лужицкий О.Ф., Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, Украина

УСИЛЕНИЕ ОДНОПУТНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРИ ОГРАНИЧЕННЫХ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЯХ

На основе анализа технического оснащения, параметров плана и профиля однопутной линии даны предложения по усилению ее пропускной способности.

Ключевые слова: Байкало-Амурская магистраль, двухпутная вставка, второй путь, пропускная и провозная способности.

Kurgan N., Kurgan D., Luzhitsky O., Dnepropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Ukraine

ENHANCING SINGLE-TRACK RAILWAY DIRECTION WITH LIMITED CAPITAL INVESTMENT

On the basis of analysis of the technical equipment of the plan and profile parameters single track lines are proposals to strengthen its capacity.

Key words: Baikal-Amur Railway, rail section, the second path, capacity and carrying capacity.

1. История вопроса

Байкало-Амурская магистраль (БАМ) – однопутное железнодорожное направление, длиной 3122 км (западный участок Лена – Тында – 1647 км, восточный Тында – Комсомольск-на-Амуре – 1475 км). БАМ запроектирована и построена как дорога I категории, с земляным полотном под два пути на участке Лена – Тында и под один путь на участке Тында – Комсомольск-на-Амуре, с мощным верхним строением пути.

Западный участок от Лены до Таксимо электрифицирован в 1980–1990 гг. Линия однопутная с разъездами. Важнейшие станции на участке Лена – Таксимо: Усть-Кут, Северобайкальск, Нижнеангарск, Новый Уоян, Северомуйск, Таксимо.

В связи с развитием горнодобывающей отрасли и строительством новых предприятий прогнозируется увеличение объемов перевозок в адрес портов Приморского края, Ванино и Советская Гавань [1]. При разработке Генераль-

ной схемы развития железнодорожного транспорта ОАО «РЖД» на период до 2020 г. определены «узкие» места в пропускной способности перегонов.

Чтобы повысить пропускную способность участка Лена – Таксимо необходимо выполнить дорогостоящие реконструктивные мероприятия. В задании на проектирование «Развитие железнодорожной инфраструктуры на участке Лена – Восточная – Таксимо Восточно-Сибирской железной дороги» предусмотрен комплексный подход, направленный на минимизацию инвестиций. Из 47 перегонов строительство дополнительных главных путей предусмотрено на пяти перегонах, на семи перегонах понадобятся двухпутные вставки, на пяти – дополнительные разъезды. Таким образом, потребность в инвестициях рассредоточивается во времени и позволяет поэтапно наращивать пропускную и провозную способность участка.

Рассмотрим решение частной задачи для одного из перегонов Улькан – Умбелла (рис. 1)



Рис. 1. Схема участка

2. Исходные данные для расчетов. Характеристика перегона Улькан – Умбелла

Исходными данными для выполнения расчетов являются продольный профиль и план пути, тяговые характеристики локомотивов ВЛ80тк, 2ЭС5Л, ВЛ65, характеристика верхнего строения пути:

– существующее состояние: класс пути – 2В3, путь звеньевой, рельсы Р65, балласт щебеночный, шпалы деревянные, год последнего ремонта – 2002. Существующая скорость 80 км/ч для пассажирских, 70 км/ч для грузовых поездов;

– проектное состояние: рельсы Р65, скрепления ЖБР-65 III, в кривых радиусом 650 м и менее – ЖБР-65 ПШМ, шпалы железобетонные. Стрелочные переводы типа Р65, на железобетонных брусках, марки 1/11 и 1/18 на разъездах и при соединении с первого пути на второй.

Параметры продольного профиля. За абрисом продольный профиль представляет собой затяжной подъем по ходу километража с руководящим уклоном 9,0‰ (рис. 2).

Анализ профиля показал, что уклонов в диапазоне от 0 до 3‰ – 39,8%, уклонов от 9 и выше – около 9%. Гистограмма распределения уклонов (спуски показаны со знаком минус) представлена на рис. 3. Определяющим в данном случае является подъем с уклоном от 8 до 11‰ (км 941-945).

Расчет массы состава при движении с равномерной скоростью на расчетном подъеме выполнен согласно правилам тяговых расчетов [2] по формуле

$$Q = \frac{F_{сп} - (\omega_0' + i_p)P}{\omega_0'' + i_p} \quad (1)$$

где $F_{сп}$ – расчетное значение касательной силы тяги локомотива, кГс; ω_0', ω_0'' – основное удельное сопротивление движению соответственно локомотива и вагонов, кГс/т; i_p – расчетный подъем, ‰; P – расчетная масса локомотива, т.

Расчетные значения величин, входящих в формулу (1), приведены в табл. 1 по данным [3].

Таблица 1. Расчетные характеристики электровозов

Серия тепловоза	V_k , км/ч	P , т	$V_{от}$, км/ч	$F_{сп}$, кГс	$F_{гор}$, кГс	ω_0' , кГс/т	ω_0'' , кГс/т
ВЛ80тк	110	192	43,5	51200	66200	2,90	1,44
2ЭС5К	110	192	51,6	45100	66200	3,21	1,40

По результатам расчетов по формуле (1) установлено, что максимальная весовая норма на подъеме 9,0‰ для грузового поезда с локомотивом ВЛ80тк составляет 4200 т, с локомотивом 2ЭС5К – 6000 т, что и было принято для последующих расчетов.

Параметры плана линии. Реализация максимальной скорости движения для заданного подвижного состава зависит с одной стороны от крутизны и протяженности подъема (профиль), с другой – от минимального радиуса кривых (параметров плана линии).

План пути достаточно сложный, что видно с гистограммы на рис. 4. Кривых радиусом 600 м – около 16%.



Рис. 2. Очертание продольного профиля (зеленая линия), кривизна пути (красная) и кривая скорости (цвет меняется в зависимости от режима движения, в тяг овом – белая линия)

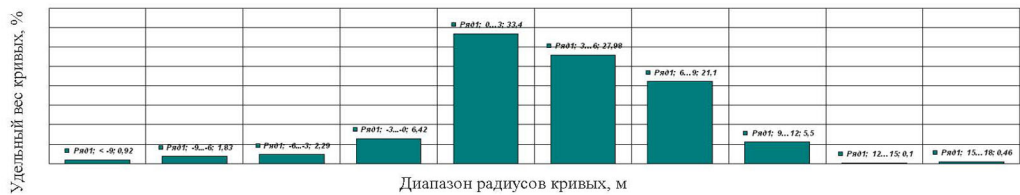


Рис. 3. Гистограмма распределения уклонов



Рис. 4. Гистограмма распределения кривых существующего пути

Скорость движения поезда будет определяться минимальным радиусом по формуле (2)

$$V = \sqrt{\frac{R \cdot h}{12,5}}, \quad (2)$$

где R – радиус круговой кривой; h – возвышение наружного рельса в кривой.

В табл. 2 приведены значения минимально допустимой скорости $V = f(h)$ для радиусов 400, 500 и 600 м.

Таблица 2. Допускаемая скорость движения в кривых малых радиусов

Радиус, м	Возвышение наружного рельса, мм				
	30	60	90	120	150
400	31	44	54	62	69
500	35	49	60	69	77
600	38	54	66	76	85

Из приведенных данных табл. 2 следует, что установленную для пассажирских поездов максимальную скорость 80 км/ч можно реализовать в кривых радиусом 500 м и более при обеспечении максимального возвышения наружного рельса 150 мм. Так как на участке смешанное движение, то для обеспечения для норматива $\alpha_m = -0,3 \text{ м/с}^2$ грузовые поезда должны следовать со скоростью не ниже 65–70 км/ч, что на затяжном подъеме не осуществимо. В кривых радиусов 500–600 м можно обеспечить $\alpha_m = -0,3 \text{ м/с}^2$ при возвышении порядка 90 мм, следовательно максимальная скорость для пассажирских поездов в таких кривых будет на уровне 60 км/ч (табл. 2).

Основные характеристики подвижного состава и результаты тяговых расчетов

Согласно исходным данным, в пассажирском движении используются шестисосновые электровозы переменного тока ВЛ65, осевая формула $3_0 - 3_0$. Для вождения грузовых поездов используются электровозы серии 2ЭС5К с коллекторными тяговыми электродвигателями номинального напряжения 25 кВ и частоты 50 Гц. Имеет формулу ходовой части $2(2_0 - 2_0)$ (рис. 5). По компоновке и типам оборудования модернизированный электровоз ВЛ80тк близок к 2ЭС5К.

Вариантные тяговые расчеты были выполнены для пассажирского поезда с локомотивом ВЛ65 и грузовых поездов с локомотивами ВЛ80тк и 2ЭС5К с использованием программы MoveRW (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011615961 от 29 июля 2011 г., Российская Федерация, табл. 3).

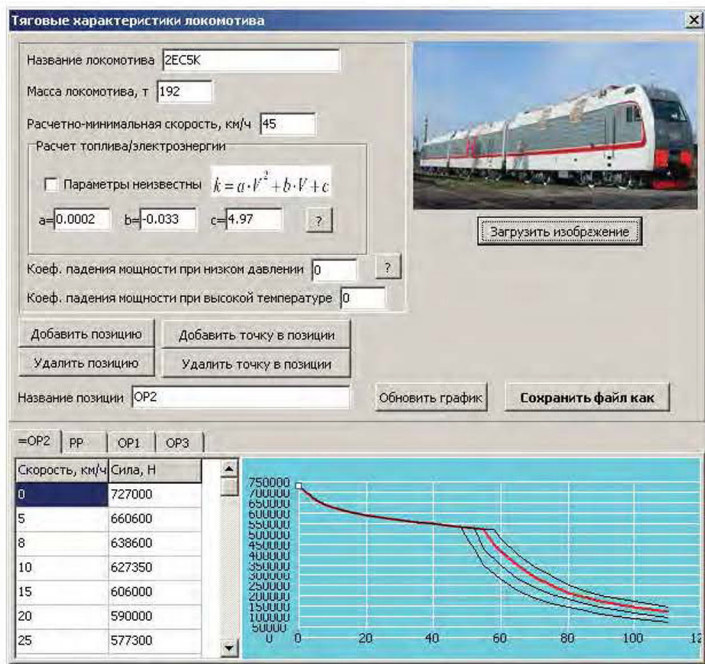


Рис. 5. Тяговая характеристика 2ЭС5К

Таблица 3. Тягово-энергетические показатели по вариантам

Характеристика движения	Направление движения	Длина, м	$V_{\text{вык.}}$, км/год	$V_{\text{ф.}}$, км/год	Расход электр., кВт·ч	Механическая работа, ткм	Работа тормозных сил, ткм	Время, мин
ВЛ65, $Q = 900$ т	чет.	17896	115	74	649,3	173,3	64,46	14,5
	нечет.	17896	120	74	318,1	86,9	109,05	14,5
ВЛ80, $Q = 4200$ т	чет.	17896	79	55	1867,5	497,4	86,49	19,6
	нечет.	17896	80	57	560,9	147,6	286,72	18,7
2ЭС5К, $Q = 6000$ т	чет.	17896	73	50	2436,1	641,1	76,17	21,4
	нечет.	17896	80	56	716,6	188,3	388,57	19,3
ВЛ80, $Q = 3000$ т	чет.	17896	60	52	1267,8	345,8	54,2	20,6
	нечет.	17896	60	51	274,6	74,0	186,35	21,0
ВЛ80, $Q = 1600$ т	чет.	17896	60	53	721,0	196,7	31,12	20,1

Результаты тяговых расчетов были использованы для определения средне-взвешенной скорости поездопотока и расчета возвышения наружного рельса в кривых, а также для определения координат двухпутной вставки.

3. Методика размещения двухпутной вставки на перегоне

Организация безостановочного движения поездов на однопутной железной дороге заключается в том, что обгон и скрещение осуществляют во время нахождения поездов на двухпутных вставках [4, 5].

При проектировании двухпутных вставок вся линия разбивается в определенной последовательности на однопутные и двухпутные участки (рис. 6).



Рис. 6. Схема расположения двухпутных вставок

Период графика между осями безостановочного скрещения поездов (ОБС) определяется исходя из необходимости обеспечения максимальной пропускной способности. Согласно рекомендациям [6], двухпутные вставки должны обеспечивать пропускную способность 70–80 пар поездов в сутки.

Как было отмечено выше, на направлении от Лены до Таксимо увеличение пропускной способности осуществляется за счет строительства сплошного второго пути, двухпутных вставок и пяти разъездов. Исследуем возможность повышения пропускной способности перегона Улькан – Умбелла за счет устройства двухпутной вставки при условии, что смежные перегоны – однопутные. В данной ситуации ОБС располагается посередине перегона. Такой подход не позволяет обеспечить пропускную способность на уровне 70–80 пар поездов/сутки, но этого и не требуется на данном этапе.

Для размещения двухпутной вставки использованы такие материалы: продольный профиль перегона и данные тяговых расчетов для четного и нечетного направлений, выполненных с учетом допустимой максимальной скорости расчетной массы грузовых поездов; схемы примыкающих раздельных пунктов.

Определение ОБС выполнено графическим способом с помощью кривых времени хода поездов $t = f(S)$ по направлениям. Эти кривые построены исходя из безостановочного прохода грузовых и пассажирских поездов (см. рис. 7, 8).

Для определения расчетной длины двухпутной вставки вправо и влево от ОБС (точка пересечения кривых $t = f(S)$) откладывается время, равное половине времени хода поездов по вставке. Полученные точки проецируются на горизонтальную ось, с обеих сторон каждой откладываются отрезки, равные половине длины поезда. Таким образом, получается отрезок, определяющий длину двухпутной вставки.

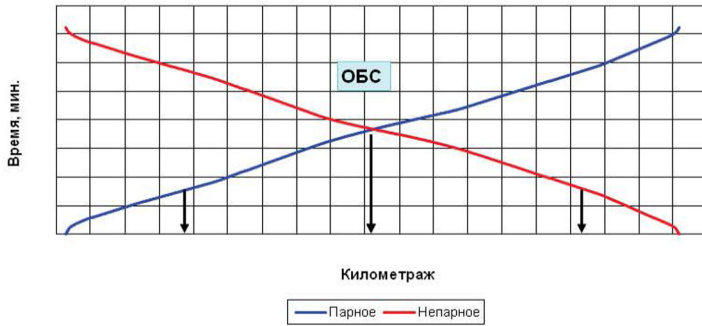


Рис. 7. Кривые времени хода по направлениям (пассажирский поезд)

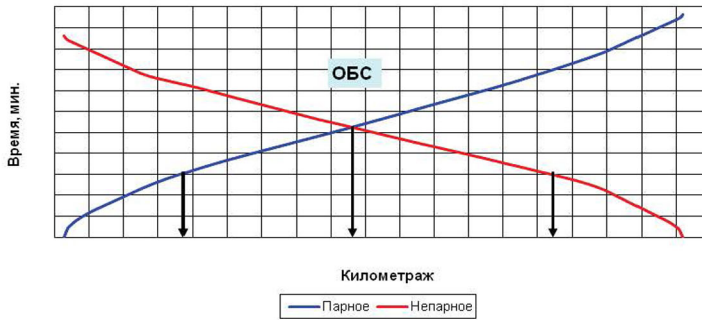


Рис. 8. Кривые времени хода по направлениям (грузовой поезд)

При этом длина двухпутной вставки должна обеспечивать одинаковое время хода пары поездов по вставке t_v . При средней ходовой скорости $V_{cp} \approx 60$ км/ч (табл. 3) $t_v = 8$ мин.

Используя вышеприведенную технологию, по рис. 7 и 8 находим начало и конец двухпутной вставки, соответственно, км 933-й и 944-й.

Полная длина двухпутной вставки $L_{вст}^p$ складывается с расчетной длины вставки (расстояние между выходными светофорами по каждому пути), удлиннения на величину стрелочных горловин по концам вставки $l_{оп}$, удлиннения по условию плана линии $l_{пл}$, продольного профиля $l_{пр}$ с учетом размещения раздельных пунктов $l_{свп}$.

$$L_{вст}^p = L_{вст}^p + 2l_{оп} + l_{пл} + l_{пр} + l_{свп}.$$

Как следует из рис. 9, начало вставки (км 933-й) проецируется на кривую, конец вставки – на прямую (рис. 10).

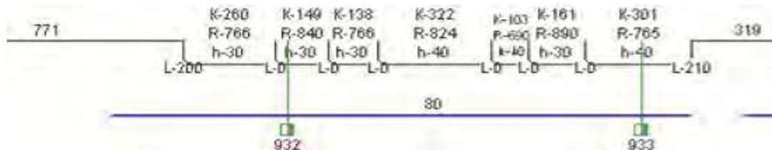


Рис. 9. Проецирование начала вставки на план линии (км 933-й)

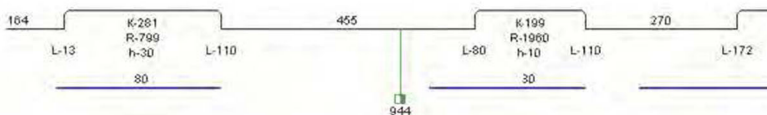


Рис. 10. Проецирование конца вставки на план линии (км 944-й)

Из рис. 9 следует, что начало вставки надо сместить в сторону ст. Улькан на величину $l_{пл} = 1,5$ км для расположения горловины на прямой.

Таким образом, длина однопутного участка (от выходной стрелки № 3 ПК 9303+36.5 до начала вставки ПК 9315+00) составляет $L_{свп} = 1,164$ км.

Из рис. 10 следует, что конец вставки проецируется на прямую (км 944-й), однако в этом месте крутой подъем со средним уклоном под поездом более 9%. Следовательно, нужна проверка на трогание с места в случае непредвиденной остановки поезда на двухпутной вставке.

Величина уклона, на котором будет обеспечено трогания поезда с места, определяется по формуле [3]

$$i_{np} = \frac{F_{k(np)} - \omega_{np}(P+Q)}{P+Q}, \quad (3)$$

Согласно данным табл. 1 и [3], $i_{np} = 9,0\%$, т. е. проверка трогания поезда с места не выполняется.

Выводы

При проектировании двухпутной вставки возникает необходимость о переносе ее начала (в сторону ст. Улькан) для размещения горловины вне кривой и ее конца (в сторону ст. Умбелла) для обеспечения трогания поезда с места. Оставшиеся короткие однопутные участки (до 1,5 км) согласно Инструкции должны стать продолжением двухпутной вставки. Таким образом, на перегоне Улькан-Умбелла по параметрам плана и профиля следует проектировать второй путь.

Изложенная методика подтверждает необходимость индивидуального подхода к проектированию двухпутных вставок с учетом структуры поездопотока, плановых и профильных условий линии и примыканий к существующим раздельным пунктам.

Список литературы

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 г. : [утв. Распоряжением Правительства РФ № 877-р от 17 июня 2008 г.].
2. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М. : Транспорт, 1985. – 287 с.
3. Гребенюк П.Т. Тяговые расчеты : справ. / П.Т. Гребенюк, А.Н. Долганов, А.И. Скворцова ; под ред. П.Т. Гребенюка. – М. : Транспорт, 1987. – 272 с.
4. Строительно-технические нормы Министерства путей сообщения Российской Федерации. Железные дороги колеи 1520 мм. СТН Ц-01-95. – М., 1995. – 86 с.
5. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Железные дороги колеи 1520 мм. СНиП -01-95. – М. : МИНСТРОЙ России, 1995. – 20 с.
6. Методические указания по проектированию двухпутных вставок на однопутных линиях. – М. : Транспорт, 1975.