

6. Приказ № 41 от 12.11.2001 «Нормы допускаемых скоростей движения подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм федерального железнодорожного транспорта». – М. : Транспорт, 2001. – 126 с.
7. РД 32.68-96. Расчетные неровности железнодорожного пути для использования при исследованиях и проектировании пассажирских и грузовых вагонов (введ. 01.01.1997). – М., 1996. – 17 с.
8. Рожкова Е. А. Анализ влияния ширины колеи, уширений в кривых и возвышений наружных рельсов на показатели износов гребней колес (мощности сил трения между гребнем и рельсом) / Е. А. Рожкова, В. В. Закирова // Проблемы трансферта современных технологий в экономику Забайкалья и железнодорожный транспорт : материалы междунар. науч.-практич. конф., Чита, 13–14 окт. 2011 / Забайкальский ин-т ж.-д. трансп. и др. – Чита : ЗаБИЖТ, 2011. – С. 104–108.
9. Саидова А. В. Совершенствование прогнозирования износа профилей колес грузовых вагонов : дис. ... канд. техн. наук / А. В. Саидова ; ПГУПС. – СПб., 2013. – 121 с.
10. Черкашин Ю. М. Анализ влияния параметров экипажа и пути на показатели, определяющие безопасность движения / Ю. М. Черкашин, Д. Ю. Погорелов, В. А. Симонов // Вестн. ВНИИЖТ. – 2010. – № 2. – С. 3–9.
11. Archard J. F. Elastic deformation and the laws of friction // Proc. Royal Society. – L, 1957. – Ser. A243. – P. 190–205.
12. MEDYNA / Arge Care, Computer Aided Railway Engineering : Руководство пользователя / под ред. Ю. П. Бороненко. – СПб. : НВЦ «Вагоны», 1997.
13. Szabó A., Zobory I. On Deterministic and Stochastic Simulation of Wheel and Rail Profile Wear Process // Periodica Polytechnica, Transp. Eng. ; Tech. Univ. Budapest, 1998. – Vol. 26.

УДК 625.111

**Х. К. Умаров, Е. С. Свинцов**

Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I

## **УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИМИТИРУЮЩЕГО ПЕРЕГОНА ЛИНИИ АНГРЕН – ПАП**

Непрерывное развитие промышленности, сельского хозяйства республики Узбекистан, увеличение объемов капитального строительства, освоение природных богатств в новых необжитых районах, укрепление экономических отношений с Ферганской долиной вызывает постоянный рост размеров перевозок. Это требует дальнейшего усиления мощности сети железных дорог страны, в частности линии Ангрэн – Пап, с позиций увеличения пропускной способности.

Предлагается вариант по увеличению пропускной способности лимитирующего перегона линии Ангрэн – Пап. Организация безостановочного скрещения – как правило, этап усиления мощности однопутной железной дороги по мере увеличения интенсивности движения.

Линия Ангрэн – Пап, пропускная способность, безостановочное скрещение поездов, двухпутная вставка.

До распада Советского Союза транспортное сообщение Республики Узбекистан со своими восточными участками (Ферганской долиной)

было возможно только через территорию соседнего государства Таджикистан (линии Бекабад – Коканд). Однако после распада СССР в

1991 г. границы нынешних государств разделили многие железнодорожные линии, что потребовало заключения соглашений между странами, главным образом, для местных перевозок. Постоянные проблемы задержки и тарифные ставки транзита при прохождении, например через территорию Таджикистана, снизили использование железнодорожного транспорта до минимума и наконец вовсе остановили его в 2001 г. [1, с. 41, 42; 5].

В настоящее время внутренняя транспортная связь Ферганской долины с остальными регионами Узбекистана осуществляется единственной автомобильной трассой между Ташкентской областью и Папским районом Наманганской области через перевал Камчик. В зимнее время из-за угрозы схода лавин автотрасса на данном участке периодически закрывается (рис. 1).

Нынешняя автомобильная трасса не справляется с непрерывно растущим объемом грузоперевозок между Ферганской долиной и остальными регионами республики, т. е. не удовлетворяет потребности народного хозяйства и населения. В связи с этим в 2013 г.

правительство Узбекистана приняло решение о строительстве однопутной электрифицированной железной дороги Ангрэн – Пап протяженностью 124,14 км, соединяющей Ферганскую долину с остальной частью страны. Сдача линии в эксплуатацию запланирована в 2016 г., после чего железные дороги страны будут объединены в общую сеть [4]. Следует отметить, что Ферганская долина занимает удобное географическое положение, что требует наличия связи с таким важным партнером, как Китай (через Кыргызстан).

Развитие транспортного сектора экономики имеет особое значение для Узбекистана из-за обширной территории и неравномерного распределения ресурсов, поэтому объединение сети железных дорог весьма актуально.

Строящаяся железнодорожная линия Ангрэн – Пап состоит из 7 перегонов протяженностью от 13 до 24 км. Проект предусматривает строительство тоннеля протяженностью 19 км на третьем перегоне ст. Сардала – Разъезд 2. Тоннель стоимостью 432,25 млн дол. проектировала и строит китайская компания; немецкая компания DB International GmbH



Рис. 1. Полигон железнодорожной сети Республики Узбекистан и соседних стран

оказывает консалтинговые услуги в рамках проекта «Проектирование, строительство, доставка, монтаж, обучение специалистов и сдача в эксплуатацию железнодорожного тоннеля».

### Анализ проекта строящейся линии Ангрэн – Пап

Протяженность кривых из общей длины линии Ангрэн – Пап составляет 44,19 км (36%), в том числе 13,74 км (11,2%) кривых радиусом 300 м; протяженность напряженного хода с уклоном двойной тяги – 34,83 км. Применение в плане криволинейных участков позволяет уменьшить объем работ и стоимость строительства. Эта цель достигается в основном за счет уменьшения радиусов кривых. В этом состоит важное преимущество кривых малых радиусов. В то же время кривые малых радиусов ухудшают ряд эксплуатационных и строительных показателей.

Принятый проект на строительство линии Ангрэн – Пап имеет некоторые эксплуатационные недостатки. Один из наиболее серьезных – необходимость снижения скорости движения поездов, что приводит к увеличе-

нию времени хода, к задержке пассажиров и грузов, замедлению оборота локомотивов и вагонов, потере кинетической энергии при торможении и дополнительным затратам электроэнергии (топлива) для последующего набора скорости. Тяговые расчеты показали, что установленные допустимые скорости на участках спроектированного пути во многих случаях необоснованно занижены из-за отступлений параметров плана участка, выраженных затяжными крутыми уклонами с радиусом 300 м на перегонах.

Строящийся тоннель по проекту имеет двускатное очертание (+20; 10; 5,4 и –5,5‰). Расстояние от ст. Сардала до начала тоннеля составляет 3,2 км с максимальным уклоном 25‰, от конца тоннеля до Разъезда 2 – 1,3 км с максимальным уклоном 26‰. Начало тоннеля со стороны ст. Сардала имеет крутой уклон (25‰), что не дает поезду достичь расчетной скорости (рис. 2).

### Возможное усиление мощности перегона ст. Сардала – Разъезд 2

По проекту на перегоне ст. Сардала – Разъезд 2 предполагаются грузовые перевозки в

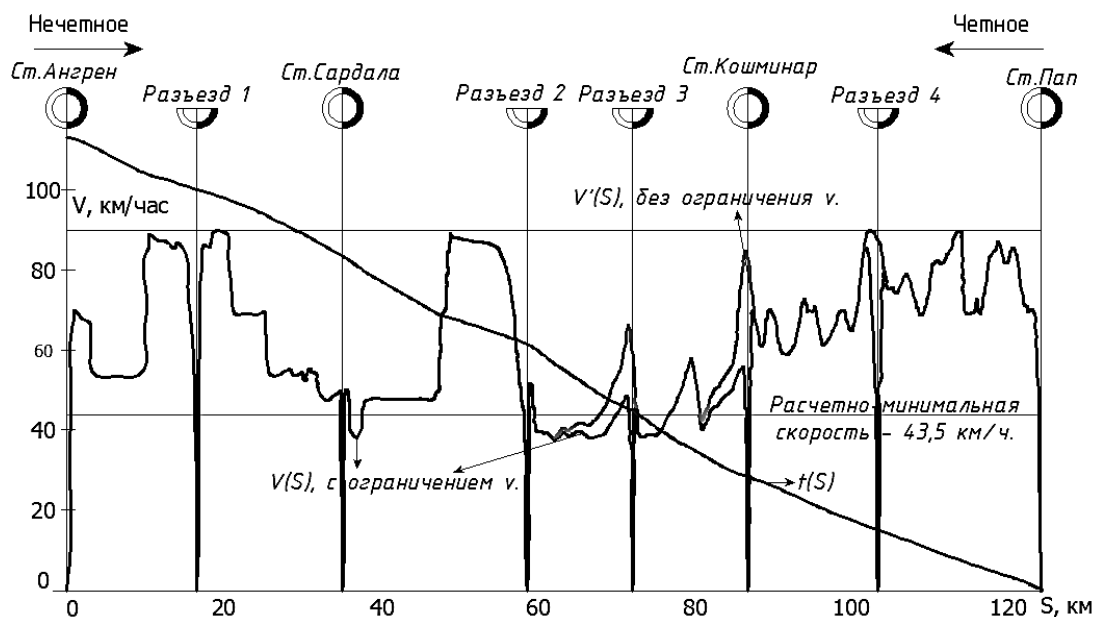


Рис. 2. Диаграммы скоростей грузовых поездов на линии Ангрэн – Пап

количестве 21 пара поездов в сутки. Очевидно, что усиление мощности перегона необходимо в перспективе, а это в проекте линии Ангрэн – Пап не учтено. Увеличение мощности перегона ст. Сардала – Разъезд 2 в перспективе – мероприятие сложное и дорогостоящее.

Для организации безостановочного скрещения необходим двухпутный участок достаточно большого протяжения (не менее 4–5 км), что требует значительных капиталовложений, поэтому безостановочное скрещение вводится, как правило, в качестве этапа усиления мощности однопутной железной дороги по мере увеличения интенсивности движения. При этом наряду с двухпутными участками, образованными путем удлинения одного из станционных путей, как правило, для существенного увеличения пропускной способности линии сооружают двухпутные вставки (рис. 3).

Введение безостановочного скрещения поездов позволяет увеличить пропускную способность участка (перегона) в 1,5–1,7 раза и повысить участковую скорость на 40–60% [2], снизив тем самым потребное количество локомотивов, вагонов, локомотивных бригад и т. д.

Рассмотрим аналитический метод определения длины двухпутного участка безостановочного скрещения поездов.

Как видно из рис. 3, при расчете длины участка скрещения ( $L_{уч.с}$ ) фиксируют три положения поездов:

I – момент, когда середина нечетного поезда находится на оси безостановочного скрещения (ОБС), а четный еще не вступил на участок скрещения;

II – хвост четного поезда за предельным столбиком входной стрелки и не достиг изолирующего стыка, т. е. не освободил перегон. В этот момент голова нечетного поезда должна находиться от выходного сигнала нечетного направления на расстоянии, равном длине тормозного пути  $l_{т.нч}$  с учетом дополнительного расстояния ( $l_{доп}$ ), эквивалентного времени, необходимого для установки маршрута и открытия выходного сигнала, т. е.  $l_{доп} = 16,7V_{нч} \times t_m + l_{т.нч}$ ; здесь  $t_m$  – время подготовки маршрута,  $l_{т.нч}$  – длина тормозного пути нечетного поезда (определяется тяговыми расчетами);

III – момент, когда середина четного поезда находится на ОБС.

Из изложенного ясно, что за время от I до II положения нечетный поезд проходит расстояние  $L_1$ :

$$L_1 = L_{р.нч} - \left( \frac{t_m}{2} + 16,7V_{нч} \cdot t_m + l_{т.нч} \right), \text{ м, (1)}$$

где  $L_{р.нч}$  – расстояние от ОБС до выходного сигнала в нечетном направлении;  $V_{нч}$  – скорость движения нечетного поезда от ОБС до выходного светофора, км/ч;  $t_m$  – время формирования маршрута (при автоблокировке со-

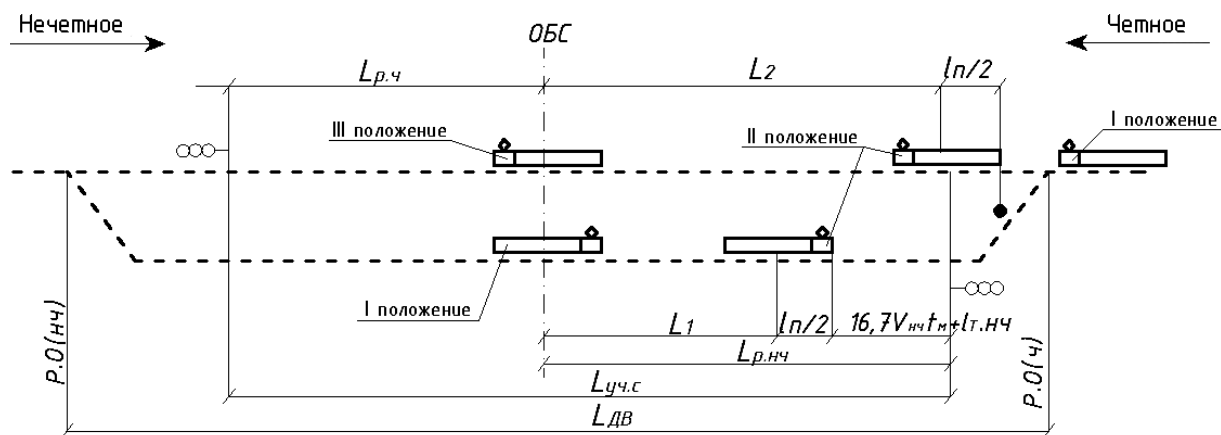


Рис. 3. Схема участка безостановочного скрещения поездов на перегоне: PO (нч), PO (ч) – расчетные оси (начало) двухпутного участка нечетного и четного направлений, соответственно

ставляет 0,2–0,3 мин);  $l_{т.нч}$  – расчетная длина тормозного пути, затратив время

$$t_1 = \frac{L_1}{16,7 \cdot V_{нч}}, \text{ мин.} \quad (2)$$

Если обозначить время хода поезда между II и III положениями  $t_2$ , мин, и принять, что предельный столбик входной стрелки и выходной сигнал размещены в одном сечении, то получим:

$$t_2 = \frac{L_2}{16,7 \cdot V_{вх.ч}} = \frac{L_{р.нч} - \frac{l_{п}}{2}}{16,7 \cdot V_{вх.ч}}, \text{ мин,} \quad (3)$$

где  $l_{п}$  – длина поезда, м;  $L_2$  – расстояние между II и III положениями поезда, движущегося в четном направлении.

Сумма ( $t_1 + t_2$ ), мин, характеризует величину разновременности прибытия поездов:

$$\begin{aligned} t_{\text{разн}} &= t_1 + t_2 = \\ &= \frac{L_{р.нч} - \left(\frac{l_{п}}{2} + 16,7 \cdot V_{нч} \cdot t_{\text{м}} + l_{т.нч}\right)}{16,7 \cdot V_{нч}} + \\ &+ \frac{L_{р.нч} - \frac{l_{п}}{2}}{16,7 \cdot V_{нч}}, \text{ мин.} \end{aligned} \quad (4)$$

Решив полученное уравнение относительно  $L_{р.нч}$ , имеем:

$$\begin{aligned} L_{р.нч} &= \frac{l_{п}}{2} + \\ &+ \frac{16,7(t_{\text{разн}} + t_{\text{м}})V_{нч} \cdot V_{вх.ч} + l_{т.нч} \cdot V_{вх.ч}}{V_{нч} + V_{вх.ч}}, \text{ м,} \end{aligned} \quad (5)$$

а  $L_{р.ч}$  определим по формуле

$$\begin{aligned} L_{р.ч} &= \frac{l_{п}}{2} + \\ &+ \frac{16,7(t_{\text{разн}} + t_{\text{м}})V_{ч} \cdot V_{вх.нч} + l_{т.ч} \cdot V_{вх.нч}}{V_{нч} + V_{вх.ч}}, \text{ м.} \end{aligned} \quad (6)$$

Длина участка скрещения (расстояние между выходными сигналами)

$$L_{\text{уч.с}} = L_{р.нч} + L_{р.ч}, \text{ м,} \quad (7)$$

где  $L_{р.ч}$ ,  $L_{р.нч}$  – расстояние от ОБС до выходного сигнала в четном и нечетном направлениях, соответственно,

а полная длина двухпутной вставки с учетом длины горловин

$$L_{\text{дв}} = L_{\text{уч.с}} + L_{г}, \text{ м,} \quad (8)$$

где  $L_{\text{уч.с}}$  – длина участка безостановочного скрещения поездов четного и нечетного направлений;  $L_{\text{дв}}$  – полная длина двухпутной вставки с учетом горловин;  $L_{г}$  – длина горловины.

### Меры усиления перегона

Расстояние от ОБС до выходного сигнала в четном и нечетном направлениях на перегоне ст. Сардала – Разъезд 2:

$$\begin{aligned} L_{р.нч} &= \frac{651}{2} + \\ &+ \frac{16,7(3 + 0,2) \cdot 50 \cdot 40 + 1200 \cdot 40}{50 + 40} = \\ &= 2046,4 \text{ м;} \\ L_{р.ч} &= \frac{651}{2} + \\ &+ \frac{16,7(3 + 0,2) \cdot 40 \cdot 50 + 1200 \cdot 50}{50 + 40} = \\ &= 2179,7 \text{ м.} \end{aligned}$$

Длина участка скрещения (расстояние между выходными сигналами) определяется по формуле (7):

$$L_{\text{уч.с}} = 2046,4 + 2179,7 = 4226,1 \text{ м.}$$

Длина двухпутной вставки с учетом длины горловин на перегоне ст. Сардала – Разъезд 2 определяется по формуле (8):

$$L_{\text{дв}} = 4226,1 + 2 \cdot 39,063 = 4304,23 \text{ м.}$$

На участке безостановочного скрещения поездов необходимо уложить второй путь, два стрелочных перевода. На рис. 4 приведены итоговые результаты увеличения пропускной способности перегона ст. Сардала – Разъезд 2.

Таким образом, при безостановочном скрещении поездов на одном из отдельных пунктов пропускная способность перегона в парах поездов (рис. 5) составит, согласно [3],

$$n = \frac{(1440 - t_{\text{техн}}) \cdot \alpha_{\text{н}}}{t' + t'' + \tau_{\text{бс}}}, \text{ пар поездов / сут}; \quad (9)$$

$$n = \frac{(1440 - 90) \cdot 0,95}{17,0 + 18,5} = 36 \text{ пар поездов / сут},$$

где  $t_{\text{техн}}$  – технологические окна, на основе статических данных  $t_{\text{техн}}$  на однопутных линиях принимается равным 90 мин;  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент надежности с учетом отказов подвижного состава. В целом коэффициент надежности при расчете наличной пропускной способности принимается на электрифицированных однопутных линиях 0,95;  $t'$  и  $t''$  – время хода поездов в нечетном и четном направлениях между осями остановочного и безостановочного скрещения, соответственно, с учетом разгона и замедления при остановках и снижениях скорости, мин;  $\tau_{\text{бс}}$  – интервал безостановочного скрещения поездов на расчетной оси.

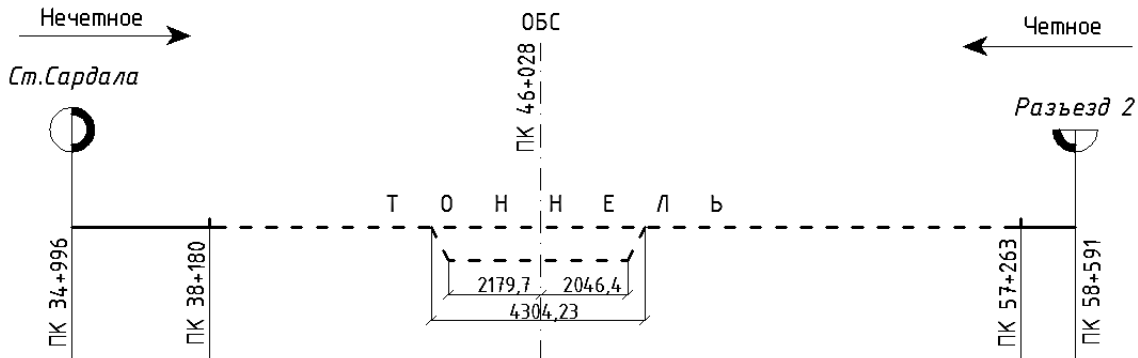


Рис. 4. Результаты увеличения пропускной способности перегона ст. Сардала – Разъезд 2

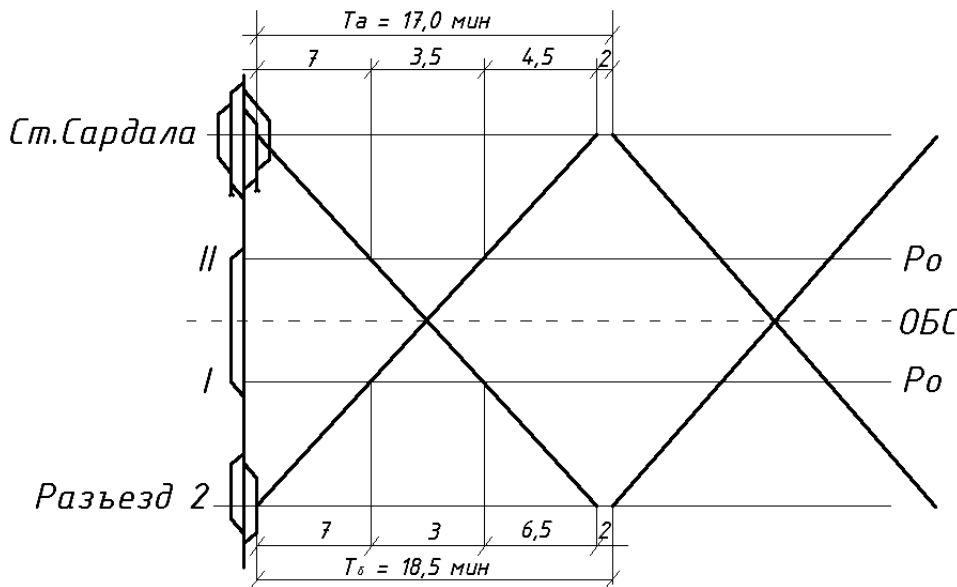


Рис. 5. Организация движения поездов при наличии двухпутной вставки на перегоне ст. Сардала – Разъезд 2

Количество грузовых поездов на участках с преимущественным грузовым движением определяется по формуле

$$n_{гр} = n - n_{пс} \cdot \varepsilon_{пс} - n_{сб}(\varepsilon_{сб} - 1), \quad (10)$$

пар поездов/сут,

$$n_{гр} = 36 - 2 \cdot 1,7 - 1 \cdot (1,8 - 1) = 32$$

пар поездов/сут,

где  $n$  – пропускная способность участка;  $\varepsilon_{пс}$ ,  $\varepsilon_{сб}$  – коэффициент съема для пассажирских и сборных грузовых поездов, соответственно,  $\varepsilon_{пс} = 1,7$ ;  $\varepsilon_{сб} = 1,8$ ;  $n_{пс}$ ,  $n_{сб}$  – размеры движения (поездов, пар поездов) различных категорий, пассажирских и сборных поездов, соответственно,  $n_{пс} = 2$ ;  $n_{сб} = 1$ .

На перегоне ст. Сардала – Разъезд 2 устройство двухпутной вставки позволит организовать безостановочное скрещение поездов, повысить количество грузовых поездов на участках на 11 пар в сутки.

## Заключение

Овладение перевозками предполагается на перегоне ст. Сардала – Разъезд 2 путем строительства двухпутной вставки. На этом перегоне устройство двухпутных вставок позволит организовать безостановочное скрещение поездов и тем самым повысить пропускную способность однопутной линии. Это наиболее

экономичный вариант развития линии, так как требует менее значительных капитальных вложений, чем строительство второго пути на перегоне. Если он будет выполнен во время реализации основного проекта, это будет экономически на 20–25% выгоднее, чем строительство рассматриваемого перегона в перспективе.

## Библиографический список

1. Бизнес-план ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари» на 2012 год.
2. Савченко И. Е. Железнодорожные станции и узлы / И. Е. Савченко, С. В. Зембликов, И. И. Страковский. – М. : Транспорт, 1973.
3. Свинцов Е. С. Комплексный проект реконструкции (модернизации) железной дороги. Ч. I. Подготовка исходной информации к разработке проекта модернизации и усиления мощности эксплуатируемых железных дорог : учеб. пособие / Е. С. Свинцов, О. Б. Суровцева, В. С. Меркушева ; под ред. Е. С. Свинцова. – СПб. : Петербург. гос. ун-т путей сообщения, 2012. – 113 с.
4. Строительство новой электрифицированной железнодорожной линии Ангрен – Пап : предварительное технико-экономич. обоснование. Пояснит. записка. – Ташкент, 2012. – 500 с.
5. Умаров Х. К. Строительство железнодорожной линии Ангрен – Пап и ее роль в формировании сети железных дорог республики Узбекистан / Х. К. Умаров, Е. С. Свинцов // Изв. ПГУПС. – 2014. – Вып. 4 (41). – С. 80–86.