

*В. Н. Зубков, Е. В. Рязанова, С. М. Наурузбаев, Е. А. Чеботарева, И. В. Меркулов*

## **МЕРЫ ПО СОГЛАСОВАННОМУ РАЗВИТИЮ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ПОДХОДАХ К ПОРТУ ОЛЯ В УСЛОВИЯХ ПРОГНОЗИРУЕМОГО РОСТА ГРУЗОПОТОКОВ ПО ТРАНСПОРТНОМУ КОРИДОРУ «СЕВЕР – ЮГ»**

**Аннотация.** Рассматриваются меры по согласованному развитию инфраструктуры взаимодействующих железнодорожного и морского видов транспорта на подходах к порту Оля в условиях прогнозируемого роста грузопотоков по транспортному коридору «Север – Юг». Определены перспективные объемы экспортных перевозок по данному коридору. Оцениваются пропускные способности железнодорожных подходов к порту Оля и рассматриваются предложения по развитию железнодорожной инфраструктуры в соответствии с планируемыми мощностями порта для освоения всего объема грузопотока. В случае отсутствия ожидаемого эффекта от каждого мероприятия по увеличению пропускной способности в отдельности предлагается рассмотреть комплекс мероприятий, позволяющих достичь необходимых размеров пропускной способности инфраструктуры взаимодействующих видов транспорта. Проведен анализ зарубежного и отечественного опыта для обеспечения эффективного взаимодействия различных видов транспорта. Применен опыт организации значительного экспортного грузопотока в адрес портов юга России на новом направлении с учетом особенностей работы исследуемого объекта. Для решения поставленных задач использована методика расчета пропускной способности, в результате чего предложены варианты её повышения на грузонапряженном участке и выбран наилучший вариант, обеспечивающий высокую надежность перевозок, своевременную доставку и выгрузку грузов.

**Ключевые слова:** транспортный коридор, рост объемов перевозок, наличная пропускная способность, потребная пропускная способность, развитие инфраструктуры, мероприятия, затраты, оценка достаточности пропускной способности.

**Для цитирования:** Меры по согласованному развитию инфраструктуры на подходах к порту Оля в условиях прогнозируемого роста грузопотоков по транспортному коридору «Север – Юг» / В. Н. Зубков, Е. В. Рязанова, С. М. Наурузбаев [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1 – С. 63–75. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_1\_63.

### **Введение**

В сложившихся политических условиях происходит переориентация основного экспортного грузопотока со стран Европы с кратчайшим путем через порты юга России, обслуживаемые Северо-Кавказской железной дорогой, на страны Юго-Восточной Азии с кратчайшим путем через порт Оля по транспортному коридору «Север – Юг». Транспортный коридор «Север – Юг» охватывает территории России от Санкт-Петербурга до порта Оля. На всем протяжении следования по территории России осуществляется железнодорожная перевозка в пределах транспортного коридора, а в порту Оля происходит взаимодействие железнодорожного транспорта с морским и требуется согласованное развитие инфраструктуры этих двух взаимодействующих видов транспорта для беспрепятственного пропуска поездов. Развитие транспортного коридора «Север – Юг» при рациональном использовании имеющихся возможностей инфраструктуры позволит увеличить перерабатывающую способность стратегических узлов, что подтверждается рядом исследований [1, 2]. С целью установления мер по увеличению пропускной способности подходов к порту необходимо оценить пропускные способности инфраструктуры, выявить узкие места и найти решения по их устранению.

Целью данной работы является анализ пропускной способности инфраструктуры и разработка мер по ее усилению на подходах к порту Оля для согласованного взаимодействия с морским видом транспорта. Для этого должны быть установлены технические и технологические мероприятия и выполнен расчет пропускной способности в случае их внедрения. Если каждое мероприятие в отдельности не дает ожидаемого эффекта по увеличению пропускной способности, то необходимо рассмотреть

комплекс мероприятий, позволяющих достичь необходимых размеров пропускной способности инфраструктуры взаимодействующих видов транспорта. Новизна работы заключается в пошаговом анализе мероприятий для освоения объемов перевозок с учетом особенностей работы исследуемого объекта.

### Основная часть

За рубежом вопрос форсирования пропускных способностей решается давно, и для эффективного освоения экспортных грузов, перевозимых несколькими видами транспорта, реализуется ряд мероприятий: организация тяжеловесного движения [3], укладка многопутных железнодорожных линий, обеспечение значительного резерва пропускной способности и емкости парков подвижного состава, выделение регулярных грузовых поездов для перевозки устойчивого грузопотока по постоянным маршрутам следования и расписанию, рост доли интермодальных перевозок, развитие системы организации вагонопотоков в групповые поезда [4], развитие технологии движения поездов по твердому расписанию [5].

Отечественный опыт заключается в формировании согласованных планов подвода экспортных грузов в порты юга России, Октябрьской железной дороги и дальневосточные порты в условиях дефицита пропускной способности с учетом расчетных норм выгрузки. За счет технологических мер достигнуты положительные результаты, но из-за того, что железнодорожный транспорт по-прежнему является ограничивающим элементом и не может пропустить весь грузопоток, который грузится в порты, без технических мер, возникающие проблемы по задержке поездов и нарушению сроков доставки не будут устранены. Чтобы не допустить таких же проблем на направлении транспортного коридора «Север – Юг», который сегодня развивается в связи с ожидаемым ростом грузопотоков, необходимо обеспечить согласованное развитие инфраструктуры взаимодействующих видов транспорта.

В рамках работы оцениваются пропускные способности железнодорожных подходов к порту Оля (рис. 1) и рассматриваются предложения по развитию железнодорожной инфраструктуры в соответствии с планируемыми мощностями порта для освоения всего объема грузопотока.



Рис. 1. Порт Оля в системе транспортного коридора «Север – Юг»

В соответствии с [6] в направлении порта Оля прогнозируются объемы перевозок в размере 27,9 млн тонн в год. Для их освоения в порту ведутся работы по увеличению его перерабатывающей способности.

На сегодня реализованы следующие мероприятия [7]: построено несколько зерновых терминалов; закончилось проектирование 8-го и 9-го причалов; началась подготовка к дноуглубительным работам. На перспективу запланированы такие мероприятия, как строительство контейнерного терминала, создание единого оператора, реконструкция Волго-Каспийского морского судоходного канала,

строительство агротерминала для перевалки зерновых и масел. Все это позволит обеспечить перевалку всего объема грузов, который следует по транспортному коридору «Север – Юг».

Так как перевозки в пределах транспортного коридора осуществляются в больших объемах и на большие расстояния, то существенная доля таких перевозок приходится на железнодорожный транспорт [8]. В рамках данной статьи оцениваются мероприятия по развитию пропускной способности инфраструктуры железнодорожного транспорта на направлении от станции Верхний Баскунчак до порта Оля, включающей в себя однопутные и двухпутные участки. Сегодня на этом направлении перевозятся нефть, полезные ископаемые, поступающие со стороны мест их залегания, то есть из Саратовской области, и слияние маршрутов происходит по Верхнему Баскунчаку. В связи с этим участок от Верхнего Баскунчака до Астрахани-II является очень загруженным, поскольку здесь происходит объединение грузопотоков, и далее данный поток следует по участку Верхний Баскунчак – Астрахань-II – порт Оля.

Количество путей и прогнозируемые объемы перевозок по каждому участку представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Прогнозируемые объемы грузопотоков и потребное количество поездов на участке  
Верхний Баскунчак – Аксарайская – Астрахань-II – Оля**

Участок следования грузопотока	Количество путей	Объемы грузопотоков и потребное количество поездов					
		2020 г.		2025 г.		2030 г.	
		тонны	поезда	тонны	поезда	тонны	поезда
Верхний Баскунчак – Аксарайская	Двухпутный	15,7 · 10 <sup>6</sup>	12	69 · 10 <sup>6</sup>	52	79,6 · 10 <sup>6</sup>	79
Аксарайская – Астрахань-II	Двухпутный	13,1 · 10 <sup>6</sup>	8	47,8 · 10 <sup>6</sup>	36	54,4 · 10 <sup>6</sup>	54
Астрахань-II – порт Оля	Однопутный	2,6 · 10 <sup>6</sup>	2	25,2 · 10 <sup>6</sup>	19	27,9 · 10 <sup>6</sup>	28

Необходимо с учетом данных табл. 1 сопоставить расчетные данные по наличной и потребной пропускной способности каждого участка.

Расчет наличной пропускной способности для двухпутного и однопутного участков выполняется по формулам (1) и (2) соответственно.

$$N_n^{\text{чет}} = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot \alpha_n}{I}, \text{ поездов/сут}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{тех}}$  – продолжительность технологического окна на участке,  $t_{\text{тех}} = 75$  мин;

$\alpha_n$  – коэффициент, учитывающий влияние отказов в работе технических средств (пути, устройств СЦБ и связи, контактной сети),  $\alpha_n = 0,9-0,96$ ;

$I$  – расчетный межпоездной интервал на участке,  $I = 8$  мин.

$$N_n^{\text{чет}} = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot \alpha_n}{T_{\text{пер}}}, \text{ поездов/сут}, \quad (2)$$

где  $T_{\text{пер}}$  – период графика, иначе, время занятия перегона группой поездов, характерной для данного типа графика.

Для однопутного участка Астрахань-II – порт Оля ограничивающим перегоном является Яндыки – порт Оля (рис. 2). Период графика определяется по формуле:

$$T_{\text{пер}} = t'_x + t''_x + \sum \tau_{\text{ст}} + \sum \tau_{\text{р.з.}}, \text{ мин}, \quad (3)$$

$t'_x, t''_x$  – время хода пары поездов в нечетном и четном направлениях по ограничивающему перегону, мин;

$\tau_{ст}$  – станционные интервалы, мин;

$\tau_{р.з.}$  – время на разгон и замедление грузового поезда, мин.

$$T_{пер} = 60 + 60 + 2 + 4 = 126 \text{ мин.}$$

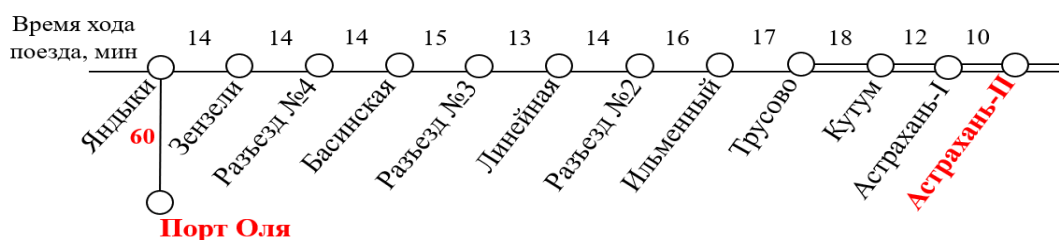


Рис. 2. Схема однопутного участка Астрахань-II – порт Оля

Расчет потребной пропускной способности участков с учетом пропуска пассажирских поездов в размере 21 пары поездов и 8 пригородных поездов выполняется по формуле:

$$N_{потр} = [N_{гр} + N_{пс} + N_{сб}(\epsilon_{сб} - 1)] \cdot \beta_{рез}, \text{ поездов/сут,} \quad (4)$$

где  $N_{сб}$  – число сборных поездов,  $N_{сб} = 1$ ;

$\beta_{рез}$  – резерв пропускной способности участка для двухпутного участка,  $\beta_{рез} = 1,1 - 1,15$ .

Средний коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими согласно [9] рассчитывается по формуле:

$$\epsilon_{пс} = \frac{t_{гр}(1 - \Delta) \cdot (0,8 - 0,005 \cdot n_{пасс})}{I} + 1,3, \quad (5)$$

где  $t_{гр}$  – время хода грузового поезда по ограничивающему перегону,  $t_{гр} = 70$  мин;

$\Delta$  – соотношение чистого времени хода пассажирского (ускоренного) поезда данной категории, имеющего большую скорость, чем грузовой и времени хода грузового поезда на расчетном участке ( $\Delta = 0,62$ );

$n_{пасс}$  – общее число пассажирских поездов на участке,  $n_{пасс} = 21$ ;

$I$  – расчетный межпоездной интервал на участке,  $I = 8$  мин.

Результаты расчетов наличной и потребной пропускной способности по участкам при существующем техническом оснащении сведены в табл. 2.

Таблица 2

#### Результаты расчетов наличной и потребной пропускной способности по участкам

Участки	Верхний Баскунчак – Аксарайская	Аксарайская – Астрахань-II	Астрахань-II – порт Оля
Время занятия перегона группой поездов	–	–	126
Наличная пропускная способность	154	154	11
Средний коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими	3,61	3,08	-
Потребная пропускная способность	174	134	28

Согласно полученным результатам (см. табл. 2) пропускной способности будет недостаточно для освоения прогнозируемого объема перевозок, в связи с чем требуются мероприятия по ее повышению.

В качестве первого мероприятия по повышению пропускной способности исследуемого участка предлагается рассмотреть применение интервального регулирования движения поездов за счет оборудования поездов системой автоматической локомотивной сигнализации (АЛСО) с подвижными блок-участками. В соответствии с [10] благодаря системе АЛСО с подвижными блок-участками можно снизить величину межпоездного интервала на 15–20%. В итоге интервал следования между поездами

составит 6 минут. При оценке увеличения пропускной способности за счет использования системы АЛСО с подвижными блок-участками необходимо учесть, что оборудовать все поезда такими системами невозможно. В процентном соотношении их количество принимается не более 20 %.

Ввиду различия межпоездного интервала между поездами, оборудованными и не оборудованными системами АЛСО с подвижными блок-участками, при расчете наличной пропускной способности предлагается учитывать доли количества этих поездов, которые планируется пропускать на исследуемом участке. В этом случае приближенное значение наличной пропускной способности можно будет рассчитать по формуле:

$$N_n = \alpha_{\text{АЛСО.подв.уч.}} \cdot \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot \alpha_n}{I_{\text{АЛСО.подв.уч.}}} + \beta_{\text{гр}} \cdot \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot \alpha_n}{I_{\text{гр}}}, \quad (6)$$

где  $\alpha_{\text{АЛСО.подв.уч.}}$ ,  $\beta_{\text{гр}}$  – доля соответственно количества поездов, оборудованных и не оборудованных системой АЛСО с подвижными блок-участками;

$I_{\text{АЛСО.подв.уч.}}$ ,  $I_{\text{гр}}$  – межпоездной интервал соответственно между поездами, оборудованными и не оборудованными системой АЛСО с подвижными блок-участками.

Примем  $\alpha_{\text{АЛСО.подв.уч.}} = 0,2$  и  $\beta_{\text{гр}} = 0,8$ ,  $I_{\text{АЛСО.подв.уч.}} = 6$  мин,  $I_{\text{гр}} = 8$  мин.

Тогда наличная пропускная способность двухпутных участков Верхний Баскунчак – Аксарайская и Аксарайская – Астрахань-II составит:

$$N_n = 0,2 \cdot \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot \alpha_n}{6} + 0,8 \cdot \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot \alpha_n}{8} = 43,7 + 131,0 = 174,7 \approx 175 \text{ пар поездов.}$$

На однопутном участке Астрахань-II – порт Оля эффект от пропуска поездов, оборудованных АЛСО с подвижными блок-участками, возможен лишь при частично-пакетном графике, при котором наличная пропускная способность определяется по формуле:

$$N_n^{\text{ч.п.}} = \frac{2 \cdot (1440 - t_{\text{техн}}) \cdot \alpha_n}{(2 - \alpha_n) \cdot T_{\text{пер}} + (I' + I'') \cdot \alpha_n}, \text{ пар поездов,} \quad (7)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент пакетности, равный отношению числа поездов (за сутки), следующих пакетами, к общему числу поездов, может быть принят при наличии на станциях расчетного участка двух-трех путей  $\alpha_n = 0,5$ ;

$T_{\text{пер}}$  – период парного непакетного графика,  $T_{\text{пер}} = 70$  мин;

$I'$ ,  $I''$  – межпоездной интервал, определяемый установленным выше порядком, в четном и нечетном направлениях.

Результаты расчета пропускной способности участков после оборудования части поездов системами АЛСО с подвижными блок-участками и внедрения частично-пакетного графика приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты расчетов наличной пропускной способности участков после внедрения подвижных блок-участков и частично-пакетного графика**

Участок	Наличная пропускная способность	
	было	стало
Верхний Баскунчак – Аксарайская	154	175
Аксарайская – Астрахань-II	154	175
Астрахань-II – порт Оля	11	14

Анализ данных табл. 3 показывает, что в результате внедрения данного мероприятия на участке Верхний Баскунчак – Аксарайская отсутствует резерв пропускной способности, на однопутном участке наличная пропускная способность не соответствует потребным размерам движения. В связи с этим необходимо рассмотреть другие мероприятия по повышению пропускной способности, одним из

которых является организация тяжеловесного движения поездов, с помощью которого достигается повышение провозных способностей участков и направлений, создание резерва пропускной способности [11, 12]. Оценку организации движения тяжеловесных поездов предлагается выполнять с учетом использования инновационных вагонов с осевой нагрузкой 27 т/ось и новых поездных локомотивов, которые могут обеспечить вождение поездов с массой от 7100 до 7900 тонн.

При организации движения тяжеловесных поездов следует определить возможное количество грузовых поездов нормативного веса и количество формируемых тяжеловесных поездов для обеспечения недостающего резерва пропускной способности. Суммарное возможное количество грузовых поездов, пропускаемых по участкам при существующей пропускной способности, устанавливается по формуле:

$$N_{гр}^{возм} = \frac{N_{нал}}{\beta_{рез}} - (N_{пс} \cdot \varepsilon_{пс}^{неч/чет} + N_{сб}(\varepsilon_{сб} - 1)). \quad (8)$$

Для установления необходимого количества тяжеловесных поездов предлагается использовать приведенную ниже систему уравнений:

$$\begin{cases} n_n + n_t = N_{гр}^{возм}, \\ \varphi \cdot (B_n \cdot n_n + B_t \cdot n_t) = \Gamma_{сут}, \\ \Gamma_{сут} / (\frac{2}{3} \varphi \cdot B_t) < N_{гр}^{возм}, \end{cases} \quad (9)$$

где  $n_n, n_t$  – количество поездов нормативного веса и тяжеловесных поездов соответственно;  
 $B_n, B_t$  – нормативный вес поезда и принятый вес тяжеловесного поезда соответственно, млн т;  
 $N_{гр}^{возм}$  – количество грузовых поездов, которое можно пропустить по участку при существующем техническом оснащении, пар поездов;  
 $\Gamma_{сут}$  – суточный грузопоток, который необходимо освоить.

Результаты решения системы уравнений зависят от принятых нормативного веса поезда и веса тяжеловесного поезда. Для двухпутных участков рассмотрены варианты весовых норм поездов 7100 тонн и 7900 тонн, а для однопутного участка – 6000 тонн в связи с конструкционными ограничениями моста, расположенного на пути следования. Результаты расчетов количества поездов с нормативным и повышенным весом представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Результаты расчета количества тяжеловесных поездов в сутки  
в зависимости от принятых весовых норм**

Участок	Количество грузовых поездов, которое можно пропустить по участку, $N_{гр}^{возм}$	Весовая норма поезда $B_n$ , млн т	Вес тяжеловесного поезда $B_t$ , млн т	Количество поездов нормативного веса, $n_n$	Количество тяжеловесных поездов, $n_t$	Количество вагонов в составе тяжеловесного поезда, $m_c$
Верхний Баскунчак – Аксарайская	61	0,0042	0,0071	15	46	75
			0,0079	20	41	80
Аксарайская – Астрахань-II	72		0,0071	40	32	75
			0,0079	43	29	80
Астрахань-II – Порт Оля	10		0,0060	-	20	75

На основании полученных результатов необходимо сделать выбор лучшего варианта весовой нормы поездов. Для технико-экономического обоснования оптимальной весовой нормы тяжеловесного поезда для каждого варианта предлагается определить приведенные затраты по формуле (10), представленной в [7]:

$$\Pi = Z_t + Z_{\text{проп.п}} + Z_{\text{накопл}}, \quad (10)$$

где  $\Pi$  – сопоставимые приведенные затраты на измеритель, руб.;

$Z_t$  – затраты на тягу поездов, руб.;

$Z_{\text{проп.п}}$  – затраты на пропуск поездов по участку в зависимости от размеров движения, руб.;

$Z_{\text{накопл}}$  – затраты, связанные с накоплением составов поездов в пункте их формирования, руб.

Согласно [5] затраты, связанные с тягой, определяются по формуле:

$$Z_t = n \cdot l \cdot e_{nl} + M \cdot t \cdot e_{MH} + H \cdot t \cdot e_{Mh}, \quad (11)$$

где  $n$  – среднесуточное число тяжеловесных поездов (принимается по результатам расчетов из табл. 4);

$l$  – расстояние между станциями оборотных локомотивных депо, обслуживающих рассматриваемый участок (для данного участка станциями оборотного депо являются Верхний Баскунчак и Аксарайская),  $l_{\text{уч}} = 197$  км;

$M, H$  – потребное число поездных локомотивов и локомотивных бригад;

$t$  – время работы локомотивов и локомотивных бригад;

$e_{nl}$  – расходные ставки поездо-км;

$e_{MH}$  – расходные ставки локомотиво-часов;

$e_{Mh}$  – расходные ставки бригадо-часов.

Затраты на пропуск поездов по участку рассчитываются по формуле (12), а затраты на накопление составов поездов в пункте их формирования по формуле (13):

$$Z_{\text{проп.п}} = \frac{l_{\text{уч}} \cdot n}{V_{\text{уч}}} (e_{MH} + 4,5 \cdot e_{Mh}), \quad (12)$$

где  $l_{\text{уч}}$  – длина участка;

$n_t$  – размер движения тяжеловесных поездов за сутки.

$$Z_n = N_t \cdot t_n \cdot e_{nh}, \quad (13)$$

где  $N_t$  – среднесуточный вагонопоток, охваченный формированием тяжеловесных составов;

$t_n$  – время накопления составов в зависимости от их длины;

$e_{nh}$  – расходная ставка часа занятия станционных путей одним вагоном.

Результаты расчетов затрат на организацию тяжеловесного движения по приведенным элементам и суммарных затрат представлены в табл. 5.

Таблица 5

## Результаты расчета затрат на организацию тяжеловесного движения

Участок	Весовая норма поезда, т	Количество тяжеловесных поездов в сутки, $n_t$	Затраты на тягу, $P_{ar}$	Затраты на пропуск поездов по участку в зависимости от размеров, движения, $P_p$	Среднесуточное количество вагонов, накапливаемых в тяжеловесные поезда, $N_t$	Затраты на накопление вагонов, $P_n$	Суммарные затраты на организацию тяжеловесных поездов, $\Sigma P$
Верхний Баскунчак – Аксарайская	7100	46	1274977,28	1244057,25	3450	3485,88	2522520,41
	7900	41	1261640,38	1108833,64	3280	3723,46	2374197,48
Аксарайская – Астрахань-II	7100	32	1379129,92	193294,26	2400	3490,56	1575914,74
	7900	29	1377342,64	175172,93	2320	3719,42	1556234,99
Астрахань-II – порт Оля	6000	20	429970,6	480490	1500	3488,4	913949

Согласно полученным данным можно утверждать, что вес поезда не ограничивается эксплуатационными затратами и чем больше вес поезда, тем ниже затраты. В этих условиях ограничением в увеличении веса тяжеловесных поездов является путевое развитие станций, по которым осуществляется обработка тяжеловесных поездов.

На станции должно быть такое количество путей для обработки тяжеловесных и длинносоставных поездов, чтобы интервал времени, по истечении которого возникает необходимость в освобождении хотя бы одного пути для приема очередного длинносоставного поезда, был больше, чем продолжительность его обработки на станции, то есть

$$t_{op}^{dl} < t_{free},$$

где  $t_{op}^{dl}$  – продолжительность обработки длинносоставных поездов на станции (принимается на основании технологического процесса станции);

$t_{free}$  – интервал времени, по истечении которого возникает необходимость в освобождении хотя бы одного пути.

Интервал времени, по истечении которого возникает необходимость в освобождении хотя бы одного пути для приема длинносоставного поезда, определяется по формуле:

$$t_{free} = k_r^{dl} \cdot t_{ar}^{dl}, \quad (14)$$

где  $k_r^{dl}$  – количество путей, на которые можно принимать поезда необходимой длины;

$t_{ar}^{dl}$  – расчетный интервал между поступлением длинносоставных поездов на станцию, который рассчитывается по формуле:

$$t_{ar}^{dl} = \frac{(1440 - t_w) \cdot \alpha_n}{2 \cdot n_t}, \quad (15)$$

где  $t_w$  – продолжительность технологического окна на прилегающем участке (для двухпутного движения  $t_w = 75$  мин);

$n_t$  – количество тяжеловесных поездов длиной, превышающей нормативную;

$\alpha_n$  – коэффициент надежности технических средств,  $\alpha_n = 0,90-0,96$ .

Для исследуемого направления станциями обработки тяжеловесных поездов повышенной длины в пути следования являются станции Аксарайская, Астрахань-II и станция при порте Оля. По станциям Аксарайская и Астрахань-II в соответствии с техническими характеристиками имеется по шесть путей, позволяющих принимать длинносоставные поезда.

На припортовой станции, обслуживающей порт Оля, в настоящий момент отсутствует необходимое путевое развитие для обработки длинносоставных поездов. Для наших расчетов продолжительность обработки длинносоставных поездов на этой станции примем такую же, как и по станции Астрахань-II. Опираясь на их результаты, для припортовой станции Оля в рамках данной работы можно составить рекомендации о количестве путей необходимой длины. Результаты оценки возможностей указанных станций по приему всех поездов повышенной длины приведены в табл. 6.

Таблица 6

## Оценка возможностей станций по приему всех поездов повышенной длины

Участок	Верхний Баскунчак – Аксарайская		Аксарайская – Астрахань-II		Астрахань-II – порт Оля
Станция	Аксарайская		Астрахань-II		Припортовая станция Оля
Весовая норма поезда, т	7100	7900	7100	7900	6000
Количество тяжеловесных поездов длиной выше нормативной, $n_t$	46	41	32	29	20
Интервал прибытия длинносоставных поездов на станцию, мин, $t_{ar}^{dl}$	15	16	21	23	33
Количество путей, способных вместить поезд необходимой длины, $k_r^{dl}$	6		6		3
Интервал времени, по истечению которого возникает необходимость в освобождении хотя бы одного пути, мин, $t_{free}$	90	96	126	138	198
Время обработки длинносоставных поездов на станции, мин, $t_{op}^{dl}$	68		68		68

Согласно полученным данным все рассмотренные станции могут обеспечить прием всех длинносоставных поездов с максимальной установленной весовой нормой. В связи с чем можно будет организовать движение тяжеловесных поездов весом 7900 и 6000 тонн, пропуск которых позволит снизить эксплуатационные расходы. В итоге применение новых локомотивов при условии использования инновационных вагонов, способных двигаться с большими скоростями, позволит повысить максимальную скорость грузовых поездов до  $V_{поезд} = 120$  км/ч, что, в свою очередь, увеличит участковую скорость, которая рассчитывается по формуле:

$$V_{уч} = \frac{l_{уч}}{\frac{l_{уч}}{V_{поезд}} + t_{доп}} = \frac{197}{\frac{197}{120} + 2,1} = \frac{197}{3,7} = 53,24 \approx 53 \text{ км/ч}, \quad (16)$$

где  $t_{доп}$  – время на стоянки на промежуточных станциях, разгон и замедления и задержки поезда на перегонах.

Если при максимальной скорости  $V_{поезд} = 90$  км/ч участковая скорость составляет  $V_{уч} = 45,5$  км/ч, то  $t_{доп}$  рассчитаем по формуле:

$$t_{доп} = \frac{l_{уч}}{V_{уч}} - \frac{l_{уч}}{V_{поезд}} = \frac{197}{45,5} - \frac{197}{90} = 4,3 - 2,2 = 2,1 \text{ ч}. \quad (17)$$

Результаты оценки достаточности пропускной способности представлены в табл. 7.

Таблица 7

**Результаты оценки достаточности пропускной способности участков  
при организации тяжеловесного движения**

Участок	Наличная пропускная способность	Потребная пропускная способность	
		было	стало
Верхний Баскунчак – Аксарайская	154	174	94
Аксарайская – Астрахань-II	154	134	106
Астрахань-II – порт Оля	11	28	22

Согласно полученным результатам (см. табл. 7) для двухпутных участков мера по повышению веса поезда является достаточной для освоения всего ожидаемого грузопотока на перспективу. Однако на однопутном участке данная мера не позволяет освоить весь грузопоток. Выходом является строительство второго пути.

С учетом поставленной цели по оценке мер повышения пропускной способности исследуемого участка в работе впервые были рассмотрены все возможные варианты, для которых был проведен расчет с применением существующих методик, скорректированных автором для учета дополнительных условий. Полученный алгоритм действий является универсальным, и его можно использовать для оценки мероприятий и выбора оптимального для всех участков, вошедших в грузонапряженное направление.

**Выводы**

В рамках настоящего исследования был рассмотрен ряд технико-технологических мероприятий по повышению пропускной способности: внедрение подвижных блок-участков и частично-пакетного графика, организация тяжеловесного движения, строительство второго пути. В результате расчетов было установлено, что в качестве меры по повышению пропускной способности на двухпутных участках требуется организовать движение тяжеловесных поездов весом 7900 тонн, а однопутный участок необходимо реконструировать путем укладки второго пути. Указанный порядок расчетов по усилению пропускной способности позволяет поэтапно оценить изменения резерва пропускной способности и, варьируя различные мероприятия, оценить их совокупный эффект.

Появление резервов в пропускной способности позволит также повысить качество планирования подвода востребованного груза в порты и обеспечить беспрепятственный пропуск грузов по транспортному коридору «Север – Юг». В условиях сокращения задержек поездов в пути следования повысится качество регулирования движения вагонопотоков по всему маршруту следования от мест их зарождения до погашения. Это станет стимулом для улучшения взаимодействия между железными дорогами и морскими портами, что приведет к положительной динамике и эффективности перевозок экспортных грузов на направлении транспортного коридора «Север – Юг».

**Список литературы**

1 Перспективы исследований транспортно-технологических параметров узловых пунктов концентрации и распределения припортовых вагонопотоков / В. М. Задорожный, О. Н. Числов, М. В. Колесников, М. В. Бакалов, А. О. Полунина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 1. – С. 72–81. – DOI 10.46973/0201-727X\_2022\_1\_72.

**References**

1 Prospects of research of transport and technological parameters of nodal points of concentration and distribution of port car traffic / V. M. Zadorozhny, O. N. Chislov, M. V. Kolesnikov, M. V. Bakalov, A. O. Polunina // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2022. – No. 1. – P. 72–81. – DOI 10.46973/0201-727X\_2022\_1\_72.

2 **Мамаев, Э. А.** К оценке потенциала развития международного транспортного коридора : теоретические аспекты / Э. А. Мамаев, Д. В. Сорокин, И. Д. Долгий // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 4. – С. 89–101. – DOI 10.46973/0201-727X\_2020\_4\_89.

3 **Захаров, С. М.** Развитие тяжеловесного движения в мире / С. М. Захаров, Ш. К. Петрович // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2013. – № 4. – С. 9–18. – ISSN 2223-9731.

4 **Сотников, Е. А.** Эксплуатационная работа на железных дорогах мира / Е. А. Сотников, И. Н. Шапкин // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 1. – С. 72–77. – ISSN 0044-4448.

5 **Колупаев, В.** Ставка на точность «Твердые нитки» графика ускорят грузовые поезда / В. Колупаев // Гудок. – 2010. – 26 июля. – URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=700745> (дата обращения: 25.01.2023).

6 **Винокуров, Е.** Международный транспортный коридор «Север – Юг»: создание транспортного каркаса Евразии. Доклад 21/5 / Е. Винокуров, А. Ахунбаев, М. Шашкенов, А. Забоев. – Алматы – Москва : Евразийский банк развития, 2021.

7 **Наурузбаев, С. М.** Экономический потенциал развития международного транспортного коридора «Север – Юг» / С. М. Наурузбаев, Е. В. Рязанова, Н. А. Горьковенко // Экономика XXI века : инновации, инвестиции, образование. – 2022. – № 6. – С. 93–96. – ISSN 2308-4936.

8 **Числов, О. Н.** Вариант оценки этапности развития припортовых станций на направлениях южнороссийских транспортных коридоров / О. Н. Числов, Д. С. Безусов, С. Г. Заяц // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 2. – С. 153–163. – ISSN 1818-5509.

9 **Левин, Д. Ю.** Диспетчерские центры и технология управления перевозочным процессом : учебное пособие / Д. Ю. Левин. – Москва : Маршрут, 2005. – 759 с. – ISBN 5-89035-274-1.

10 **Воронин, В. А.** АЛСО с подвижными блоками / В. А. Воронин, В. В. Воробьев, С. Н. Есырев // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 6. – С. 44–45. – ISSN 0005-2329.

11 **Мугинштейн, Л. А.** Опыт внедрения тяжеловесного движения на железных дорогах / Л. А. Мугинштейн, К. П. Шенфельд // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 3. – С. 35–41. – ISSN 0044-4448.

2 **Mamaev, E. A.** To assess the development potential of the international transport corridor: theoretical aspects / E. A. Mamaev, D. V. Sorokin, I. D. Dolgiy // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2020. – No. 4. – P. 89–101. – DOI 10.46973/0201-727X\_2020\_4\_89.

3 **Zakharov, S. M.** The development of heavy traffic in the world / S. M. Zakharov, Sh. K. Petrovich // Russian Railway Science Journal. – 2013. – No. 4. – P. 9–18. – ISSN 2223-9731.

4 **Sotnikov, E. A.** Operational work on the railways of the world / E. A. Sotnikov, I. N. Shapkin // Zheleznodorozhny Transport = Railway transport. – 2009. – No. 1. – P. 72–77. – ISSN 0044-4448.

5 **Kolupaev, V.** The bet on the accuracy of the "Solid threads" of the schedule will accelerate freight trains / V. Kolupaev // Gudok. – 2010. – July 26. – URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=700745> (date of access: 25.01.2023).

6 **Vinokurov, E.** The International transport corridor "North – South": the creation of the transport framework of Eurasia. Report 21/5 / E. Vinokurov, A. Akhunbayev, M. Shashkenov, A. Zaboiev. – Almaty – Moscow : Eurasian Development Bank, 2021.

7 **Nauruzbayev, S. M.** The economic potential of the development of the international transport corridor "North – South" / S. M. Nauruzbayev, E. V. Ryzanova, N. A. Gorkovenko // The Economy of the XXI Century : Innovation, Investment, Education. – 2022. – No. 6. – P. 93–96. – ISSN 2308-4936.

8 **Chislov, O. N.** A variant of the assessment of the stages of development of port stations in the directions of South Russian transport corridors / O. N. Chislov, D. S. Bezusov, S. G. Zayats // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2014. – No. 2. – P. 153–163. – ISSN 1818-5509.

9 **Levin, D. Yu.** Dispatch centers and technology of transportation process management: textbook / D. Yu. Levin. – Moscow : Marshrut, 2005. – 759 p. – ISBN 5-89035-274-1.

10 **Voronin, V. A.** ALSO with movable block sections / V. A. Voronin, V. V. Vorobyev, S. N. Yesyrev // Automation, communications, informatics. – 2011. – No. 6. – P. 44–45. – ISSN 0005-2329.

11 **Muginstein, L. A.** The experience of introducing heavy traffic on railways / L. A. Muginstein, K. P. Schoenfeld // Railway Transport. – 2016. – No. 3. – P. 35–41. – ISSN 0044-4448.

12 **Дмитренко, А. В.** Эффективность повышения веса грузовых поездов на их скорость движения / А. В. Дмитренко, Е. А. Ларченко, А. А. Еременко // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 4. – С. 69–74. – DOI 10.52170/1815-9265\_2021\_59\_6.

12 **Dmitrenko, A. V.** Efficiency of increasing the weight of freight trains on their speed / A. V. Dmitrenko, E. A. Larchenko, A. A. Eremenko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – No. 4. – P. 69–74. – DOI 10.52170/1815-9265\_2021\_59\_6.

*V. N. Zubkov, E. V. Ryazanova, S. M. Nauruzbayev, E. A. Chebotareva, I. V. Merkulov,*

#### **MEASURES FOR THE COORDINATED INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT ON APPROACHES TO “OLYA” PORT IN THE CONDITIONS OF THE PREDICTED GROWTH OF CARGO FLOWS ALONG THE NORTH-SOUTH TRANSPORT CORRIDOR**

**Abstract.** The paper discusses measures for the coordinated development of the interacting rail infrastructure and sea modes of transport on the approaches to “Olya” port in the conditions of the projected growth of cargo flows along the North-South transport corridor. The prospective volumes of export traffic along this corridor have been determined. The capacity of railway approaches to “Olya” port is being evaluated and proposals for the development of railway infrastructure in accordance with the planned port capacity for the development of the entire volume of cargo traffic are being considered. If each event individually does not give the expected effect of increasing the capacity, then it is necessary to consider a set of measures to achieve the required capacity of the infrastructure of interacting transport modes. The analysis of foreign and domestic experience is carried out to ensure effective interaction of various transport modes. The experience of organizing significant export cargo traffic to the ports of the South of Russia in a new direction is applied, taking into account the peculiarities of the operation of the object under study. To solve the tasks set, a methodology for calculating the throughput was used, as a result of which options for increasing it on a cargo-stressed section were proposed and the best option was selected, ensuring high reliability of transportation, timely delivery and unloading of goods.

**Keywords:** transport corridor, traffic volume growth, available capacity, required capacity, infrastructure development, activities, costs, assessment of capacity sufficiency.

**For citation:** Measures for the coordinated infrastructure development on approaches to “Olya” port in the conditions of the predicted growth of cargo flows along the North-South transport corridor / V. N. Zubkov, E. V. Ryazanova, S. M. Nauruzbayev [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 1 – P. 63–75. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_1\_63.

#### **Сведения об авторах**

##### **Зубков Виктор Николаевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Управление эксплуатационной работой»,  
доктор технических наук, профессор,  
e-mail: uer@rgups.ru

##### **Рязанова Екатерина Владимировна**

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Управление эксплуатационной работой»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: uer@rgups.ru

#### **Information about the authors**

##### **Zubkov Viktor Nikolayevich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Management of Operational Work»,  
Doctor of Engineering Sciences, Professor,  
e-mail: uer@rgups.ru

##### **Ryazanova Ekaterina Vladimirovna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Management of Operational Work»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associated Professor,  
e-mail: uer@rgups.ru

**Наурузбаев Сабир Мансурович**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Управление эксплуатационной  
работой»,  
специалист,  
e-mail: sabirnauruzbaev@gmail.com

**Чеботарева Евгения Андреевна**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Управление эксплуатационной  
работой»,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: uer@rgups.ru

**Меркулов Илья Владимирович**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Управление эксплуатационной  
работой»,  
аспирант,  
e-mail: 89281692083@bk.ru

**Nauruzbayev Sabir Mansurovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Management of Operational Work»,  
Specialist,  
e-mail: sabirnauruzbaev@gmail.com

**Chebotareva Evgeniya Andreyevna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Management of Operational Work»,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associated Professor,  
e-mail: uer@rgups.ru

**Merkulov Ilya Vladimirovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Management of Operational Work»,  
Postgraduate Student,  
e-mail: 89281692083@bk.ru