

УДК 658.011.46:656.2

Е.В. Климова

Методика оценки эффективности формирования и пропуска соединенных грузовых поездов на участках и полигонах железных дорог

В статье предложена методика оценки экономической эффективности организации движения соединенных поездов в условиях превышения нормативных значений коэффициента заполнения пропускной способности. Установлено, что подобная ситуация может складываться на железнодорожном транспорте по различным причинам, например, из-за сгущенного подхода поездопотоков к рассматриваемому участку железной дороги, в условиях организации движения скоростных и высокоскоростных пассажирских поездов, а также в периоды предоставления технологических окон на инфраструктуре железнодорожного транспорта. Представленная методика предполагает сценарный подход, учитывающий сопоставимые стоимостные показатели по двум сценариям: по первому сценарию – в условиях формирования и пропуска грузовых поездов графиковой массы и длины, по второму сценарию – соединенных поездов. Экономический эффект определяется без учета капитальных вложений, но при необходимости усиления инфраструктуры железных дорог расчетные формулы могут быть дополнены инвестиционными составляющими. В результате устанавливается экономический эффект от технологии формирования и пропуска соединенных поездов и делается вывод о целесообразности применения данной технологии на участках и направлениях железных дорог. Применение данной методики позволит оценить возможность освоения возрастающих объемов перевозок, в том числе в условиях обращения скоростных и высокоскоростных пассажирских поездов и в период предоставления технологических окон различной продолжительности.

Ключевые слова: оценка экономической эффективности, стоимостные показатели, сценарный подход, соединенные поезда, пропускная способность перегонов, технология пропуска поездов.

В современных условиях работы железнодорожного транспорта часто рассматривается вопрос организации пропуска грузовых поездопотоков в условиях ограниченной пропускной способности перегонов железных дорог, связанной с образованием повышенного числа поездов на рассматриваемом участке, организацией пропуска скоростных и высокоскоростных пассажирских поездов, проведением технологических окон на железнодорожной инфраструктуре. В периоды сгущенного подхода грузовых поездов графиковой массы и длины на участок сверх результирующей пропускной способности их пропуск может быть затруднен. Аналогичная ситуация будет складываться в случае организации скоростного и высокоскоростного движения пассажирских поездов по существующей инфраструктуре, поскольку коэффициенты съема грузовых поездов скоростными и высокоскоростными поездами возрастут и будут принимать значение от четырех до восьми в зависимости от технических и технологических параметров железнодорожных участков [1, 2]. Кроме того, проведение технологических окон на двухпутной инфраструктуре железных дорог в значительной степени снижает наличную пропускную спо-

собность перегонов и участков [3], а возможность направления поездопотоков на параллельные ходы имеется не всегда. В таких условиях эффективной мерой обеспечения надежного пропуска возросших размеров поездопотоков является система организации движения соединенных грузовых поездов [4].

Экономический эффект от формирования и пропуска соединенных грузовых поездов должен устанавливаться как разность эффектов двух сценариев организации движения на участке (полигоне):

$$\mathcal{E}\Phi = \mathcal{E}\Phi_2 - \mathcal{E}\Phi_1, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}\Phi_1$ – экономический эффект от технологии формирования и пропуска грузовых поездов только графиковой массы и длины; $\mathcal{E}\Phi_2$ – экономический эффект от технологии формирования и пропуска соединенных грузовых поездов.

Найденные значения экономического эффекта используются в формуле (1) с учетом полученного знака. Расчет эффектов по каждому из вариантов должен вестись только для сопоставимых стоимостных показателей.

Полученное значение экономического эффекта $\mathcal{E}\Phi$ рекомендуется интерпретировать следующим образом:

1) отрицательное значение – экономически целесообразным является применение технологии формирования и пропуска грузовых поездов графической массы и длины;

2) положительное значение – экономически целесообразным является применение технологии формирования и пропуска соединенных грузовых поездов;

3) нулевое значение – возможно применение любого из сценариев формирования и пропуска грузовых поездов.

Сценарии будут характеризоваться определенными параметрами.

1-й сценарий:

– исключение необходимости формирования и пропуска соединенных поездов;

– необходимость отклонения части заявок грузоотправителей или направления части грузовых поездов на параллельные и рокадные ходы (при их наличии) в случае превышения нормативного значения коэффициента заполнения пропускной способности, приведенного в действующей Инструкции по расчету пропускной способности [5].

2-й сценарий:

– возможность привлечения дополнительного объема грузов за счет снижения значения потребной пропускной способности относительно наличной;

– необходимость формирования и пропуска соединенных поездов.

Снижение потребной пропускной способности во втором сценарии достигается при пропуске одного соединенного поезда по одной нитке графика движения поездов, что соответствует пропуску двух грузовых поездов по двум ниткам графика в случае формирования их графической массы и длины.

По первому сценарию (формирование и пропуск грузовых поездов только графической массы и длины) у ОАО «РЖД» появляются следующие сопоставимые денежные потоки:

$$\mathcal{E}\Phi_1 = \mathcal{E}_{\text{невоз}} - D_{\text{пот}} - \mathcal{E}_{\text{пар}} - \Pi_{\text{прос}}, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{невоз}}$ – экономия эксплуатационных расходов, связанных с невозможностью пропуска грузовых поездов в случае недостатка пропускной способности участка (полигона); $D_{\text{пот}}$ – потеря доходов от перевозок грузов в связи с невыполнением заявок грузоотправи-

телей на перевозку грузов; $\mathcal{E}_{\text{пар}}$ – эксплуатационные расходы, связанные с направлением части грузовых поездов на параллельный и рокадный ходы (при наличии данных ходов); $\Pi_{\text{прос}}$ – штрафы за просрочку доставки грузов в случае задержки грузовых поездов в пути следования.

По второму сценарию (формирование и пропуск соединенных грузовых поездов) у ОАО «РЖД» появляются следующие денежные потоки:

$$\mathcal{E}\Phi_2 = D_{\text{доп}} - \mathcal{E}_{\text{ф-р}} - \mathcal{E}_{\text{доп}}, \quad (3)$$

где $D_{\text{доп}}$ – доходы от перевозки дополнительного объема груза; $\mathcal{E}_{\text{ф-р}}$ – эксплуатационные расходы, связанные с формированием и расформированием соединенных поездов; $\mathcal{E}_{\text{доп}}$ – эксплуатационные расходы, связанные с пропуском дополнительных грузовых поездов.

Эксплуатационные расходы, связанные с пропуском дополнительных грузовых поездов, а также экономия эксплуатационных расходов могут быть установлены методом расходных ставок. Зависящие эксплуатационные расходы в грузовом движении за сутки определяются как произведение расходной ставки в соответствии со статистическими данными железных дорог [6] и значения измерителя работы [7]. Независящие эксплуатационные расходы устанавливаются с учетом коэффициента, определяемого как отношение независимых расходов железных дорог к зависящим за анализируемый период.

Доходы от перевозки дополнительного объема грузов или потери доходов от невозможности выполнения заявок грузоотправителей за сутки определяются по формуле

$$D = \sum nS (d_{\text{пор}} \alpha_{\text{пор}} + d_{\text{гр}} (1 - \alpha_{\text{пор}})), \quad (4)$$

где $\sum nS$ – общие вагоно-километры пробега грузовых вагонов; $d_{\text{пор}}$, $d_{\text{гр}}$ – среднее значение доходов от перевозки грузов, приходящихся на 1 ваг.-км порожнего и груженого вагонов соответственно, р./ваг.-км; $\alpha_{\text{пор}}$ – коэффициент, учитывающий отношение порожнего пробега к общему пробегу грузовых вагонов.

Эксплуатационные расходы, связанные с формированием и расформированием соединенных поездов за сутки определяются следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\Phi-P} = 2 \left(\sum N_{\Phi i} t_{\Phi i} + \sum N_{P i} t_{P i} \right) (C_{\text{инфр}} + C_{\text{лок.-ч}} + C_{\text{бр.-ч}}), \quad (5)$$

где $\sum N_{\Phi i}$, $\sum N_{P i}$ – суммарное число формируемых и расформируемых соединенных поездов на i -й станции соответственно, поездов; $t_{\Phi i}$, $t_{P i}$ – продолжительность формирования и расформирования соединенного поезда на i -й станции соответственно, ч; $C_{\text{инфр}}$ – стоимость занятия инфраструктуры подвижным составом, р. на 1 состав в час; $C_{\text{лок.-ч}}$, $C_{\text{бр.-ч}}$ – стоимость простоя локомотива и локомотивной бригады, р. на 1 единицу в час.

Продолжительность формирования и расформирования соединенных грузовых поездов для каждой станции устанавливается на основе разрабатываемых технологических графиков затрат времени выполнения технологических операций в соответствии с [8].

Штрафы за просрочку доставки грузов в случае задержки грузовых поездов в пути следования за сутки составляют:

$$\mathcal{Ш}_{\text{прос}} = \beta_{\text{пр}} \sum n C_{\text{пр}}, \quad (6)$$

где $\beta_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий отношение числа отправок, доставленных с нарушением срока доставки в случае задержки грузовых поездов в пути следования к общей работе рассматриваемого подразделения (расчет может вестись для железной дороги или сети ОАО «РЖД» в целом); $\sum n$ – работа рассматриваемого подразделения, ваг.; $C_{\text{пр}}$ – среднее значение выплаты штрафов за просрочку доставки грузов в случае задержки грузовых поездов в пути следования, руб./отправка. Значение указанной величины может устанавливаться в соответствии со статистическим Отчетом о продолжительности и скорости доставки грузовых отправок (форма ЦО-31).

Данная методика позволяет оценить возможность освоения возрастающих объемов перевозок в условиях ожидаемого роста числа грузовых поездов, организации движения скоростных и высокоскоростных пассажирских поездов, предоставления технологических окон без вложения значительных инвестиций в развитие инфраструктуры железных дорог. Однако технология формирования и пропуска грузовых поездов предъявляет ряд

требований к следующим параметрам железных дорог:

- станции формирования и расформирования соединенных грузовых поездов должны иметь пути достаточной длины для организации соединения и разъединения поездов без занятия горловин и перегонов. В противном случае возникают дополнительные задержки по отправлению или приему поездов, а также маневровых передвижений, которые должны учитываться при определении конечного экономического эффекта;

- станции смены локомотивных бригад, проведения технического и коммерческого осмотра вагонов должны располагать путевым развитием, позволяющим принимать соединенные поезда без их разъединения;

- станции смены локомотивов должны располагать специализированным путевым развитием, позволяющим производить операции по приему, разъединению, смене поездных локомотивов, объединению и отправлению соединенных поездов [9];

- обеспечение минимально необходимых интервалов между попутными и встречными соединенными поездами по ограничениям системы тягового обслуживания;

- своевременная обработка соединенных поездов на станциях проведения технического и коммерческого осмотра за счет применения технологии обработки составов несколькими бригадами;

- возможность безостановочного пропуска поездов по участку между техническими станциями.

Должны быть учтены и другие местные особенности работы станций и участков железных дорог.

В случае необходимости развития инфраструктуры железных дорог формулы для определения стоимостных показателей, приведенные в данной методике, должны быть дополнены инвестиционной составляющей с учетом действующих рекомендаций [10].

При определении стоимостных показателей неизвестной величиной являются дополнительные размеры движения грузовых поездов, пропускаемые по рассматриваемому полигону, или число поездов, пропуск которых невозможен, или число поездов, направляемых на параллельный и рокадный ходы. Для определе-

ния данной величины предлагается использовать следующую последовательность:

1. Определить максимальное число грузовых поездов (ниток грузовых поездов), которое может быть пропущено за сутки при существующей наличной пропускной способности для i -го перегона по следующим формулам:

а) в случае применения технологии формирования и пропуска грузовых поездов графической массы и длины:

$$N_{гр}^{max} = N_{нал} k_{зап}^{норм} - N_{пс} \varepsilon_{пс} - N_{пр} \varepsilon_{пр} - N_{сб} \varepsilon_{сб}, \quad (7)$$

где $N_{нал}$ – наличная пропускная способность i -го перегона железной дороги, поездов или пар поездов; $k_{зап}^{норм}$ – нормативный коэффициент заполнения пропускной способности перегона железной дороги; $N_{пс}$, $N_{пр}$, $N_{сб}$ – число пассажирских, пригородных и сборных поездов соответственно, поездов или пар поездов; $\varepsilon_{пс}$, $\varepsilon_{пр}$, $\varepsilon_{сб}$ – коэффициенты съема грузовых поездов пассажирскими, пригородными и сборными поездами соответственно (наличная пропускная способность и коэффициенты съема должны устанавливаться в соответствии с действующей методикой, представленной в инструкции [5]);

б) в случае применения технологии формирования и пропуска соединенных грузовых поездов:

$$N_{гр}^{max} = N'_{нал} k_{зап}^{норм} - N_{пс} \varepsilon_{пс} - N_{пр} \varepsilon_{пр} - N_{сб} \varepsilon_{сб} - N_{соед} \varepsilon_{соед}, \quad (8)$$

где $N'_{нал}$ – наличная пропускная способность, установленная с учетом применения технологии формирования и пропуска соединенных грузовых поездов, поездов или пар поездов; $N_{соед}$ – расчетное число соединенных поездов, поездов или пар поездов; $\varepsilon_{соед}$ – коэффициент съема грузовых поездов соединенными поездами.

Наличная пропускная способность двухпутных перегонов в случае применения технологии формирования и пропуска соединенных грузовых поездов определяется по формуле

$$N'_{нал} = \frac{1440 - t_{техн}}{I_p} \alpha_n, \quad (9)$$

где $t_{техн}$ – время, выделяемое на технологическое окно; I_p – расчетный интервал между грузовыми поездами, мин; α_n – коэффициент надежности работы технических средств.

Расчетный интервал между грузовыми поездами определяется из условия обращения на полигоне поездов графической массы и длины, а также соединенных по формуле

$$I_p = \frac{I_{p1}(N_{гр.рез}^{max} - N_{соед}) + I_{p2}N_{соед}}{N_{гр.рез}^{max}}, \quad (10)$$

где I_{p1} – расчетный интервал между двумя поездами графической массы и длины, мин; I_{p2} – расчетный интервал между соединенным поездом и поездом графической массы и длины, мин.

Определение расчетных интервалов ведется в соответствии с действующей методикой, приведенной в Инструкции [8].

При пропуске по полигону других категорий поездов формулы (7) и (8) должны быть дополнены соответствующими элементами.

$$N_{гр.рез}^{max} = \min(N_{гр}^{max}). \quad (11)$$

3. Производится сравнение результирующего значения максимального числа грузовых поездов и расчетных размеров движения:

$$N_p = N_{гр.рез}^{max} - N_{гр}, \quad (12)$$

где N_p – суммарные дополнительные размеры движения грузовых поездов, пропускаемые по рассматриваемому полигону, или число поездов, пропуск которых невозможен, или число поездов, направляемых на параллельный и рокадный ходы, поездов в сутки; $N_{гр}$ – расчетные размеры движения грузовых поездов, поездов или пар поездов.

Расчет N_p может вестись в грузовых поездах графической массы и длины, а также с учетом применения технологии формирования и пропуска соединенных поездов.

Если в результате расчетов N_p примет положительное значение, то пропускной способности достаточно для пропуска дополнительного объема поездопотока, если отрицательное – пропускной способности недостаточно для освоения расчетных объемов перевозок и часть поездопотока невозможно пропустить, необходимо направлять его на параллельный и рокадный ходы.

Таким образом, представленная методика позволяет установить экономический эффект от технологии формирования и пропуска соединенных грузовых поездов на участках и полигонах железных дорог и сделать выводы о целесообразности ее применения при различных вариантах развития железнодорожного транспорта.

Библиографический список

1. Климова Е.В. Экономическая оценка вариантов организации движения скоростных пассажирских поездов на участках Транссибирской магистрали // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2012. № 2. С. 42–45.
2. Климова Е.В. Применение трендового анализа для определения коэффициентов съема грузовых поездов скоростными и высокоскоростными поездами // Политранспортные системы: Тез. VIII Междунар. науч.-практ. конф. в рамках года науки Россия – ЕС «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке». Новосибирск, 2014. С. 35–37.
3. Зубков В.Н., Дутаев А.В. Способы повышения пропускной способности участков дороги в периоды предоставления «окон» для выполнения ремонтных работ // Вестник Ростов. гос. ун-та путей сообщения. 2008. № 1. С. 83–88.
4. Широков А.П., Ильенко А.В., Веремеенко М.А. Соединенные поезда как мера по увеличению пропускной способности // Научно-технические проблемы транспорта, промышленности и образования: Сб. тр. 62-й межвуз. науч.-техн. конф. творческой молодежи, 7–8 апр. 2004 г. Хабаровск, 2004. Т. 2. С. 41–43.
5. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог. М., 2011. 289 с.
6. Северова М.О. [и др.]. Экономическая оценка показателей эксплуатационной работы Западно-Сибирской железной дороги. Новосибирск, 2012. 88 с.
7. Экономика железнодорожного транспорта / Н.П. Терешина, В.Г. Галабурда, М.Ф. Трихунков [и др.]. М., 2006. 801 с.
8. Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов. М., 1995. 162 с.
9. Станции специализированных железнодорожных магистралей: Учеб. пособие: В 2 ч. / Ю.И. Ефименко, В.С. Суходеев, П.К. Рыбин, Г.С. Томилина. СПб., 2001. Ч. 2. 91 с.
10. Распоряжение ОАО «РЖД» от 05.03.2012 г. № 463р «Об утверждении методических рекомендаций по составу и содержанию обосновывающих материалов по инвестиционным проектам» URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=540866;dst=0;ts=E4EE87AE9C27A7655601FE670F063720;rnd=0.5396512834410038>

Е.В. Климова

The Method of Estimating of the Efficiency of Coupled Freight Trains Formation and Their Handling on the Railroad Sections and Railway Operating Domains

Abstract. The paper proposes the method of estimating of the efficiency of the coupled trains traffic organization under the conditions of the excess of the standard values of the crossing capacity coefficient. It has been established that such a situation can occur on the railway transport for various reasons, for example, because of the condensed trains inflow in a particular railway section; in case of the organization of the traffic of high-speed trains and high-speed passenger trains; as well as in the periods of technological closedowns. The above mentioned method assumes a scenario-based approach, regarding the comparable cost parameters for two scenarios: according to the first one – formation and handling of freight trains with standard mass and length; according to the second scenario – coupled trains. The economic effect is determined without regard to capital investment. However, the formulas may be supplemented by the investment component in case of strengthening the railway infrastructure. As a result, the economic effect of the technology of the formation and handling of coupled trains is identified; and the reasonability of this technology application on the railway sections and directions is proved. The use of this methodology allows to evaluate the possibility to manage with the growing traffic, including handling of high-speed trains and high-speed passenger trains, and the periods of closedowns of various duration.

Key words: *economic efficiency evaluation; cost parameters; scenario-based approach; coupled trains; crossing capacity; trains handling technology.*

Климова Екатерина Викторовна – старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатационной работой», научный сотрудник НИЛ «Совершенствование перевозочного процесса» СГУПС. E-mail: kate-kitton@yandex.ru