

УДК 656.05

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## ПЛАНИРОВАНИЕ ПОГРУЗОЧНЫХ РЕСУРСОВ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В НОВЫХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Приведены результаты исследований обеспечения погрузочными ресурсами железной дороги по видам отправок в условиях кардинального изменения направления грузопотоков. Используются нетрадиционные методы планирования и прогнозирования грузовых отправок. Рассматриваются новые пути решения информационного обеспечения в условиях функционирования информационных сетей и искусственного интеллекта. При решении эксплуатационных задач планирования перевозочного процесса с учётом новых направлений грузопотоков рассматриваются случаи с использованием ресурсов не складированного типа, которые невозможно накапливать для последующего этапа погрузки.

**П**огрузочные ресурсы железной дороги – это плановое количество порожних вагонов, пригодных под погрузку установленной номенклатуры грузов на железной дороге. Их наличие в современных условиях тесно связано с качеством перевозочного процесса. В Беларуси 2024 г. объявлен годом качества. С учётом этого повышение качества транспортного обслуживания грузовладельцев должно рассматриваться не только как средство повышения эффективности функционирования отдельных транспортных и товарных рынков, но и как инструмент роста глобальной конкурентоспособности страны, повышения эффективности всей системы товародвижения в стране [1]. Особенности отгрузки продукции агропромышленного комплекса в стране тесно связаны с состоянием рынка экспорта и импорта. Экспортные грузы перевозятся в основном массово в полувагонах, цистернах и специальных вагонах, импортные – в крытом подвижном составе. Разнообразие используемого подвижного состава показано на рисунке 1.

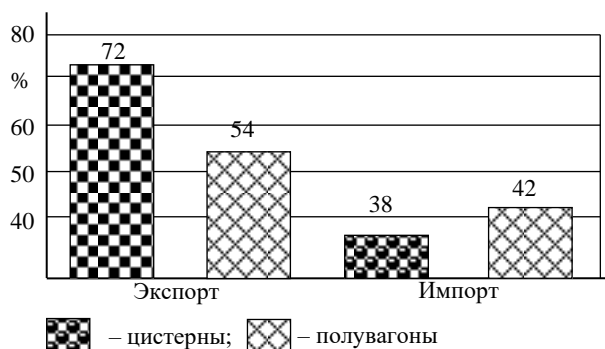


Рисунок 1 – Долевое распределение вагонов по видам перевозок грузов

Из приведенных на рисунке 1 диаграмм видно, что поступление грузов в страну в цистернах составляет 38 %. В результате имеется недостаток в цистернах в размере 34 %. Он может восполняться за счёт присылки цистерн с железных дорог других государств (в основном из России).

При работе с полувагонами для выполнения погрузки массовых грузов имеется их избыток в размере 14 %. В результате полувагоны в таком количестве направляются в порожнем состоянии на станции других государств. Возрастает объём порожнего пробега вагонов,

что увеличивает себестоимость перевозок экспортных и импортных грузов.

В условиях санкций со стороны стран ЕС товародвижения с Беларусью и Россией произошло изменение направления движения товаров с западного на восточное и северное. С учётом того, что Беларусь является преимущественно экспортной страной (экспорт превышает импорт по отдельным позициям в пять-шесть раз), при выполнении погрузки экспортных грузов играет важную роль система ресурсного обеспечения погрузки Белорусской железной дороги. В результате основную цель данного исследования можно рассматривать как выбор методологии формирования модели обеспечения погрузочными ресурсами и реализации конкурентной стратегии железнодорожного транспорта при определении норматива их обеспечения.

Новые геополитические условия работы железнодорожного транспорта Беларуси привели к негативным последствиям с потерей существенной доли доходов, получаемых от технологической подготовки вагонов к погрузке. Это связано с тем, что техническую работу с вагонами выполняют транспортные предприятия перевозчика, который владеет вагонным парком. При этом:

1) весь объём технологических работ по подготовке вагонов к перевозке полностью исключён из регламента на Белорусской ж. д.;

2) приспособление грузовых вагонов для специальных перевозок выполняется частично силами белорусских ремонтных предприятий;

3) текущий ремонт порожних вагонов при комплексной подготовке к перевозкам с отцепкой от состава или групп вагонов с подачей их на ремонтные пути (ТР-1) выполняется только по необходимости, если технологический период межремонтного цикла исчерпан или имеется техническая неисправность вагона;

4) техническое обслуживание грузовых вагонов, находящихся в составах, без отцепки от состава или группы вагонов (ТО) производится при состоянии вагона, ставящем под угрозу безопасность движения поездов;

5) текущий ремонт грузовых вагонов с отцепкой, выполняемый на путях текущего отцепочного ремонта, а также выполняемый на специализированных путях станции (ТР-2) производится в отдельных случаях и не носит постоянного характера;

6) перестановка грузовых вагонов с одной колеи на другую при пересечении государственной границы практически сокращено до нуля; это связано с санкциями стран ЕС на перевозку сжиженного газа;

7) деповской ремонт грузовых вагонов при использовании грузовых вагонов иностранных перевозчиков для этой категории исключён; собственный парк используется ограничено на сети иностранных государств, что приводит к сокращению объёма ремонтных работ по данной программе ремонта в белорусских вагонных депо;

8) техническое обслуживание и ремонт контейнеров напрямую связан с использованием ресурсов ремонтных предприятий; с учётом того, что в контейнерах собственности иностранных железнодорожных администраций поступает в основном импортный груз и контейнеры отправляются обратно в порожнем состоянии, техническое обслуживание их силами белорусских ремонтных предприятий не выполняется;

9) капитальный ремонт грузовых вагонов (КРП) по техническим условиям производится только с вагонами национального парка.

Долевое распределение расходов на техническую эксплуатацию грузовых вагонов показано на рисунке 2.

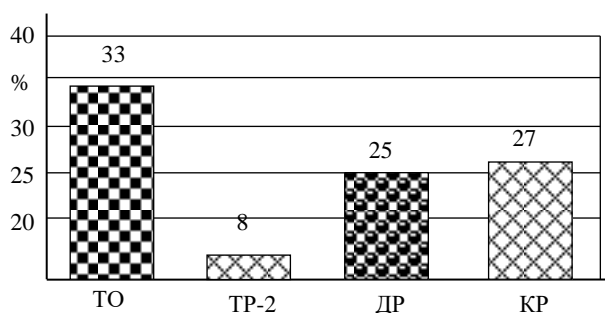


Рисунок 2 – Долевое распределение расходов на техническую эксплуатацию грузовых вагонов:

ТО – техническое обслуживание; ДР – деповской ремонт; ТР-2 – текущий ремонт-2; КР – капитальный ремонт

Из приведенных на рисунке 2 диаграмм видно, что из оставшихся доходов после изменения геополитических условий основная доля приходится на техническое обслуживание иностранных вагонов. На эту долю использования ресурсов вагонных депо приходится 33 %.

Основным методом для данного исследования является системный подход к изучению экономических процессов функционирования погрузочных ресурсов железнодорожного транспорта в рыночной среде и новых направлениях перевозок. В исследовании использованы методы экономико-математического моделирования, статистического анализа, технико-экономических расчётов и вариационного исчисления.

Следует учитывать, что практическая деятельность по повышению качества транспортного обслуживания грузовладельцев в стране невозможна без предварительной разработки системы управления качеством в современных условиях работы отрасли. В данной сфере существует ряд проблем.

1 Наиболее систематизированные из существующих подходов к управлению качеством на транспорте во многом связаны с качественным состоянием погрузочных ресурсы.

2 В стране, наряду с элементами рыночной, на крупных предприятиях, которые отгружают до 87 % грузов, в основном плановая экономика. Для условий плановой экономики государственного железнодорожного транспорта наблюдается ориентированность в основном на повышение качества внутренних технологических процессов работы транспортных предприятий.

3 Недостаточно чётко сформулирована терминология управления качеством транспортного процесса на железной дороге и нет единого толкования понятий «качество транспортного обслуживания», «стандарт качества».

4 Отсутствует научно обоснованная система управления качеством транспортного обслуживания по грузовым перевозкам, соответствующая интересам железнодорожного транспорта и экономики страны, не определена её структура, границы, порядок взаимодействия с другими системами.

Современные модели управления качеством ресурсного обеспечения погрузки не находят практического применения по следующим причинам:

1) отсутствие информационной базы и соответствующих статистических материалов, для получения и использования которых используются современные технологии, базирующиеся на использовании искусственного интеллекта;

2) ограниченное использование результатов мониторинга уровня качества погрузочных ресурсов на системном уровне по большинству отдельных показателей эксплуатационной работы железных дорог [2].

Предлагаемые различными авторами модели управления качеством транспортного обслуживания и ресурсного обеспечения погрузочными ресурсами по некоторым показателям зачастую несопоставимы между собой. Это затрудняет комплексную оценку качества обеспечения погрузочными ресурсами клиентов железной дороги. Следует отметить следующее: 1) отсутствует эффективная система стандартов качества транспортного обслуживания грузоотправителей; 2) существующие государственные стандарты в данной сфере носят общий характер и не соответствуют маркетинговой идеологии стандартов серии ИСО 9000 2000; 3) этим стандартам соответствует использование логистики управления движением поездов, которая напрямую связана с погрузочными ресурсами (подсылка порожних вагонов необходимой номенклатуры по международным коридорам) [3].

При разработке системы планирования проблема обеспечения перевозочного процесса погрузочными ресурсами рассматривается с нескольких сторон:

– в организационном – требуется выполнение расчёта трудоёмкости затрат при разработке плана погрузки и численности персонала, занятого планированием;

– функциональном – выполнение расчётов самого плана, его эффективности по критерию своевременности (продолжительность его прохождения по уровням управления до начала реализации);

– по критерию полноты охвата событий, связанных с отправлением экспортных грузов, и прогноза их наступления по станциям железной дороги.

Современный подход к организации экспортных перевозок грузов железнодорожным транспортом диктует изменение технологии, технических условий работы. Лучший вариант в данном случае представляет переход к полигонным технологиям ресурсного обеспечения погрузки. Переход на полигонные технологии начался с внесения изменений в технологию управления хозяйством движения при формировании плана погрузки и обеспечения погрузочными ресурсами станций отправления грузов. Полигоном управления перевозочным процессом в таком случае называют объединение участков сети, обладающих единой технологией работы подвижного состава, похожую инфраструктуру, зарождение и окончание производственных циклов при обслуживании общих грузопотоков с максимальным транспортно-логистическим эффектом.

Введение полигонной технологии управления погрузочными ресурсами может повлиять на изменение показателей эксплуатационной работы железных дорог по следующим позициям:

- повышение грузовых вагонов, используемых на кольцевых маршрутах, за счёт более высокой участковой скорости на основе увеличения уровня выполнения графика движения грузовых поездов;

- увеличение среднего веса грузового поезда за счёт обеспечения пропуска поездов более тяжёлого веса без перелома веса на основных направлениях полигона;

- снижение величины пробега локомотивов в одиночном следовании на основе эффективного диспетчерского контроля за выполнением сроков прохождения технического обслуживания и текущего ремонта;

- увеличение среднесуточной продуктивности вагонов рабочего парка за счёт улучшения показателей эксплуатационной работы причастных железных дорог.

Наряду с улучшением эксплуатационных показателей работы подвижного состава организация ресурсного обеспечения полигонов обеспечивает большой потенциал в снижении потерь в инфраструктурном комплексе. Это достигается за счёт эффективного использования подвижного состава – сокращения порожнего пробега, полноты загрузки вагонов с повышением нагрузки на них.

Практическая реализация полигонной технологии управления погрузочными ресурсами указывает её эффективность. Диаграммы, показывающие результативность данной технологии, показаны на рисунке 3.

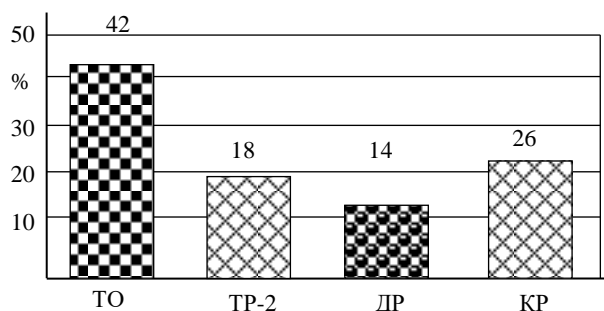


Рисунок 3 – Результативность использования полигонной технологии управления погрузочными ресурсами

Из приведенной на рисунке 3 диаграммы видно, что значительная часть ресурсов вагонного хозяйства железной дороги затрачивается на выполнение технического обслуживания вагонов (ТО).

При полигонной системе сохраняется трёхуровневое управление перевозочным процессом с принятием наиболее ответственных решений в связке центрального и регионального уровней. Такие решения определяют распределение погрузочных ресурсов, регулирование локомотивного и вагонных парков, предоставление «окон» для ремонтно-строительных работ на железнодорожной инфраструктуре [4, 5]. При анализе традиционного и полигонного методов планирования ресурсов получены следующие результаты:

- при традиционном методе порожний пробег цистерн составляет 42 %;

- полигонном методе – 29 %.

Процедура планирования обеспечения перевозочного процесса погрузочными ресурсами на начальном этапе происходит при недостатке информации относительно прогноза предстоящего внешнего возмущения потока событий по перевозкам и собственных возможностей по выполнению перевозок. Поэтому предусматривается возможность проведения корректировок ранее разработанных плановых решений в процессе их разработки. В таком случае план состоит из следующих решений:

- 1) объёмные показатели эксплуатационной работы – количество отправленных и выгруженных тонн грузов, тонно-километры брутто и нетто по видам сообщений, вагоно- и поезда-километры;

- 2) загрузка инфраструктуры и потребности в тяговых ресурсах;

- 3) потребности в трудовых, погрузочных, топливно-энергетических, информационных и финансовых ресурсах (в данном случае планирование рассматривается как элемент управления ресурсами) [7].

Процесс планирования погрузочных ресурсов, необходимых для выполнения плана перевозок грузов, состоит из комплексов взаимосвязанных задач, большинство из которых ограничено формализуемо и сводится к процедурам принятия решений путем перебора их вариантов. При этом используются математические модели и методы с решением мини-максных задач. В таком случае рассматриваются оптимальные задачи, возникающие при выборе состава разработки и определения очередности выполнения плановых решений, когда необходимо максимизировать линейную форму  $\sum a_i x_i$ , при наличии ограничений

$$\sum w_{ij} x_i < R_j, j = 1, J; \quad (1)$$

$$\sum r(B)_{ij} x_i > \max R_j, j = 1, J. \quad (2)$$

Для всех задач планирования ресурсного обеспечения перевозочного процесса должно выполняться дополнительное ограничение

$$w_{ij} x_i / r(B)_{ij} < T, [j = 1, I; j = 1, J. \quad (3)$$

В данном ограничении индекс  $i$  показывает номер задачи планирования, а  $I$  – полное количество задач, которые требуют решения в процессе управления ресурсами железной дороги,  $T$  – определяет продолжи-

тельность разработки и реализации плана погрузки,  $w_{ij}$  – ожидаемый эффект от реализации плана погрузки  $(i - jq)$ -й задачи;  $x_i$  – переменная плана, которая принимается максимальное значение индекса  $I$ , если задача включается в список решаемых при разработке плана задач (в остальных случаях равна 0);  $j$  – индекс ресурсов, необходимых для разработки и реализации плана перевозок;  $J$  – количество видов погрузочных ресурсов;  $w_{ij} = \sum r_{ij} dt$  – общая потребность  $j$ -го ресурса для разработки и реализации плана;  $r(B)_{ij}$  – максимально допустимое значение  $r(t)_{ij}$ .

С учётом того, что  $J = 1$ , постановка задачи сводится к решению, требующему дополнительного осмысления. После определения состава разработки плана погрузки (особенно экспортных грузов) возникает задача оптимального или рационального распределения погрузочных ресурсов между составными задачами планирования. Определяется решение многоуровневой задачи – устанавливаются очереди обеспечения погрузочных ресурсов с учетом принадлежности вагонов и грузов. В новых геополитических условиях транспортная составляющая производства и реализации товаров зависит от факторов: принадлежности вагонного парка, отношения производителя по фактору государственности, договорных обязательств и стратегии распределения грузопотоков по внешнему периметру страны. В результате требуется другая постановка задачи. В постановочной части требуется определить  $r(t)_{ij}$ , при максимизации линейной формы  $\sum a_i (T - \beta_i)$ , при наличии ограничений

$$\sum r(t)_{ij} < R_j(t); j = 1, J; \quad (4)$$

$$\sum r(\alpha_{ij}; \beta_{ij}) = W_{ij} < R_j(t); i = 1, I; j = 1, J, \quad (5)$$

где  $\alpha_{ij}$ ,  $\beta_{ij}$  – моменты начала и окончания использования  $j$ -го ресурса для  $i$ -й задачи,  $\beta_{ij} = \max t_{ij}$  – момент окончания разработки  $i$ -й задачи.

С учётом особенностей работы железнодорожного транспорта дополнительные технологические ограничения на порядок исполнения задач планирования могут быть заданы в виде графа  $G = (I, \Gamma)$ , где  $I$  – множество решаемых задач;  $\Gamma$  – множество задач, предшествующих  $i$ -й задаче (при  $i = 1, I$ ).

При решении эксплуатационной задачи и планирования перевозочного процесса рассматриваются случаи с использованием погрузочных ресурсов не складываемого типа, которые можно накапливать для последующего использования [6]. Например, можно просуммировать ресурсы  $R_j(t)$  по всем  $j$ , приведя их предварительно к одной размерности, что будет выглядеть следующим образом:

$$\sum R_j(t) = R_j(t). \quad (6)$$

При выполнении условия (6) будет справедливым утверждение, что любой, чисто последовательный план будет не хуже параллельного плана, у которого для всех технологических работ при выполнении перевозочного процесса моменты начала и окончания одинаковы, а все  $\beta_i$  совпадают с  $T$  и  $\sum a_i (T - \beta_i) = 0$ .

При этом для любого чисто последовательного плана только для последней работы  $\beta_n = T$ , а остальные  $(n - 1)$  значений  $\beta_n < T$ ,  $\sum a_i (T - \beta_i) > 0$ .

Из приведенных рассуждений следует отметить, что для любого плана ресурсного обеспечения перевозочного процесса можно построить чисто последовательный план, который будет по своим параметрам лучше исходного с точки зрения критерия  $\sum a_i (T - \beta_i)$ .

При ресурсном обеспечении перевозок достаточно в подразделениях, для которых план является чисто параллельным, заменить его на любой последовательный, что в силу доказанного выше условия приведёт к увеличению предыдущего критерия.

Данное утверждение будет справедливым только при наличии ограничений на максимальное использование ресурсов, связанных с отгрузкой грузов: вагоны, ремонтная база, трудовые ресурсы. Это утверждение позволяет искать оптимальное решение задачи только среди последовательно реализуемых планов. Если последовательный план обозначить через  $x(i_1, i_2, \dots, i_n)$ , то оптимальный план  $x_i(\text{опт})$ , определяющий очередность разработки и внедрения задач плана, может быть использован для частных случаев его реализации.

Например, если  $R_j(t) = R$ , то оптимальный план представляет собой последовательность решаемых задач, упорядоченную по убывающим значениям показателя  $\max(a_i / w_i)$ . Для нахождения оптимального плана ресурсного обеспечения при производном  $R_j(t)$  может использоваться алгоритм, основанный на упорядоченном переборе возможных вариантов решения задачи планирования. При этом определяются этапы постепенного разбиения множества всех возможных решений на отдельные подмножества.

Для каждого подмножества выполняют вычисление значения оценки, которая является границей сверху или снизу для оценок всех решений данного подмножества. Верхняя граница устанавливается с учетом сложившихся условий потребности в погрузочных ресурсах.

Затем выбирают подмножество, для которого полученная оценка является экстремальной, и разбирают его аналогичным способом. Признаком оптимальности и окончания ветвей плановых решений является нахождение такого решения, характеристики которого превосходят оценки всех остальных подмножеств окончательного решения задачи планирования обеспечения погрузочными ресурсами.

Если общую задачу планирования погрузочных ресурсов следует рассматривать с учётом её ресурсного обеспечения, то все совместные задачи можно разбить на несколько групп в соответствующей очередности. Тогда разработки и реализация плана проводится последовательно по очередям ( $q = 1, Q$ ). С учётом того, что продолжительность разработки  $g$ -й очереди не всегда может быть задана, она принимается равной  $T_g$ . Тогда, наряду с оптимальным распределением ресурсов внутри очереди, необходимо выбрать значения  $T_g$  с учётом влияния на все последующие очереди разработки плана с условием, чтобы максимизировать эффект от использования погрузочных ресурсов по каждой очереди плана и для плана в целом.

При решении такой задачи критерии времени и наличия погрузочных ресурсов рассматриваются как дискретные величины (период реализации и объём). В этом случае требуется определение величины  $x_i$

(целые положительные числа, равные уровню использования ресурсов для  $i$ -й очереди при решении плановой задачи в  $m$ -й период времени), дающей максимальный эффект от очередности выполнения плановых работ. В таком случае

$$\sum a_i (T - \max y_i) \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$y_i = m, \text{ если } x_i > 0; \quad (8)$$

$$y_i = 0, \text{ если } x_i = 0. \quad (9)$$

При наличии ограничений

$$\sum x_i(m) \leq R_i(m); \text{ при } m = 1, T; \quad (10)$$

$$\sum x_i(m) = R_i(m); \text{ при } m = 1, n; \quad (11)$$

$$x_i(m) \leq r_i(B). \quad (12)$$

Дополнительные ограничения на последовательность решения задач планирования погрузочных ресурсов могут быть заданы, как и раньше, в виде графа  $G = (I, \Gamma)$ . С учётом того, что разработка плана ведётся по очередям, то критерий (7) может быть записан через состояние транспортной организации в виде

$$z_{\tau_0} = \sum [\sum a_i (T_g - \tau_i) + \sum a_i T_g]. \quad (13)$$

Значение справедливо  $\tau_i + \beta_i - \sum T_g$ , когда  $T_g$  определяет момент  $(q + 1)$ -й очереди начала разработки плана обеспечения погрузочными ресурсами как структурного элемента общего плана эксплуатационной работы и оценки предполагаемой потребности в ресурсах для его реализации. После преобразований (13) можно получить выражение, определяющее оптимальное состояние транспортной организации по условиям планирования, т. е.

$$z_{\tau_0} = \sum [\sum a_i (T_g - \tau_i) - T_g \sum a_i]. \quad (14)$$

Из (14) видно, что  $z_{\tau_0}$  представляет сумму независимых друг от друга слагаемых, каждое из которых зависит только от очередности и продолжительности выполнения  $T_g$ .

Решение задачи сводится к последовательной оптимизации порядка разработка плана ресурсного обеспечения внутри самого плана и внутри каждой очереди и продолжительности разработки его очередей. Критерий оптимизации плана на каждом шаге примет вид

$$z_{\tau_0} = \sum a_i (T_g - \tau_i) - T_g \sum a_i. \quad (15)$$

Первый член правой части неявно зависит от  $T_g$ . Очевидно, что  $z_{\tau_0} = \sum a_i (T_g - \tau_i)$  является неубывающей функцией  $T_g$  и определенной на  $\max T_g$ , при котором (15) достигает максимального значения и лежит в интервале  $(\min T_g - \max T_g)$ .

В условиях, когда все задачи планирования погрузочных ресурсов имеют одинаковое значение и являются однотипными, т. е.  $\sum a_i = A$ ;  $\sum w_i = W$ ;  $k = K$ , а  $I$  состоит из  $n$  последовательных решений задач планирования.

При таких условиях все задачи планирования объединяются в один этап, а условие такой задачи записывается в явном виде со сравнением величин  $\sum \beta_i$  при последовательной разработке плановых задач

$$\sum \beta_i = \sum i (W / R) + 0,5 \sum i (i - 1) KW / R, \quad (16)$$

а при разработке в один этап  $\sum \beta_i = n^2 W / R$ .

Если эти выражения сравнить, то элемент со значением  $K = 3 / (n + 1)$  целесообразно разрабатывать план в один этап с последующими корректировками.

Для решения поставленной задачи необходимо ввести коэффициенты  $k_{ij}$ , характеризующие решение  $i$ -й задачи при условии, что  $j$ -я задача уже реализована в эксплуатационной работе транспортной организации. Значения всех  $k_{ij}$  задаются в виде матрицы взаимосвязей задач. Трудоемкость достижения решения  $i$ -й задачи зависит от очередности разработки

$$W = W_i (I + \sum K_{ij}), \quad (17)$$

где  $W_i$  – трудоемкость  $i$ -й задачи при условии, что она выполняется независимо от остальных.

Общий случай решения задачи с переменными затратами необходимых ресурсов предусматривает последовательную разработку её элементов, и при этом выделяются две соседние. Если предположить, что это задачи с номерами  $i$  и  $j$ , то получается условие, при котором предпочтительность  $i < j$ , т. е. начало разработки  $j$ -й задачи, совпадает с внедрением  $i$ -й задачи. Тогда выполняется условие (16) в новом виде:

$$[\sum a_i (W_i + \Delta W_i + K_{ij} W_j) - K_{ij} (W_i - W_j)] / a_i (W_i + \Delta W_i + K_{ij} W_j) < 1, \quad (18)$$

где  $\Delta W_i = W_i \sum K_{ij}$  – множество задач, предшествующих паре решений  $i$  и  $j$ .

Такое решение задачи планирования погрузочных ресурсов позволяет строить модель использования погрузочных ресурсов в новых геополитических условиях

Определить значения  $K_{ij}$  практически довольно трудно, особенно на начальных стадиях разработки плана при наличии нескольких неизвестных. Поэтому рассматривается случай, когда все  $K_{ij} = K$ , где  $K$  – некоторое усредненное значение, известное из опыта предыдущих разработок плана погрузки.

Если предположить, что значения  $a_i$  совпадают с величиной  $a_i$ , то условие локальной оптимальности (18) существенно упрощается, а именно для любой пары соседних задач  $i < j$  рассматривается условие

$$[(n' - n_i) / (W_i - W_j)] > 0, \quad (19)$$

где  $n_i$  – количество задач, предшествующих паре  $i, j$ ;  $n' = 0,5 (n - 1) / (K - 1) / 2$ .

Величина  $n'$  не зависит от характеристики задач конкретной пары и задаёт следующее правило определения оптимальной очередности: если  $n < n'$  и  $W_i > W_j$ , то  $i < j$ .

Полученное правило является транзитивным, если  $n > n - 2$ . Тогда условие (19) всегда выполняется и на множестве примеров задач  $I$  задаётся отношение порядка, определяющее оптимальную очередность разработки задач. Вопрос об этапности разработки плана в этом случае легко решается сравнением значений критерия для этапа и последовательной разработки.

Если условие транзитивности указанного условия не выполняется, то задача сводится к поиску очередности принятия решений  $\sigma = \{i_1 < i_2 < \dots < i_n\}$ , удовлетворяющей свойству оптимальности разработанного плана погрузки.

Для любых соседних задач  $i$  и  $j$ , связанных соотношением  $i < j$ , должно выполняться неравенство

$i_1 > i^1$ . При таких условиях можно показать, что величина  $\sigma$  всегда существует при оптимизации решения задач.

Следует отметить, что основное затруднение решения данных задач планирования погрузочных ресурсов заключается в том, что их список определяется при неполной и в большинстве случаев недостоверной, часто запаздывающей информации, при наличии высокого уровня её энтропии. При этом необходимо учитывать тот факт, что характеристики возможных технических средств и наличие ресурсов на разработку и эксплуатацию транспортной системы могут оказаться ограниченными.

Методики планирования погрузочных ресурсов в новых геополитических условиях позволяют рассмотреть организацию и продвижение вагонопотоков в условиях изменения плана формирования грузовых поездов на Белорусской железной дороге в новых геополитических условиях. При этом изменяются факторы стабильности работы предприятий страны, которые используют железную дорогу. К ним отнесены: повышение уровня отправительской маршрутизации, совершенствование технологий работы сортировочных и припортовых станций, находящихся на территории иностранного государства (в России), повышается эффективность использования совместного парка подвижного состава (вагонов и локомотивов), происходит внедрение новой технологии работы и сменно-суточного планирования, контроля исполнения плана [8].

Действующая в настоящее время система организации перевозок сформировалась в конце прошлого века и была нацелена на повышение производительности подвижного состава, находящегося в единой собственности МПС СССР. С разделением общей сети по национальным образованиям произошёл раздел вагонного и локомотивного парков, передел плеч обращения вагонов и локомотивов, работы локомотивных бригад. У каждой администрации железных дорог приняты собственные стандарты по содержанию транспортных средств и железнодорожной инфраструктуры. В отдельных случаях произошла нестыковка подвижного состава при выполнении погрузки и выгрузки, крепления грузов и по другим вопросам.

Технологии перевозочного процесса были ориентированы на обязательное выполнение объемных показателей в условиях устойчивого роста грузопотоков на направлениях в среднем на 2–3 % в год. При планировании и оценке необходимых ресурсов использовалась система показателей, характеризующих количественные и качественные стороны перевозочного процесса, сохранившаяся до наших дней [9]. Эта система

нашла широкое применение в транспортной деятельности Белорусской железной дороги, что позволило сохранить устойчивость работы выполнения эксплуатационной работы.

Переход на свободный выбор направлений продвижения грузопотоков, использование приватного подвижного состава потребовал новых подходов планирования погрузочных ресурсов, основанных на использовании информационных технологий и моделирования процессов перевозки.

Практическая реализация этих направлений позволяет выполнять собственное обеспечение погрузочными ресурсами. Оно базируется на развитии инвестирования по всем параметрам перевозочного процесса: собственное производство грузовых вагонов, создание современной вагоноремонтной базы, подготовка персонала для работы в новых технологиях.

#### Список литературы

- 1 Шкурина, Л. В. Экономическое управление качеством транспортного производства: теория и методология : [монография] / Л. В. Шкурина, Е. А. Маскаева. – М. : PDAT, 2014. – 252 с.
- 2 Котов, А. С. Анализ организации и управления погрузкой на железных дорогах / А. С. Котов, Н. В. Сугробов // Вестник транспорта. – 2012. – № 2. – С. 17–25.
- 3 Ефремов, В. А. Логистизация управления движением поездов / В. А. Ефремов, П. В. Куренков // Логистика сегодня. – 2004. – № 5. – С. 31–38.
- 4 Филатов, И. Н. Планирование и организация перевозочного процесса на полигоне дороги / И. Н. Филатов, В. Н. Зубков, Н. Н. Мусиенко // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 9. – С. 24–31.
- 5 Осьминин, А. Т. Научные подходы к расчету границ полигонов управления перевозочным процессом и реализации полигонных технологий / А. Т. Осьминин // Бюллетень ОУС ОАО «РЖД», 2017. – № 2. – С. 42–56.
- 6 Кряжев, А. Н. Формирование национальной логистической инфраструктуры. Новые подходы и системные решения / А. Н. Кряжев // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2016. – Т. 10, № 10 (10). – С. 5–25.
- 7 Типовая технология управления перевозками на объединенных полигонах / В. Л. Зобнин [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 11. – С. 7–14.
- 8 Мусиенко, Н. Н. Организация и продвижение вагонопотоков в условиях изменения плана формирования грузовых поездов на Северо-Кавказской железной дороге / Н. Н. Мусиенко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 4. – С. 69–73.
- 9 Миронов, А. Ю. Совершенствовать управление и организацию перевозок / А. Ю. Миронов // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 2. – С. 11–19.

Получено 15.03.2024

**A. A. Mikhalchenka.** Planning railroad loading resources in new geopolitical conditions.

The results of studies on the provision of railway loading resources by type of shipment under conditions of a radical change in the direction of freight flows are presented. Unconventional methods of planning and forecasting cargo shipments were used. New ways to solve information support in the context of the functioning of information networks and artificial intelligence are considered. When solving the operational problems of planning the transportation process, taking into account new directions of cargo flows, cases are considered using non-stockable resources that cannot be accumulated for the subsequent stage of loading.