Изменения пропускной и провозной способностей высокозагруженных направлений при организации движения соединенных поездов на постоянной основе

Е. А. СОТНИКОВ, П. С. ХОЛОДНЯК

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»),
Москва, 129626, Россия

Аннотация. Рассмотрены особенности изменения межпоездных интервалов при организации движения соединенных поездов на высокозагруженных линиях — попутного следования на перегонах, попутного прибытия, попутного отправления на станции. На основе этого определены параметры изменения пропускной и провозной способностей двухпутных и однопутных участков и направлений в целом. Показано, что на двухпутных линиях увеличиваются все три интервала, что и снижает их пропускную способность. На однопутных линиях увеличивается время занятия перегона соединенным поездом и, соответственно, период графика, что также определяет снижение пропускной способности. При этом основные станционные интервалы однопутного графика движения — не одновременного прибытия поезда с остановкой и проследования без остановки встречного поезда — остаются неизменными. Выполнены вариантные расчеты изменения пропускной и провозной способностей высокозагруженных направлений при различных значениях ходовой скорости поездов, доли соединенных поездов от общих размеров грузового движения, а также доли пропускной способности, снимаемой пассажирским движением. Расчеты проведены для условий, когда обеспечено соответствие всех технических средств инфраструктуры и подвижного состава требованиям системы организации движения соединенных поездов на постоянной основе.

Ключевые слова: пропускная способность; провозная способность; соединенные поезда; интервалы попутного следования, попутного отправления, попутного прибытия; изменение пропускной и провозной способностей

Введение. В современных условиях важнейшие направления сети работают в условиях высокого уровня загрузки пропускной и провозной способностей, а дальнейший рост объемов перевозок требует их наращивания. Традиционные меры по увеличению провозной способности линий дорогостоящие и предусматривают в основном строительство дополнительных главных путей на участках и направлениях в целом, развитие обходных маршрутов, повышение массы составов с удлинением приемо-отправочных путей на всех станциях и др. Для решения проблемы, особенно применительно к высокозагруженным направлениям, необходимо изыскать новые способы

усиления провозной способности, одним из них является организация движения соединенных поездов на постоянной основе.

Опыт организации движения соединенных поездов в периоды предоставления «окон» для ремонтно-реконструктивных работ [1–3] показал большие возможности этого метода по повышению провозной способности временно однопутных перегонов на двухпутных линиях. Организация движения соединенных поездов на однопутных линиях обеспечивает временное повышение их провозной способности в период после предоставления «окна». Указанный эффект временного повышения провозной способности участков достигается за счет того, что поезда останавливаются на главных путях и/или на станциях перед перегоном предоставления «окна» и затем пропускаются по нему пакетами соединенных поездов (на однопутных линиях после завершения работ в «окно»). С целью реализации такого способа временного повышения провозной способности необходимы пути для соединения и разъединения поездов, а также для накопления соединенных поездов для их последующего пропуска по перегону «окна». В периоды предоставления «окон», когда следование поездов останавливается в одном или обоих направлениях движения, указанные технологические операции могут быть выполнены на главных путях перегонов, а также главных и приемо-отправочных путях станций, если их длина меньше длины соединенных поездов.

В настоящей статье рассмотрена технология организации движения соединенных поездов на постоянной основе как один из методов повышения провозной способности высокозагруженных линий.

Организация обращения соединенных поездов на постоянной основе эффективна при уровне использования пропускной способности участков и направления в целом $\gamma_{\text{загр}} \geq 0,8$ [4]. При этом результирующую пропускную способность направления устанавливают по участку, имеющему наименьшую величину

■ E-mail: sotnikov.evgeniy@vniizht.ru (Е. А. Сотников)

расчетной пропускной способности [5]. В этом случае при уровнях использования пропускной способности участков $\gamma_{\text{загр}} \geq 0,8$, что характерно для высокозагруженных направлений, временное закрытие следования поездов в одном из направлений движения недопустимо, так как вызовет значительное снижение пропускной способности направления. Соединение, разъединение и любые стоянки соединенных поездов на высокозагруженных направлениях должны осуществляться только на станциях, не вызывая затруднений как в движении по участку других поездов, так и при выполнении маневровой работы на станциях высокозагруженных линий.

Поскольку существующие линии не создавались для организации обращения соединенных поездов на постоянной основе, потребуется специальная подготовка участков, особенно усиление системы электроснабжения, а также дополнительное развитие станций.

Однако даже при подготовке направления к движению соединенных поездов на постоянной основе увеличение длины таких поездов вызывает снижение пропускной способности, что отражается и на эффекте увеличения провозной способности. Параметры изменения этих двух основных характеристик работы направлений определяют для условий, когда осуществлена специальная подготовка направлений к пропуску соединенных поездов. В этом случае на изменение значений пропускной и провозной способностей действует только фактор увеличения длины поезда. При организации движения части поездов как сдвоенных это соответствует удвоению длины поездов.

Если за сутки по участку может быть пропущено $N_{\text{гр}}$ грузовых поездов со средней массой $Q_{\text{н}}$, тонн нетто, то провозная способность участка

$$G = 365 N_{\text{гр}} Q_{\text{н}}, \text{ т/год}, \quad (1)$$

где $N_{\text{гр}}$ — пропускная способность участка для грузовых поездов с минимальным ее значением на направлении, грузовых поездов/сут.

Следовательно, для анализа величины провозной способности участка G необходимо проанализировать факторы, определяющие значения $N_{\text{гр}}$ и $Q_{\text{н}}$.

Значение $N_{\text{гр}}$ определяют из зависимости

$$N_{\text{гр}} = N_{\text{нал}} - \sum_{i=1}^k \varepsilon_{\text{пс}i} n_{\text{пас}i}, \text{ поездов/сут}, \quad (2)$$

где $N_{\text{нал}}$ — наличная пропускная способность участка, поездов/сут; $\varepsilon_{\text{пс}i}$ — коэффициент съема соответственно для различных типов пассажирских поездов, число которых равно k ; $n_{\text{пас}i}$ — количество пассажирских поездов различных типов.

В формуле (2) не учитывается предусмотренный в [5] съем поездов, определяемый пропуском сборных и ускоренных грузовых поездов, поскольку

в формуле (1) величины $N_{\text{гр}}$ и $Q_{\text{н}}$ определяются для всех грузовых поездов.

Масса поезда нетто является функцией следующих величин:

$$Q_{\text{н}} = n_{\text{ваг}} q_{\text{бр}} \varphi, \quad (3)$$

где $n_{\text{ваг}}$ — среднее количество вагонов в грузовом поезде; максимальное количество вагонов устанавливается на основе длины приемо-отправочных путей на станциях участка; $q_{\text{бр}}$ — средняя масса вагонов в поезде; максимальная масса вагона зависит от допустимой нагрузки на ось $q_{\text{ос}}$, числа осей у вагона и допустимой нагрузки на 1 м пути $q_{\text{п}}$; φ — отношение массы вагона нетто к массе вагона брутто.

Рассмотрим последовательно факторы, от которых зависят значения $N_{\text{гр}}$ и $Q_{\text{н}}$.

Анализ факторов, определяющих значение $N_{\text{гр}}$. Из формулы (2) следует, что величину $N_{\text{гр}}$ определяют наличная пропускная способность $N_{\text{нал}}$ и съем грузовых поездов пассажирскими: $\sum_{i=1}^k \varepsilon_{\text{пс}i} n_{\text{пас}i}$. Поскольку

число пассажирских поездов $n_{\text{пас}i}$ и коэффициенты съема $\varepsilon_{\text{пс}i}$, зависящие от скоростей движения поездов, вычисляются на основе заданий по удовлетворению имеющегося спроса на пассажирские перевозки, величину $\sum_{i=1}^k \varepsilon_{\text{пс}i} n_{\text{пас}i}$ можно рассматривать в виде ограничения на размеры движения грузовых поездов. Тогда значение $N_{\text{гр}}$ зависит прежде всего от величины $N_{\text{нал}}$.

Согласно [5]

$$N_{\text{нал}} = \frac{1440 - t_{\text{тех}}}{T_{\text{пер}}} \alpha_{\text{н}}, \text{ поездов/сут}, \quad (4)$$

где 1440 — количество минут в сутках; $t_{\text{тех}}$ — средняя продолжительность технического обслуживания (ремонта) линии в сутки, мин; $\alpha_{\text{н}}$ — коэффициент надежности работы технических устройств линии, $\alpha_{\text{н}} < 1$; $T_{\text{пер}}$ — период графика движения поездов, то есть минимальное время, через которое поезда могут следовать друг за другом в одном направлении движения.

В формуле (4) значения $t_{\text{тех}}$ и $\alpha_{\text{н}}$ не зависят от длины грузовых поездов и при определении значения $N_{\text{нал}}$ в условиях обращения одианных и соединенных поездов могут быть приняты в виде констант. Рассмотрим изменение значения $T_{\text{пер}}$ для этих условий.

Для двухпутных участков $T_{\text{пер}} = J_{\text{р}}$, где $J_{\text{р}}$ — расчетный межпоездный интервал, вычисляемый в соответствии с [6]. Следует сравнить значения трех интервалов: межпоездного интервала на перегонах — $J_{\text{р}}$, межпоездного интервала попутного прибытия — $J_{\text{пр}}$

и попутного отправления — $J_{от}$ при обращении по участку только одинарных поездов (ОП) и при следовании части поездов соединенными (СП).

Ниже выполнено аналитическое определение значений интервалов с точностью до 0,1 мин при условии отсутствия ограничений по электроснабжению и вождению поездов в соответствии с допустимыми скоростями движения. Принято, что стрелочные горловины обеспечивают движение поездов на боковой путь со скоростью 40 км/ч при средней скорости прибытия поезда на станцию 30 км/ч (с учетом тяговых расчетов для типичных условий).

Значение J_p определяют по условию движения попутных поездов «под зеленый на зеленый сигнал проходных светофоров». Рассматривают следующие расчетные схемы (варианты):

- 1) ОП–ОП,
- 2) ОП–СП,
- 3) СП–ОП,
- 4) СП–СП.

Эти варианты следования поездов для трехзначной автоблокировки представлены на рис. 1.

При выполнении оценочных аналитических расчетов величину J_p с учетом несинхронного изменения скорости движения попутно следующих поездов определяют по формуле

$$J_p = \frac{(3l_{\text{бл}} + l_{\text{п}}) 60}{\beta_n v_x}, \text{ мин}, \quad (5)$$

где $l_{\text{бл}}$ — длина блок-участка, км; $l_{\text{п}}$ — длина поезда, км; v_x — ходовая скорость поезда, км/ч; β_n — коэффициент (для аналитических расчетов), учитывающий несинхронное изменение скорости попутно следующих поездов, $\beta_n \approx 0,9$ [7, 8].

При существенной разнице длины поездов в формуле (5) значение $l_{\text{п}}$ принимают по первому из попутно следующих поездов, поэтому в вариантах 1) и 3) $l_{\text{п}} = l_{\text{п}}^{\text{оп}}$, где $l_{\text{п}}^{\text{оп}}$ — длина ОП, а в вариантах 2) и 4) $l_{\text{п}} = l_{\text{п}}^{\text{сп}}$, где $l_{\text{п}}^{\text{сп}}$ — длина СП. Для оценки влияния движения СП на величину J_p выполняют расчеты по формуле (5) с изменением значения $l_{\text{п}}$, например, для двух вариантов — 1) и 2).

Тяговые характеристики для поездов СП и ОП одинаковы, поскольку удвоенная масса поезда СП обеспечивается тяговыми и тормозными возможностями двух локомотивов и двух составов. Соответственно в реальных графиках движения поездов ходовые скорости для СП и ОП являются одинаковыми.

Для учета возможной несинхронности значений v_x у попутно следующих поездов в аналитических расчетах используют коэффициент β_n . При максимальном графике движения, который принимают при расчете пропускной способности, это имеет существенное

Рис. 1. Расчетные схемы (варианты) определения расчетного межпоездного интервала при организации обращения соединенных поездов:

$l_{\text{бл}}$ — длина блок-участка на перегоне;
1 — ОП–ОП; 2 — ОП–СП; 3 — СП–ОП; 4 — СП–СП
(ОП — одинарный поезд, СП — соединенный поезд)

Fig. 1. Design schemes (options) for determining the design train-to-train interval during the arrangement of linked multiple trains:

$l_{\text{бл}}$ — length of the block section at the haul;
1 — ST–ST; 2 — ST–LMT; 3 — LMT–ST; 4 — LMT–LMT
(ОП — single train (ST), СП — linked multiple train (LMT))

значение. Факторами, определяющими величину β_n , являются:

- движение попутно следующих поездов с разными скоростями по отрезкам пути с различным профилем и планом;
- постоянные и временные ограничения скорости движения поездов;
- требование обязательного опробования тормозов в поезде на перегоне после отправления со станции, где выполнялось опробование тормозов;
- другие факторы.

В соответствии со схемами, указанными в [9], выполнены аналитические расчеты по определению интервалов $J_{\text{пр}}$ и $J_{\text{от}}$.

Из расчетов следует, что при прочих равных условиях обращение СП на постоянной основе вызывает увеличение всех рассматриваемых интервалов на 1,0–2,5 мин. С увеличением ходовой скорости J_p снижается при $v_x \geq 60$ км/ч для $l_{\text{п}} = 2100$ м, а также при $v_x \geq 70$ км/ч для $l_{\text{п}} = 1050$ м, ограничивать пропускную способность могут интервалы $J_{\text{пр}}$ и $J_{\text{от}}$, что снижает пропускную способность участка.

Расчеты также показали, что практически все интервалы (при отсутствии ограничений по станциям и электроснабжению) находятся в пределах 8 мин, то есть не более фактически предусматриваемых интервалов в графике движения для ОП. Это позволяет утверждать, что при отсутствии ограничений реальная пропускная способность участка при внедрении технологии движения СП на постоянной основе может снижаться незначительно, а провозная способность возрастет. Дело в том, что даже в случае увеличения J_p (с учетом ограничений по $J_{\text{пр}}$ и $J_{\text{от}}$) при переходе от ОП к СП провозная способность участка снизится только в случае удвоения

Рис. 2. Расстояния между станциями (разъездами) А и Б, проходимые до освобождения перегона соединенным ($S_{\text{сп}}$) и одинарным ($S_{\text{оп}}$) поездами

Fig. 2. Distance between stations (passing loops) A and B prior to haul liberation by linked ($S_{\text{сп}}$) and single ($S_{\text{оп}}$) trains

Рис. 3. Станционные интервалы $\tau_{\text{нп}}$ (а) и $\tau_{\text{с}}$ (б) для станции А при ее прохождении соединенным поездом без остановки

Fig. 3. The station intervals $\tau_{\text{нп}}$ (a) and $\tau_{\text{с}}$ (б) for station A when multiple linked trains pass without stopping

расчетного интервала. Однако увеличение J_p при переходе от ОП к СП составляет, как уже говорилось, не более 1,0–2,5 мин. Именно поэтому и при снижении пропускной способности направления его провозная способность возрастает.

Для однопутных участков

$$T_{\text{пер}} = f(t', t'', t_p, t_z, \tau, \alpha_{\text{п}}), \quad (6)$$

где t' , t'' — время хода четных и нечетных поездов по перегону; t_p , t_z — время разгона и замедления поезда; τ — станционные интервалы по отдельным пунктам, предусмотренные схемой пропуска поездов; $\alpha_{\text{п}}$ — коэффициент пакетности.

С введением в обращение СП изменяются значения t' и t'' , поскольку увеличивается расстояние, проходимое СП до освобождения перегона (стрелочной горловины), по сравнению с расстоянием, проходимым ОП от одной станции до другой, что видно из рис. 2. При этом

$$S_{\text{сп}} = S_{\text{оп}} + l_{\text{оп}}, \quad (7)$$

где $S_{\text{сп}}$, $S_{\text{оп}}$ — соответственно расстояния, проходимые одинарным и соединенным поездами, между станциями (разъездами) А и Б, до освобождения перегона; $l_{\text{оп}}$ — длина одинарного поезда.

На рис. 2 СП следует с бокового пути станции А на боковой путь станции Б. Но ситуация принципиально не изменяется и при его движении по главным путям. В этом случае время следования поездов между станциями А и Б уменьшается на время разгона и замедления.

В соответствии с расчетными схемами [9] обращение соединенных поездов не влияет на значения интервалов $\tau_{\text{нп}}$ и $\tau_{\text{с}}$ (рис. 3), поэтому при оценке влияния изменения провозной способности однопутных направлений за счет изменения пропускной способности следует учитывать только фактор изменения значений времени хода СП по перегону.

Из рис. 2 следует, что время занятия однопутного перегона при движении СП возрастает на величину

$$\Delta t_{\text{сп}} = \frac{l_{\text{оп}}}{v_x}, \quad (8)$$

где v_x — ходовая скорость поезда.

Количество следующих по направлению СП зависит от структуры грузопотока, возможностей выполнения операций по соединению и разъединению поездов и других условий. Для расчетов принято, что в период $T_{\text{гр}}$, когда следуют грузовые поезда, часть времени $\beta_{\text{сп}} T_{\text{гр}}$ используется для пропуска СП. Значения доли соединенных поездов от общего их числа ($\beta_{\text{сп}}$) по вариантам приняты равными 0,05; 0,10; 0,20; 0,30 и 0,40.

Количество ОП и СП, пропускаемых по участку за время $T_{\text{гр}}$, определяют из следующих зависимостей.

В течение времени $\beta_{\text{сп}} T_{\text{гр}}$ СП пропускаются с интервалом $J_{\text{р}}^{\text{сп}}$ для двухпутных линий и с периодом графика $T_{\text{пер}}^{\text{сп}}$ для однопутных линий. При этом время $\beta_{\text{сп}} T_{\text{гр}}$ может использоваться для пропуска СП распределенно по общему времени суток. В течение времени $(1 - \beta_{\text{сп}}) T_{\text{гр}}$ с интервалом $J_{\text{р}}^{\text{оп}}$ и периодом графика $T_{\text{пер}}^{\text{оп}}$ пропускаются ОП. Тогда общее количество поездов, а также СП и ОП, пропускаемых за время $T_{\text{гр}}$, составит для двухпутных ($N_{\text{гр}}^{\text{дв}}$) линий

$$N_{\text{гр}}^{\text{дв}} = \frac{\beta_{\text{сп}} T_{\text{гр}}}{J_{\text{р}}^{\text{сп}}} + \frac{(1 - \beta_{\text{сп}}) T_{\text{гр}}}{J_{\text{р}}^{\text{оп}}}, \quad (9)$$

или

$$N_{\text{гр}}^{\text{дв}} = N_{\text{гр}}^{\text{дв сп}} + N_{\text{гр}}^{\text{дв оп}}. \quad (10)$$

Для однопутных линий эти выражения имеют вид

$$N_{\text{гр}}^{\text{одн}} = \frac{\beta_{\text{сп}} T_{\text{гр}}}{T_{\text{пер}}^{\text{сп}}} + \frac{(1 - \beta_{\text{сп}}) T_{\text{гр}}}{T_{\text{пер}}^{\text{оп}}}, \quad (11)$$

$$N_{\text{гр}}^{\text{одн}} = N_{\text{гр}}^{\text{одн сп}} + N_{\text{гр}}^{\text{одн оп}}. \quad (12)$$

В результате сравнения значений $N_{\text{гр}}^{\text{дв}}$ со значениями $N_{\text{гр}}^{\text{одн}}$ при $\beta_{\text{сп}} = 0$, то есть $N_{\text{гр}} (\beta_{\text{сп}} = 0)$, с принятыми вариантными значениями при $\beta_{\text{сп}} (0,05; 0,10 \dots)$, то есть $N_{\text{гр}} (\beta_{\text{сп}} \neq 0)$, получаются теоретические значения изменения пропускной способности участков при использовании технологии СП с различной долей пропускаемых СП:

$$\Delta N_{\text{сп}} = \frac{N_{\text{гр}} (\beta_{\text{сп}} \neq 0) - N_{\text{гр}} (\beta_{\text{сп}} = 0)}{N_{\text{гр}} (\beta_{\text{сп}} = 0)} 100\%. \quad (13)$$

Для определения прироста провозной способности при введении технологии СП $\Delta G_{\text{сп}}$ соответствующие значения $N_{\text{гр}}$ умножают на массу поезда нетто. Поскольку в данном случае определяют относительное увеличение провозной способности при постоянных значениях массы поезда нетто, в расчетах вместо количества тонн нетто используют величину количества вагонов в поезде: одинарном $m_{\text{ваг}} = 71$ вагон; соединенном $m_{\text{ваг}} = 142$ вагона.

Значение $\Delta G_{\text{сп}}$ находят с использованием следующей зависимости:

$$\Delta G_{\text{сп}} = \frac{(2m_{\text{ваг}}N_{\text{сп}} + m_{\text{ваг}}N_{\text{оп}}) - m_{\text{ваг}}N'_{\text{оп}}}{m_{\text{ваг}}N'_{\text{оп}}} 100\%, \quad (14)$$

где $N_{\text{сп}}$ и $N_{\text{оп}}$ — количество соединенных и одинарных поездов в вариантах, когда $\beta_{\text{сп}} \neq 0$; $N'_{\text{оп}}$ — количество одинарных поездов, когда $\beta_{\text{сп}} = 0$.

По рассмотренным вариантам получены теоретические значения $\Delta N_{\text{сп}}$ и $\Delta G_{\text{сп}}$ (с точностью до 1,0 %), представленные в таблице (двухпутные участки). Из таблицы следует, что во всех вариантах с увеличением количества сдвоенных поездов пропускная способность участков снижается, а провозная — возрастает.

Таким образом, с увеличением длины СП на двухпутных линиях увеличиваются расчетные интервалы: межпоездного $J_{\text{р}}$, попутного прибытия $J_{\text{пр}}$ и попутного отправления $J_{\text{от}}$ на 1,0–2,5 мин, что обуславливает снижение, в зависимости от доли таких поездов, пропускной способности участков на 1–6 %. При доле СП от 5 до 40 % общего объема движения грузовых поездов провозная способность возрастает от 4 до 27 %.

На однопутных участках движение СП увеличивает время занятия перегона, что снижает пропускную способность. Однако провозная способность участков при этом увеличивается за счет пропуска части поездов двойной длины.

Закключение. 1. Для повышения эффективности и роста объема перевозок на сети железных дорог ОАО «РЖД» необходимо разработать новые менее капиталоемкие способы наращивания провозной способности высокозагруженных направлений с уровнем использования пропускной способности 0,8 и более. Одним из них является организация движения соединенных (сдвоенных) поездов на постоянной основе.

2. Поскольку существующие линии не создавались для использования технологии обращения соединенных поездов на постоянной основе, необходима специальная подготовка участков, особенно усиление системы электроснабжения, а также дополнительное развитие станций.

3. Увеличение длины соединенных поездов по сравнению с одинарными поездами вызывает сни-

Теоретические значения $\Delta N_{\text{сп}}$ (числитель), %, и $\Delta G_{\text{сп}}$ (знаменатель), %, для различных условий на двухпутных участках

Theoretical values $\Delta N_{\text{сп}}$ (numerator), %, and $\Delta G_{\text{сп}}$ (denominator), %, for different conditions on a double-track line

$\beta_{\text{сп}}$	$v_{\text{х}}$, км/ч	$\Delta N_{\text{сп}}/\Delta G_{\text{сп}}$, %
0,05	50	–1/+4
	60	–1/+3
0,10	50	–2/+7
	60	–2/+6
0,20	50	–3/+14
	60	–4/+12
0,30	50	–5/+21
	60	–6/+18
0,40	50	–6/+27
	60	–8/+24

Примечание. С изменением доли пассажирских поездов от общих размеров движения ($\alpha_{\text{пас}}$) значения $\Delta N_{\text{сп}}$ и $\Delta G_{\text{сп}}$ не изменяются, так как все вычисления сделаны в относительных величинах.

жение пропускной способности, что отражается и на увеличении провозной способности.

4. Выполнены расчеты по определению значений интервалов попутного следования поездов по участку, попутного прибытия на станции и попутного отправления со станций, которые показали, что пропускная способность направлений при движении соединенных поездов снижается на 1–8 %, при этом провозная способность возрастает на 4–27 % в зависимости от ходовой скорости и доли соединенных поездов. Это говорит о том, что способ организации движения соединенных поездов на постоянной основе следует рассматривать как один из новых способов наращивания провозной способности высокозагруженных направлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Горшков В.В. В режиме длительно закрытых перегонов. Использовать «окна» максимально эффективно // Железнодорожный транспорт. 2016. № 5. С. 36–38.
- Влияние «окон» на эксплуатационные показатели железных дорог / С.А. Быкадоров [и др.] // Путь и путевое хозяйство. 2018. № 12. С. 7–11.
- Регер А.А. Эксперимент становится нормой // Железнодорожный транспорт. 2016. № 5. С. 39–43.
- Распоряжение ОАО «РЖД» от 28.12.2015 № 3109р «Об утверждении Порядка определения эффективности формирования и вождения соединенных поездов во всех видах движения на основе критериев экономической целесообразности, состояния загрузки инфраструктуры, безопасности движения» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71379672/> (дата обращения: 22.06.2019 г.).

5. Приказ Министерства транспорта РФ от 18.07.2018 № 266 «Об утверждении Методики определения пропускной и провозной способностей инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71910552/> (дата обращения: 20.06.2019 г.).

6. Proceedings of the 11th International Heavy Haul Association Conference (IHHA 2017), 2–6 September / Y. Zhang, C. Li, Z. Yu, Q. Zhou. Cape Town, South Africa: 2017.

7. Развитие тяжеловесного движения грузовых поездов / под ред. Л. А. Мугинштейна, К. П. Шенфельда. М.: Интекст, 2011. 76 с.

8. Левин Д. Ю., Павлов В. Л. Расчет и исследование пропускной способности железных дорог. М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2011. 364 с.

9. Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов: утв. Министерством путей сообщения РФ от 27.12.1995 № ЦД-361) [Электронный ресурс]. URL: <http://rykovodstvo.ru/exspl/38142/index.html> (дата обращения: 22.06.2019 г.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

СОТНИКОВ Евгений Александрович,

д-р техн. наук, профессор,

главный научный сотрудник НЦ «ЦМПЭ», АО «ВНИИЖТ»

ХОЛОДНЯК Павел Сергеевич,

начальник отдела НЦ «ЦМПЭ», АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 10.07.2019 г., принята к публикации 19.10.2019 г.

Changes in the carriage and traffic capacity along highly busy routes in case of traffic scheduling for permanently linked multiple trains

E. A. SOTNIKOV, P. S. KHOLODNYAK

Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. The increase in transportation volume through the railroad network requires novel less capital-intensive methods for increasing the carriage capacity with respect to the busy routes that operate at traffic capacity levels of 0.8 and higher. One proposed method is the traffic scheduling of permanently linked multiple trains.

Because the existing lines were constructed without considering the usage of permanently linked multiple trains, special preparation of various sections, especially for enhancing the electric power supply system, as well as additional development of stations are required.

Compared with single trains, the increase in the length of the linked trains reduces the traffic capacity, affecting the carriage capacity.

Further, the peculiarities of interval changes, including the succession times at sections, arrival spacing, and train departure from a station while scheduling linked train traffic on a permanent basis on busy lines, were analyzed. This served as the basis for determination of parameters for the changing traffic and carriage capacity of single and double tracks or traffic routes in general. All the aforementioned intervals increased on the double-track lines, which reduced their traffic capacity. Furthermore, the section occupation duration increased for the linked trains on single-track lines; accordingly, a traffic scheduling period can be established for determining the reduction in traffic capacity. The main station intervals of the single-track traffic schedule of not simultaneous train arrival with the stop and the opposite train without stop are not changed. Some calculation options were introduced for altering the traffic and carriage capacity of the busy lines for different running speeds of trains, shares of linked trains in the total amount of freight transportation, and shares of traffic capacity with respect to passenger traffic. Further, calculations were performed by considering that all the technical infrastructure facilities and rolling stock satisfy the system requirements for arrangement of the linked train traffic on a permanent basis. The usage of this method increases the capacity of the busy routes, reduces the traffic capacity by 1%–6% and increases the carriage capacity by 4%–27% for linked trains with the share from 5% to 40%. This indicates that the method for permanent scheduling of the linked train traffic is a novel method for increasing the carriage capacity along the busy routes.

Keywords: traffic capacity; carriage capacity; linked multiple trains; succession time; departure spacing; arrival spacing; changes of traffic and carriage capacity

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-5-259-265>

REFERENCES

1. Gorshkov V.V. V *rezhime dlitel'no zakrytykh peregonov. Ispol'zovat' "okna" maksimal'no effektivno* [In the mode of the long enclosed running lines. Maximum effective use of the "gaps"]. *Zheleznodorozhnyy transport*, 2016, no. 5, pp. 36–38.
2. Bykadorov S.A., Kurenkov P.V., Bondarenko A.A., Bondarenko T.A. *Vliyaniye "okon" na ekspluatatsionnyye pokazateli zheleznnykh dorog* [Effect of the "gaps" of the railroads performance indicators]. *Railway track and track facilities*, 2018, no. 12, pp. 7–11.
3. Reger A.A. *Eksperiment stanovitsya normoy* [Experiment becomes a norm]. *Zheleznodorozhnyy transport*, 2016, no. 5, pp. 39–43.
4. *Ob utverzhdenii Poryadka opredeleniya effektivnosti formirovaniya i vozhdneniya soyedinnennykh poyezdov vo vseh vidakh dvizheniya na osnove kriteriyev ekonomicheskoy tselesoobraznosti, sostoyaniya zagruzki infrastruktury, bezopasnosti dvizheniya*. Rasporyazheniye JSC "RZD" ot 28.12.2015 № 3109r [Procedure of determination of effectiveness of the linked multiple trains composition and service in all types of movement based on the criteria of economic feasibility, infrastructure workload, and traffic safety. Approved by the decree of the JSC "RZD" on 28.12.2015 no. 3109r]. URL: <https://base.garant.ru/71379672/> (retrieved on 22.06.2019) (in Russ.).
5. *Ob utverzhdenii Metodiki opredeleniya propusknoy i provoznoy sposobnostey infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta obshchego pol'zovaniya*. Prikaz Ministerstva transporta RF ot 18.07.2018 № 266 [Method of determination of the common railway transport carriage and traffic capacity. Order of the Ministry of transport of the Russian Federation on 18.07.2018 no. 266]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71910552/> (retrieved on 20.06.2019) (in Russ.).
6. Zhang Y., Li C., Yu Z., Zhou Q. Proceedings of the 11th International Heavy Haul Association Conference (IHHA 2017), date 2–6 September, Cape Town, South Africa, 2017.

7. *Razvitiye tyazhelovesnogo dvizheniya gruzovykh poyezdov* [Development of the cargo trains heavy haul]. Ed. by L. A. Muginstein, K. P. Shenfel'd. Moscow, Intext Publ., 2011, 76 p.

8. Levin D. Yu., Pavlov V. L. *Raschet i issledovaniye propusknoy sposobnosti zheleznykh dorog* [Calculation and study of the railroads train-handling capacity]. Moscow, Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte Publ., 2011, 364 p.

9. *Instruktsiya po opredeleniyu stantsionnykh i mezhpoyezdnykh intervalov*. Utv. Ministerstvom putey soobshcheniya RF ot 27.12.1995 № TsD-361 [Guidelines for determination of the station and train-to-train interval. Approved Ministry of Railways Russian Federation 27.12.1995 no. TsD-361]. URL: <http://rykovodstvo.ru/exspl/38142/index.html> (retrieved on 22.06.2019) (in Russ.).

■ E-mail: sotnikov.evgeniy@vniizht.ru (E. A. Sotnikov)

ABOUT THE AUTHORS

Evgeniy A. SOTNIKOV,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, Scientific Center "Digital Models of Transportation and Energy Saving Technologies", JSC "VNIIZhT"

Pavel S. KHOLODNYAK,

Head of Department, Scientific Center "Digital Models of Transportation and Energy Saving Technologies", JSC "VNIIZhT"

Received 10.07.2019

Accepted 19.10.2019

ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

Максимов И. Н., Кондрашов В. М. Альтернативные методы исследования динамики железнодорожных экипажей. М.: РАС, 2019. 108 с.

В книге подробно изложена методика исследования динамики железнодорожных экипажей, в основе которой лежит оригинальный подход к моделированию движения колесных пар железнодорожных экипажей в рельсовой колее, позволяющий реализовывать движение экипажей любой осности в прямых и кривых участках пути в режимах выбега, тяги и торможения.

Представлены алгоритмы описания профиля колеса и рельса, позволяющие исследовать влияние отдельных участков профилей на динамические качества подвижного состава, безопасность движения и износ колес колесных пар. Приведена методика прогнозирования износа профиля и изменения его формы в зависимости от пробега.

Книга рассчитана на научных и инженерно-технических работников железнодорожного транспорта, также может быть полезна преподавателям и студентам транспортных вузов.

Ромен Ю. С. Взаимодействие пути и экипажа в рельсовой колее. М.: РАС, 2019. 160 с.

Рассмотрены проблемы системы «колесо—рельс». Дано описание основных этапов моделирования динамических процессов и проведения испытаний. Изложена методика составления математической модели движения подвижного состава и определения параметров взаимодействия подвижного состава и пути в процессе испытаний. Показано влияние состояния поверхности катания на силы вписывания, а также влияние неровностей на колебания тележки.

По вопросам приобретения книг обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, редакционно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ».

Тел.: (499) 260-43-20, e-mail: rio@vniizht.ru, www.vniizht.ru.

Книга предназначена для научных и научно-технических работников железнодорожного транспорта, а также может быть полезна преподавателям и студентам транспортных вузов.

Актуальные вопросы развития железнодорожного транспорта: материалы Всероссийской научно-практической конференции к 75-летию аспирантуры Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта / под ред. А. Б. Косарева, Г. В. Гогричиани. М.: РАС, 2019. Ч. 1. 272 с.

Рассмотрены важные экономические факторы, влияющие на развитие железнодорожного транспорта, проблемы, связанные с подвижным составом, процессами управления перевозками, совершенствованием локомотивной тяги и токобсема электроподвижного состава, а также вопросы пути, путевого хозяйства, металло- и материаловедения.

Сборник рассчитан на научных и инженерно-технических работников железнодорожного транспорта.

Экономические исследования железнодорожного комплекса и их практическое значение / под ред. О. Ф. Мирошниченко. М.: РАС, 2019. 210 с.

Изложены результаты исследований по актуальным проблемам экономики железнодорожного комплекса: ценообразование на грузовые и пассажирские перевозки, прочие виды деятельности; управление затратами, зависимость их от объема перевозок, формирование удельных оценочных затрат; оценка экономической эффективности технологических решений и инвестиционных железнодорожных проектов; совершенствование системы управления железнодорожным транспортом.

Книга рассчитана на специалистов, занимающихся вопросами экономики железнодорожного транспорта, может быть полезна преподавателям и студентам транспортных вузов.