

С.Е. Бекжанова<sup>1,a</sup>, Ж.С. Айпенев<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup>Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан,  
<sup>a</sup>s.bekzhanova@bk.ru, <sup>b</sup>zh.aipenov@mail.ru

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОДНОПУТНЫХ УЧАСТКОВ

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены парные непакетные графики движения поездов и пакетный график движения поездов и вариантный график движения поездов. Установлено, что различные варианты прокладки поездов влияют на величину периода графика движения поездов и, как следствие, на наличную пропускную способность однопутного участка.

**Түйіндеме.** Ғылыми жұмыста көршілес дара жолды телімдердің әр түрлі техникалық жабдықталуы жағдайында шектеулі аралықта пойыздарды жүргізу нұсқалары көрсетілген.

Оның ішінде, парлы пакетсіз пойыздар жүріс графигі және пакетті пойыздар жүріс графигі көрсетілген. Анық болғанындай, пойыздарды жүргізудің түрлі нұсқалары пойыздар жүріс графигі периодының уақыт мөлшеріне әсерін тигізеді, ол өз кезегінде дара жолды телімнің нақты өткізу қабілетіне тікелей әсер етеді.

**Abstract.** The article describes the options of the trains on the stretch-limiting in different types of technical equipment variant track adjacent spans-single track. At the same time considered no package paired and paired packet train schedules. It was found that the various options of the trains affect the amount of time the train schedule and, as a consequence, the cash bandwidth track sections.

**Ключевые слова:** график поездов, вариантный график, этап, непакетные графики, однопутный участок, станционный интервал, интервал между поездами.

**Түйінді сөздер:** пойыздар жүріс графигі, деңгей, вариантты график, пакетс, вариантты график, пакетсіз график, дара жолды телім, станция аралық интервал, пойыз аралық интервал.

**Keywords:** train schedule, time schedule, stage, non-packaged schedule, single-track section, station interval, the interval between trains.

Увеличение пропускной способности железных дорог является одной из основных задач, поставленных перед железнодорожным транспортом. В рамках этой стратегической задачи актуальной является проблема гармоничного развития и интенсификация работы однопутных железных дорог, общая протяженность которых составляет около 80 % эксплуатационной длины сети.

Однопутные участки железных дорог, как правило, имеют требуемую пропускную способность, меньше, а в некоторых случаях значительно меньше наличной. Однако существуют однопутные участки, где требуемая пропускная способность практически равна наличной. В этом случае возникает необходимость в усилении технической оснащенности таких участков. При разработке и анализе таких вариантов расчет наличной пропускной способности выполняется аналитически, но при разработке графика движения поездов такую пропускную способность не всегда удается реализовать. Это возникает из-за влияния на пропускную способность ограничивающего перегона порядка пропуска поездов по смежным и несмежным перегонам, количества приемоотправочных путей на отдельных пунктах, и тому подобное.

Анализ современного состояния работы однопутных железнодорожных линий и методов наращивания их пропускной и провозной способности показывает, что развитие линий и станций направления происходит не комплексно, допускаются диспропорции в

выборе мощности отдельных устройств. Кроме того, не в полной мере учитывается влияние колебаний транспортных потоков на показатели работы однопутных линий, а как следствие, допускаются просчеты в выборе системы мер наращивания пропускной способности и сроков их осуществления.

Техническая оснащенность железных дорог характеризуется наличной пропускной способностью основных устройств и сооружений.

Наличная пропускная способность железнодорожного участка определяется по перегонам, станциям, устройствам электроснабжения электрифицированных линий, деповским и экипировочным устройствам локомотивного хозяйства.

Результативная пропускная способность участка измеряется в парах грузовых поездов и устанавливается по устройству, которое имеет наименьшую пропускную способность.

Данные по наличной пропускной способности ограничивающих элементов являются исходной информацией для реализации политики технического усиления железнодорожной инфраструктуры, приведения в соответствие размеров движения и технической оснащенности участков и т.д.

Основным нормативно-технологическим документом, регламентирующим работу всех подразделений железнодорожного транспорта по организации движения поездов, является график движения поездов (ГДП).

График движения должен обеспечивать непрерывную, ритмичную и слаженную работу как одной железной дороги, дирекции железнодорожных перевозок, транспортного предприятия, так и сети железных дорог в целом.

График движения поездов должен быть реальным. Все его элементы рассчитываются на возможность их безусловной реализации с учетом предоставления «окон» для ремонтных и строительных работ.

График движения поездов составляется одновременно для всей сети железных дорог на летний период и корректируется на зимний период. Расписание пассажирских поездов, как правило, разрабатывается на два-три года. Кроме того, должны составляться варианты графика на период значительных изменений размеров пассажирского и грузового движения, плановых перерывов в движении поездов. ГДП разрабатывается для потребной пропускной способности участков железных дорог, которая, как правило, меньше наличной. В этом случае не возникает проблем построения ГДП. Однако существуют участки, наличная пропускная способность которых исчерпана или потребная приближается к наличной пропускной способности. Кроме этого, для однопутных участков при построении ГДП не всегда удается реализовать размеры движения, соответствующие наличной пропускной способности, значение которой получено аналитическим способом.

В этой связи в статье поставлена задача учета и формализации специфики параметров однопутных участков для обеспечения прокладки максимального количества поездов при построении ГДП. [1]

#### **Анализ условий прокладки поездов на однопутных участках при непакетном ГДП**

Однопутные участки отличаются большим многообразием. Основные их разновидности:

- с однопутными перегонами и отдельными пунктами, имеющими путевое развитие;
- с однопутными перегонами, с двухпутными вставками для безостановочного скрещения поездов и отдельными пунктами, имеющими путевое развитие;
- с однопутными перегонами и отдельными пунктами, имеющими путевое развитие и не имеющими путевого развития (путевые посты примыкания);

– с однопутными перегонами и с двухпутными вставками для безостановочного скрещения поездов и раздельными пунктами, имеющими и не имеющими путевого развития.

Пропускная способность участка определяется по формуле:

$$N_{\text{пс}} = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot \alpha_{\text{н}}}{T_{\text{пер}}^{\text{орг}}}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{тех}}$  – продолжительность технологических перерывов, которые учитываются при построении графика движения поездов,  $t_{\text{тех}}=60...120$  мин;

$T_{\text{пер}}^{\text{орг}}$  – период пары поездов на ограничивающем перегоне, мин;

$\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент надежности технических средств участка,  $\alpha_{\text{н}}=0,95...0,97$ . [3]

Определенная по формуле (1) пропускная способность участка не всегда достижима. Сказывается влияние других однопутных перегонов участка на его пропускную способность.

Для примера рассмотрим однопутный участок *A-E*, схема которого приведена на рис. 1.



Рисунок 1 - Схема однопутного участка А-Е

Для этого участка рассмотрим один из самых простых парных непакетных графиков движения поездов – параллельный неидентичный график. При этом на участке обращаются однопутные поезда установленной весовой нормы в четном и нечетном направлении. Для этого случая примем однопутный перегон *в-г* ограничивающим. Раздельные пункты *в* и *г* имеют путевое развитие (приемоотправочные пути кроме главного), а смежные перегоны *б-в* и *г-д* однопутные. Тогда минимальный интервал неодновременного прибытия поездов  $\tau_{\text{нп}}$  по раздельным пунктам *в* и *г* включает суммарную продолжительность операций:

- контроль ДСП или ДНЦ при диспетчерской централизации за прибытием поезда с остановкой;
- приготовление маршрута пропуска встречного поезда;
- открытие входного и выходного сигналов для пропускаемого без остановки поезда;
- проследование встречным поездом расчетного расстояния.

Расчетное расстояние зависит от конкретных условий раздельного пункта. Продолжительность операции проследования расчетного расстояния зависит от скорости движения поезда, которая определяется тяговыми расчетами.

Продолжительность первых трех операций для раздельных пунктов одного участка, как правило, одинаковое или отличается незначительно.

Минимальный интервал скрещения поездов  $\tau_{\text{с}}$  включает суммарную продолжительность следующих операций:

- контроль ДСП или ДНЦ при диспетчерской централизации за проследованием поезда через раздельный пункт;
- приготовление маршрута для отправления встречного поезда;
- открытие выходного сигнала для отправляемого поезда;
- восприятие выходного сигнала машинистом локомотива и приведение поезда в движение.

Продолжительность указанных операций зависит от конкретных условий раздельных пунктов.

Остальные составляющие периода графика движения поездов для ограничивающего перегона (время следования поезда в четном и нечетном направлении, время на разгон и замедление поезда на отдельных пунктах  $\nu$  и  $\zeta$ ) определяются тяговыми расчетами.

Имея все составляющие для расчета  $T_{пер}^{орг}$  по каждой из схем пропуска поездов, можно определить ту схему, которая обеспечивает минимальное значение  $T_{пер}^{орг}$ . Используя эту схему для пропуска поездов по ограничивающему перегону можно ожидать максимальной пропускной способности участка при данном виде ГДП. Возможные схемы прокладки поездов на ограничивающем перегоне в-г приведены на рисунке 2.

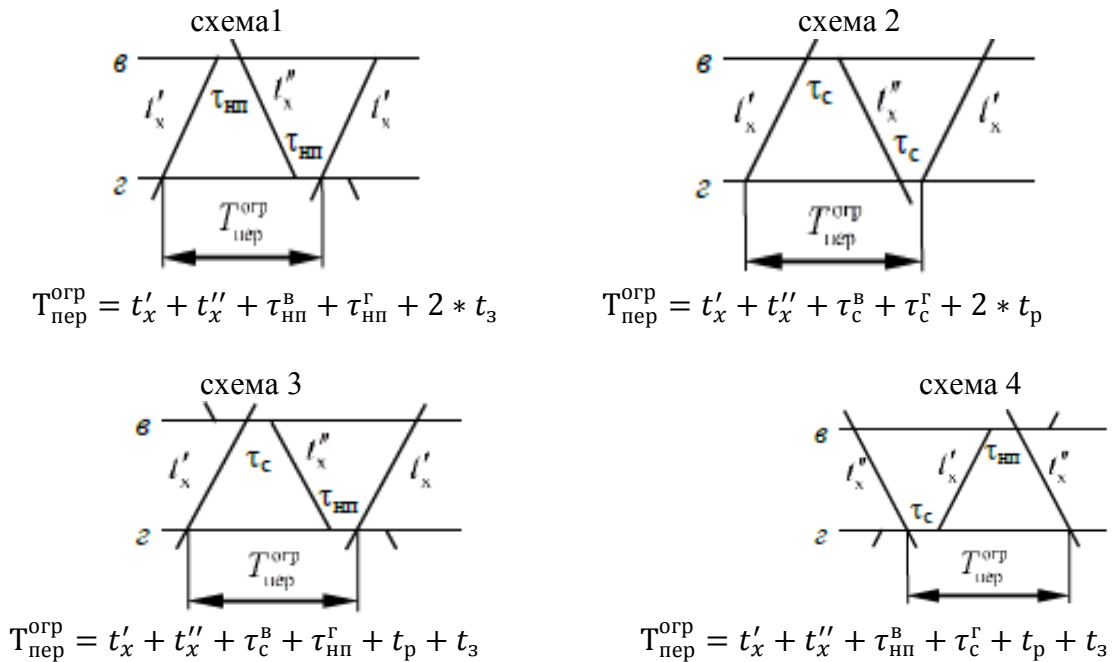


Рисунок 2 - Схема прокладки поездов на ограничивающем перегоне при его расположении между двумя однопутными перегонами

Очевидно, что продолжительность периода графика на ограничивающем перегоне для условий безостановочного поездов на раздельном пункте  $\nu$  будет меньше в сравнении с аналогичными схемами без такого скрещения. Следовательно, и минимальное значение  $T_{пер}^{орг}$  будет меньше чем то, которое использовалось в формуле (1) для определения пропускной способности участка.

### Анализ условий прокладки поездов на однопутных участках при пакетном ГДП

При дефиците пропускной способности участка и необходимости ее увеличения используется пакетный или частично пакетный ГДП. [3]

$$N_{пс}^{пак} = \frac{(1440 - t_{тех}) * 0,97 * K_{п}}{T_{пер}^{орг} [K_{п} + (1 - K_{п}) * \alpha_{п}] + (I'_{п} + I''_{п})(K_{п} - 1) * \alpha_{п}}$$

где  $K_{п}$  – количество поездов в пакете;

$\alpha_{п}$  – коэффициент пакетности (отношение числа поездов, прокладываемых пакетами, к общему количеству поездов);

$I'_{п}, I''_{п}$  – интервал между поездами в пакете в четном и нечетном направлении, мин.

Интервал между поездами в пакете – это минимальное время, которым разграничиваются поезда при следовании по перегонам на участках, оборудованных

автоматической блокировкой. Его значение определяется тяговыми расчетами в условиях движения по участку без остановок на отдельных пунктах, в соответствии с размещением светофоров. Продолжительность интервала зависит также от количества блок-участков, разграничивающих поезд в пакете. Минимальное количество разграничивающих блок-участков может быть два (езда под зеленый огонь светофора) или три (езда на зеленый огонь светофора).

Рассмотрим возможные схемы прокладки поездов на ограничивающем перегоне  $\beta$ - $\varepsilon$  для пакетного ГДП при количестве поездов в пакете 2. Эти схемы приведены на рис. 3.

На рис. приведены формулы для определения периода графика по каждой схеме при пакетном ГДП.[3]



$$T_{пер}^{огр} = t'_x + \tau_{6с}^B + I''_п + t''_x + t_3^r + \tau_{нп}^r + I''_п \quad T_{пер}^{огр} = t_p^r + t'_x + \tau_{6с}^B + I''_п + t''_x + \tau_c^r + I''_п$$



$$T_{пер}^{огр} = \tau_{нп}^r + t'_x + I''_п + \tau_{6с}^B + I''_п + t''_x + t_3^r \quad T_{пер}^{огр} = \tau_c^r + t_p^r + t'_x + I''_п + \tau_{6с}^B + I''_п + t''_x$$

Рисунок 3 - Схемы прокладки поездов на ограничивающем перегоне при пакетном ГДП и двух поездах в пакете

В этих формулах для каждой из схем повторяются пять составляющих – время хода поезда в четном и нечетном направлении, интервалы между поездами в пакете в четном и нечетном направлении, а также интервал безостановочного скрещения поездов по отдельному пункту  $\beta$ . Кроме того перечня оставшихся двух составляющих для схем 1 и 3 совпадают. Также совпадают две оставшиеся составляющие для схем 2 и 4. Т.е. фактически минимальный период графика выбирается из двух значений. Для выбранного периода графика пропускная способность участка определяется по формуле [3]

$$N_{пс(пак)} = \frac{(1440 - t_{тех})\alpha_n}{T_{пер}^{огр}} K_{п} \quad (2)$$

Во многих случаях на пропускную способность однопутных участков оказывают влияние и другие перегоны участка. Отдельный случай, когда на участке имеются так называемые «фальшивые» перегоны, т.е. перегоны, ограниченные с одной или с двух сторон отдельными пунктами без путевого развития (путевые посты примыкания). Особенности этих отдельных пунктов в том, что на них не предусматриваются остановки поездов. В этом случае, при определении влияния таких перегонов на пропускную способность участка должны указываться объемы разделяемых фактических или прогнозируемых поездопотоков.

Учитывая многообразие однопутных участков и разнообразие характеристик их перегонов по результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Определение пропускной способности однопутного участка аналитическим способом не всегда дает правильные результаты решения.

2. Наличие влияния отдельных перегонов однопутного участка на пропускную способность, определенную по периоду графика на ограничивающем перегоне, снижает указанную пропускную способность.

3. Учитывая индивидуальность однопутных участков, их перегонов, как по технической оснащенности, так и по характеристикам формализовать влияние перегонов участков на его пропускную способность, весьма проблематично.

4. Для определения пропускной способности реальных, реконструируемых или проектируемых участков наиболее перспективным является построение вариантных ГДП для различных его видов, их сравнение и выбор лучшего. Это дает возможность выявить и учесть влияние всех перегонов участка на его пропускную способность. Такое решение позволяет также оценить эффективность возможного увеличения пропускной способности участков при различных вариантах их технического усиления. Единственным недостатком такого подхода к решению задачи определения пропускной способности однопутных участков является значительная трудоемкость составления вариантных ГДП.[5]

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Правила технической эксплуатации железных дорог Республики Казахстан. – Астана: Медиа Транспорт, 2011. – 240 с.
- [2] Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Республики Казахстан. – Астана: Медиа Транспорт, 2011. – 304 с.
- [3] Сотников И. Б. Эксплуатация железных дорог М.: Транспорт, 1987.-224 с.
- [4] Кудрявцев В.А. Организация и управление движением на железнодорожном транспорте. – М.: АСАДЕМА, 2006. – 384 с.
- [5] Боровикова М.С. Организация движения на железнодорожном транспорте. – М.: Маршрут, 2003. – 368 с.