

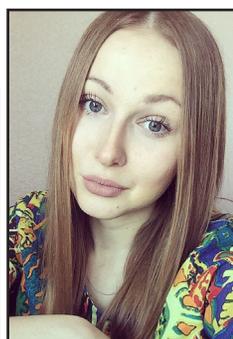


Факторы пропускной способности транспортных коридоров Дальнего Востока



Татьяна КАЛИКИНА
Tatyana N. KALIKINA

Дарья СЕРОВА
Daria S. SEROVA



Виктория БАЛЕНКО
Victoria V. BALENKO

Каликина Татьяна Николаевна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Организация перевозок и безопасность на транспорте» Дальневосточного государственного университета путей сообщения (ДВГУПС), Хабаровск, Россия.
Серова Дарья Сергеевна – кандидат технических наук, доцент ДВГУПС, Хабаровск, Россия.
Баленко Виктория Витальевна – преподаватель ДВГУПС, Хабаровск, Россия.

Factors of Capacity of Transport Corridors of the Far East
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 180)

Авторы анализируют возможности Дальневосточного региона по дальнейшему развитию международных транспортных коридоров, выделяя несоответствие провозных способностей морского и железнодорожного транспорта. Определены факторы, сдерживающие рост объемов перевозки экспортных грузов по железной дороге и значительно затрудняющие работу транспортных коридоров. Предложены методика определения эффективности использования параллельных норм массы грузовых поездов и мероприятия, обеспечивающие снижение потребной пропускной способности транспортной инфраструктуры за счет поэтапного поступательного роста массы грузовых поездов при наличии оснований избежать дополнительных затрат.

Ключевые слова: международный транспортный коридор, транспортная инфраструктура, морской транспорт, морской порт, железная дорога, грузовые поезда, перелом массы, инновационные вагоны, локомотив-толкач, провозная способность, потребная пропускная способность, масса поезда, тяжеловесное движение.

В силу особенностей своего геостратегического положения и ресурсообеспеченности Дальневосточный регион располагает определенным потенциалом для привлечения капитала и крупных товарных потоков. Одним из ключевых проектов в этом отношении считается создание инфраструктурных условий для эффективного использования природных ресурсов и развития международных транспортных коридоров (МТК) [1].

Железная дорога в Дальневосточном федеральном округе (ДФО) является главным звеном евроазиатского направления перевозок, так как имеет выход к незамерзающим морским портам: Ванино, Советская Гавань, Восточный, Находка, Крабовая, Посыет и другим, а также к пограничным переходам на пути в КНР (Гродеково–Суйфэньхэ, Нижнеленинское–Тунцзян, Махалино–Хунчунь) и КНДР (Хасан–Туманган). Основную долю грузопотоков (около 62 %) на Дальневосточной железной дороге составляют экспортные перевозки грузов (уголь – 67 %, нефть – 12 %, лес – 10 %, прочие – 11 %).

В ближайшей перспективе планируется значительное увеличение объёмов экспортных перевозок по портам и пограничным переходам ДВФО. Кроме этого, намечено строительство современного морского угольного терминала «Порт Вера» (заявленный объем перевалки 20 млн тонн), порта Зарубино (заявленный объем 80 млн тонн), сухого порта в г. Хуньчунь (КНР) [2].

Однако среди факторов, затрудняющих освоение природно-ресурсного потенциала и увеличение объема экспортных грузов, существует столь серьезный, как наличие инфраструктурных ограничений в транспортной сфере. Уровень технического развития транспортных коридоров в зоне железных дорог не соответствует провозным возможностям морского транспорта и потенциалу добывающих предприятий региона. А значит, усиление пропускных способностей железнодорожных подходов к морским портам и пограничным переходам Дальнего Востока, повышение перерабатывающих способностей станций и перегрузочных комплексов становятся первоочередной отраслевой задачей.

Между тем, уже сейчас загрузка транспортной инфраструктуры составляет порядка 83–92 % пропускной способности МТК. При этом за последние восемь лет наблюдается системный прирост грузопотока, следующего в страны Азиатско-Тихоокеанского региона по территории ДВФО. То есть загрузка близка к предельной, а возникновение отказов инфраструктуры приводит к отставлению поездов от движения, введению конвенционных ограничений на погрузку, многим другим затруднениям в работе МТК [3]. В этих обстоятельствах на первый план, не исключая, понятно, и глобальных целей, выходит локальная повседневная задача – добиться лучшей управляемости текущим перевозочным процессом, снизить дефицит провозной способности на железных дорогах региона.

Анализ работы Дальневосточной железной дороги (ДВЖД) за 2014–2016 годы показал значительное количество неполновесных и (или) неполносоставных поездов, следующих в направлении дальневосточных морских портов. В 2014 году процент таких поездов от общего числа составил 13,8 %, в 2015 году – 15 %, в 1-м полугодии 2016–22,1 %. На рис. 1 видно,

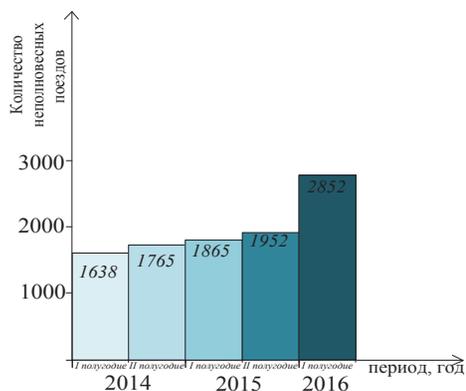


Рис. 1. Количество неполновесных (неполносоставных) поездов на ДВЖД.

что в 2016 году произошло значительное увеличение числа неполновесных и (или) неполносоставных поездов по сравнению с двумя предыдущими годами.

При этом по данным за 2015 год на подходах к портам и пограничным переходам количество неполновесных и неполносоставных поездов достигало 60 % от пропускной способности инфраструктуры – рис. 2.

При анализе были выявлены основные причины неполновесности и неполносоставности поездов на Дальневосточной железной дороге:

1. Неполношение составов на одной из попутных технических станций. Данная причина связана с тем, что 60 % грузопотоков в направлении Дальнего Востока зарождаются на станциях Западно-Сибирской и Красноярской железных дорог, где весовая норма поездов составляет 6000 тонн, что меньше весовой нормы, установленной на Дальневосточной железной дороге. Кроме того, поскольку грузопоток следует отправительскими маршрутами с унифицированной весовой нормой 6000 тонн, пополнение поездов на попутных технических станциях невозможно, ибо отправительские маршруты пополнять запрещено.

2. Сложный профиль пути, характеризующийся крутыми и затяжными подъемами. Наиболее трудными участками на направлении Восточная Сибирь–порты Дальнего Востока являются: Тайшет–Нижеудинск (8,5 ‰) и Большой Луг–Андриановская Восточно-Сибирской железной дороги (17,4 ‰), Архара–Облучье–Лагар (8,5 ‰) и Уссурийск–Смоляниново–На-



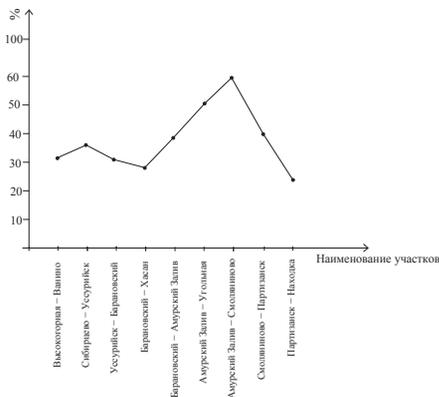


Рис. 2. Процент неполновесных и неполносоставных поездов от потребной пропускной способности на некоторых участках ДВЖД.

ходка (27 %) Дальневосточной железной дороги. Самый сложный на всем полигоне из названных именно последний участок, пролегающий через Сихотэ-Алиньский перевал с тремя крутыми затяжными подъёмами до 27 % и имеющий большое число кривых с малым радиусом (170–210 м).

Для преодоления крутых подъемов без остановки на участке Уссурийск–Смоляниново–Находка и повышения его наличной пропускной способности была введена новая технология пропуска поездов. Поезда назначением на станции Находкинского узла формируются на станции Хабаровск-II с меньшей весовой нормой – 5500 тонн. Сейчас число таких поездов составляет 40 % от общего их числа на данном направлении в сутки. Применение новой технологии, с одной стороны, повышает пропускную способность участка, а с другой стороны, является одной из основных причин неполновесности поездов на ДВЖД.

Проводимые ныне мероприятия по сокращению числа неполновесных и неполносоставных поездов на ДВЖД незначительно снизят потребную пропускную способность – на 199,2 поезда в год. Поэтому для решения проблемы дефицита пропускной способности предлагается иной вариант, обеспечивающий поэтапный поступательный рост массы поезда и провозной способности участков [4].

1. Использование параллельных норм массы грузовых поездов на основных направлениях. Этот способ, с одной стороны, позволяет ускорить продвижение грузопотоков, ликвидировать «узкие» места и сни-

зить нагрузки на железнодорожные станции, связанные с переломом массы, а с другой стороны – ведет к увеличению загрузки станции формирования и загрузки участка от станции формирования до станции назначения за счет увеличения потребных размеров движения.

Предлагается методика определения эффективности использования параллельных норм массы грузовых поездов.

Выбор станции формирования поездов с массой, отличной от унифицированной, осуществляется на основании критерия эффективности ($\Theta_{\text{пар}}$), который зависит от снижения загрузки станций с переломом веса и увеличением загрузки станции формирования и участка от станции формирования до станции назначения:

$$\Theta_{\text{пар}} = \begin{cases} (\psi_{\text{суц}}^{v_j} - \psi_{\text{пар}}^{v_j}) - \\ - (\psi_{\text{пар}}^{v_1} - \psi_{\text{суц}}^{v_1}) \geq 0 \\ (\psi_{\text{суц}}^{v_j} - \psi_{\text{пар}}^{v_j}) - \\ - (\psi_{\text{пар}}^{v_1 - v_{k+1}} - \\ - \psi_{\text{суц}}^{v_1 - v_{k+1}}) \geq 0 \end{cases} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $\psi_{\text{суц}}^{v_1}$ – существующая загрузка станции формирования поездов массой, отличной от унифицированной (без работы по формированию поездов с параллельными нормами массы);

$\psi_{\text{пар}}^{v_1}$ – загрузка станции формирования поездов массой, отличной от унифицированной (с учетом работы по формированию поездов с параллельными нормами массы);

$\psi_{\text{суц}}^{v_j}$ – существующая загрузка станции с переломом массы;

$\psi_{\text{пар}}^{v_j}$ – загрузка станции с переломом массы после введения параллельных норм массы;

$\psi^{v_1 - v_{k+1}}$ – существующая загрузка

участка от станции формирования поездов массой, отличной от унифицированной, до станции назначения;

$\psi^{v_1 - v_{k+1}}$ – загрузка участка от стан-

ции формирования поездов массой, отличной от унифицированной, до станции назначения при пропуске поездов с параллельными нормами массы.

При этом должны выполняться следующие условия:

- состав поезда с массой, отличной от унифицированной, должен быть кратен вместимости погрузочно-выгрузочных фронтов на станции назначения, ваг.:

$$m_{\text{пар}} : l_{\text{пол}}^{\text{фр}}, \quad (2)$$

где $l_{\text{пол}}^{\text{фр}}$ – полезная длина погрузочно-выгрузочных фронтов на станции назначения, ваг., $m_{\text{пар}}$ – состав поезда с массой, отличной от унифицированной, ваг.;

- соответствие длин путей на станции формирования ($l_{\text{пол}}^{v_1}$), промежуточных раздельных пунктах ($l_{\text{пол}}^{a_k}$), попутных технических станциях ($l_{\text{пол}}^{v_j}$), станции назначения ($l_{\text{пол}}^{v_{k+1}}$) длине поезда (l_n), м:

$$l_{\text{пол}}^{v_1}, l_{\text{пол}}^{a_k}, l_{\text{пол}}^{v_j}, l_{\text{пол}}^{v_{k+1}} \geq l_n \quad \text{или} \\ l_{\text{пол}}^{v_1}, l_{\text{пол}}^{a_k}, l_{\text{пол}}^{v_j}, l_{\text{пол}}^{v_{k+1}} \geq m \cdot l_{\text{ваг}} + l_{\text{лок}} + 10, \quad (3)$$

где $l_{\text{ваг}}$ – средняя длина вагона, м, $l_{\text{лок}}$ – длина локомотива, м.

- наличие парка исправных поездных локомотивов на станции формирования (M_9^n) для их своевременной подачи под поезда:

$$M_9^n \geq \frac{\theta_p^n}{60 \cdot I_{\text{ср}}}, \quad (4)$$

где θ_p^n – расчетный оборот поездных локомотивов, $I_{\text{ср}}$ – средний интервал, с которым следуют грузовые поезда.

На Дальневосточной железной дороге данная технология уже используется на участке Хабаровск-II–Находка. Пропуск 20 % поездов (10 в сутки) массой 5500 тонн (при унифицированной 6300 тонн) снижает загруз-

ку лимитирующей на направлении станции Смоляниново с 0,95 до 0,70 за счет пропуска поездов «на ходу», при этом загрузка станции Хабаровск-II и участка Хабаровск-II–Находка повышается незначительно – на 0,02, что соответствует критерию эффективности.

2. Повышение массы грузовых поездов. Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 года предполагает вождение грузовых поездов с предельной массой 7100 тонн с месторождений Кузбасса в порты Дальнего Востока (Ванино, Советская Гавань). В настоящее время повышение массы грузовых поездов, следующих по Байкало-Амурской магистрали, сдерживает величина полезной длины прямо-отправочных путей станций – максимальная масса грузового поезда составляет 5600 тонн. Решением проблемы является использование инновационных вагонов (осевая нагрузка 23–27 т/ось), с помощью которых можно повысить массу грузовых поездов без повышения длины.

На данном этапе важной составляющей в решении поставленной задачи становится развитие тяжеловесного движения. Наиболее целесообразным сценарием для этого на Дальнем Востоке служит освоение технологии распределенной тяги, позволяющей значительно повысить массу поезда и открывающей перспективы для растущих грузопотоков в кратчайшие сроки [5]. В конечном итоге реализация планов поступательного роста массы грузовых поездов даст возможность обеспечить значительный резерв пропускной способности за счет увеличения провозной способности МТК.

Говоря о росте массы грузовых поездов, следует учитывать влияние этого фактора не только на участки железных дорог, но и на все транспортные объекты, входящие в транспортные коридоры: станции погрузки, попутные технические станции, станции выгрузки.

Для реализации мероприятий, обеспечивающих поступательный рост массы поезда и провозной способности, необходимо, однако, чтобы каждый транспортный объект международного транспортного коридора удовлетворял следующим критериям.

1. Станция погрузки:

- возможность ритмичной и кратной составу поезда отгрузки груза в адрес портов и пограничных станций, ваг:



Значения коэффициента пакетности

Путевое развитие отдельных пунктов, ограничивающих перегон (включая главный путь)	Значения $\alpha_{\text{пак}}$ для графика					
	парного	непарного в грузовом движении при коэффициенте непарности				
		0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
$N_{\text{нон}}^{a_{k-1}} = N_{\text{нон}}^{a_k} = 4$	1	1	1	1	1	1
$N_{\text{нон}}^{a_{k-1}} = N_{\text{нон}}^{a_k} = 3$, или $N_{\text{нон}}^{a_{k-1}} = 3, N_{\text{нон}}^{a_k} = 4$	0,7	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
$N_{\text{нон}}^{a_{k-1}} = 3, N_{\text{нон}}^{a_k} = 2$	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9
$N_{\text{нон}}^{a_{k-1}} = N_{\text{нон}}^{a_k} = 2$ при условии, что на смежных с ними пунктах по три пути: $N_{\text{нон}}^{a_{k-2}} = N_{\text{нон}}^{a_{k-1}} = 3$	0,4	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
$N_{\text{нон}}^{a_{k-1}} = N_{\text{нон}}^{a_k} = 2$	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

$$P_{\text{сут}}^{v_1} \cdot m, \tag{5}$$

где $P_{\text{сут}}^{v_1}$ – суточный объем погрузки в адрес портов и пограничных станций, ваг.; m – состав поезда, ваг.;

- соответствие длин путей ($l_{\text{пол}}^{v_1}$) длине поезда (l_n), м:

$$l_{\text{пол}}^{v_1} \geq l_n \text{ или } l_{\text{пол}}^{v_1} \geq m \cdot l_{\text{ваг}} + l_{\text{лок}} + 10, \tag{6}$$

где $l_{\text{ваг}}$ – средняя длина вагона, м; $l_{\text{лок}}$ – длина локомотива, м.

2. Участки (совокупность перегонов и промежуточных отдельных пунктов):

- соответствие длин приемо-отправочных путей промежуточных отдельных пунктов ($l_{\text{пол}}^{a_k}$) длине поезда, м:

$$l_{\text{пол}}^{a_k} \geq l_n, \tag{7}$$

- наличие достаточного числа приемо-отправочных путей для реализации запланированного типа графика (частично-пакетного):

$$\alpha_{\text{пак}}, K = f(N_{\text{нон}}^{a_k}), \tag{8}$$

где $\alpha_{\text{пак}}$ – коэффициент пакетности;

K – число поездов в 1 пакете.

Значения коэффициента пакетности для $K = 2$ представлены в таблице 1.

- на электрифицированных участках – наличие резерва мощности системы тягового электроснабжения ($S_{\text{рез}}$):

$$0 < S_{\text{рез}} \leq 0,2 \cdot S, \tag{9}$$

где S – мощность системы тягового электроснабжения; $0,2 \cdot S$ – величина резерва мощности системы тягового электроснабжения, соответствующего принятой норме надежности.

- на участках подталкивания – наличие исправного локомотивного парка толкачей (M_3^m):

$$M_3^m \geq \frac{\theta_p^m}{60 \cdot I_{\text{ср}}}, \tag{10}$$

где θ_p^m – расчётный оборот локомотивов-толкачей;

$I_{\text{ср}}$ – средний интервал, с которым следуют грузовые поезда.

3. Попутные технические станции:

- соответствие длин приемо-отправочных путей длине поезда, м:

$$l_{\text{пол}}^{v_j} \geq l_n. \tag{11}$$

- наличие исправного резерва поездных локомотивов (M_3^n) для их своевременной ротации:

$$M_3^n \geq \frac{\theta_p^n}{60 \cdot I_{\text{ср}}}, \tag{12}$$

где θ_p^n – расчётный оборот поездных локомотивов.

4. Станция назначения:

- соответствие длин приемо-отправочных путей длине поезда, м:

$$l_{\text{пол}}^{v_{k+1}} \geq l_n. \tag{13}$$

Помимо этого, перед реализацией третьего этапа необходимо определить долю тяжеловесных поездов и поездов повышенного веса от общих размеров движения. Свое влияние здесь оказывают не только запланированные объемы перевозок, но и технические возможности транспортной инфраструктуры.

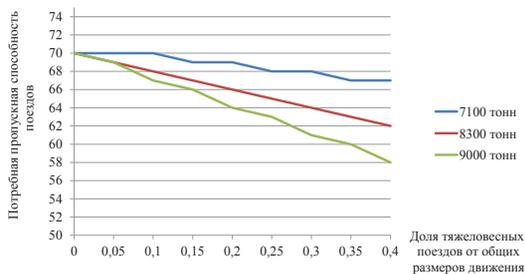


Рис. 3. Динамика снижения потребной пропускной способности при организации тяжеловесного движения.

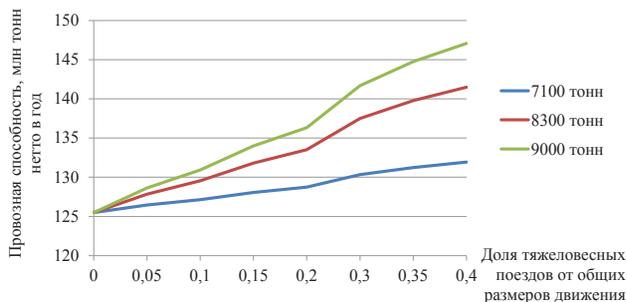


Рис. 4. Динамика увеличения провозной способности при организации тяжеловесного движения.

Очевидно, что увеличение числа таких поездов приведет к сокращению размеров движения. Так, например, на Транссибирской магистрали, среднесуточные размеры грузового движения составляют 70 пар поездов, а весовая норма 6300 тонн. Соответственно провозная способность направления равна 125,5 млн тонн нетто в год (для грузового четного направления). На рис. 3 представлена динамика снижения потребной пропускной способности для обеспечения перевозок в объёме 125,5 млн тонн нетто в год при организации тяжеловесного движения.

Снижение размеров движения грузовых поездов приведет к увеличению участковой скорости за счет снижения числа стоянок под обгонами пассажирскими поездами и следования на желтый сигнал светофора, что в свою очередь помогает к росту производительности локомотивов.

С другой стороны, организация тяжеловесного движения при неизменных размерах процесса в целом ведет к увеличению провозной способности направления. На рис. 4 представлена динамика ее роста в этом случае.

ВЫВОДЫ

Преимуществом предлагаемых методов снижения дефицита пропускной способности МТК является то, что они основаны на по-

требности освоения заданных объемов перевозок, что позволяет избежать дополнительных затрат, как это было бы в случае, когда улучшающие мероприятия планируются по годам. Кроме того, рассмотренные варианты являются фундаментом для развития инфраструктуры международных транспортных коридоров и не противоречат общепринятой стратегии развития железнодорожного транспорта. В представленной логике поступательный рост массы грузовых поездов позволяет обеспечить значительный резерв пропускной способности транспортной инфраструктуры за счет увеличения провозной способности железных дорог региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимова Л. В. Точки опоры для дальневосточных преобразований // Мир транспорта. – 2014. – № 6. – С. 100–106.
2. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года / Утв. распоряжением правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877р.
3. Мачерет Д. А. Строительство железных дорог: восточный вектор // Мир транспорта. – 2013. – № 2. – С. 86–89.
4. Могилла В. П. Масса, длина и скорость движения грузовых поездов: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Хабаровск: ДВГУПС, 2013. – 208 с.
5. Прокофьева Т. А. Развитие транспортно-логистической инфраструктуры в азиатской части России – стратегическое направление реализации транзитного потенциала страны в системе евроазиатских МТК. – М.: ВШЭ, 2013. – 24 с.

Координаты авторов: **Каликина Т. Н.** – kalikina@mail.ru, **Серова Д. С.** – dsserova@yandex.ru, **Баленко В. В.** – victoria.balenko@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 01.08.2016, принята к публикации 21.10.2016.

