

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 656.073.21

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

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЗОЧНЫМИ РЕСУРСАМИ В УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ

Приведены предложения по построению новой структуры управления перевозками, направленной на формирование и реализацию ресурсов железной дороги при выполнении погрузки в условиях эксплуатации дорожного центра управления перевозками (ЦУП). Рассмотрена двухуровневая модель оперативного управления погрузочными ресурсами перевозочного процесса с учетом трехуровневой модели функционирования административного управления технологическими ресурсами. Выделены ограничения, оказывающие негативное влияние на эффективное использование ресурсов, направленных на освоение плана погрузки, что впоследствии может привести к завышенным издержкам, получаемым при создании, и особенно при эксплуатации, двухуровневой системы управления перевозками. Для обоснования новой системы управления погрузочными ресурсами в условиях функционирования ЦУПа разработаны модели, которые отражают состояние и последующее поведение иерархической системы оперативного управления перевозками. Рассмотрены производственно-технологические циклы, связанные с циклами ресурсного потребления на линейных предприятиях при управлении грузовой работой из ЦУПа. Определен уровень значимости информации о погрузочных ресурсах, порядок их идентификации и результативности принимаемых решений.

**С**оздание, внедрение и дальнейшее развитие информационных технологий на железнодорожном транспорте привели к необходимости создания на всех железных дорогах бывшего МПС СССР центров управления перевозками, в том числе и на Белорусской железной дороге, что позволило изменить технологию управления перевозками за счет формирования более совершенной системы оперативного управления ресурсами при организации движения поездов и грузовой работы. При этом в области совершенствования диспетчерского управления движением поездов использованы современные принципы организации работы с изменением объекта оперативного управления.

Ранее в системе диспетчерского (оперативного) управления движением поездов на участках объектов управления была станция. Поездной диспетчер, независимо от количества поездов, находящихся одновременно на участке, работал со станциями, входящими в границы его диспетчерского участка, и которые, независимо от величины размеров движения поездов, нельзя было изменять, особенно в сторону их значительного увеличения по параметрам эффективного использования труда поездных диспетчеров.

С переходом на использование нового объекта оперативного управления, в качестве которого рассматривается поезд, диспетчер поездного участка работает только с группой поездов, находящихся на участке и требующих его оперативного руководства. Это позволило расширить протяженность участков, включенных в зону диспетчерского управления до 350–500 км, не перегружая при этом диспетчера исходной информацией и выработкой оперативных решений по движению поездов и маневровой работе на участке. Следует отметить, что если в системе оперативного управления движением

поездов на поездных участках произошли серьезные изменения, то в системе управления погрузочными ресурсами железных дорог при создании ЦУПов практических изменений не произошло. В результате одна из важнейших функций оперативного управления перевозками из ЦУПа стала сдерживающим элементом развития информационных технологий в нем. Этому способствовали следующие факторы:

1) переход от централизованного оперативного управления погрузочными ресурсами и ресурсами обеспечения погрузки, управляемого на значительной территории в децентрализованной системе. При этом создано новое звено в системе оперативного управления – ЦУМРы (Центры управления местной работой), функционирующие на местах, которые выступают в качестве составного звена ЦУПа;

2) упорядочение системы оперативного управления по использованию парков грузовых вагонов: собственный подвижной состав грузится в основном на экспорт и в местном сообщении. В исключительных случаях погрузка выполняется в вагоны, находящиеся в собственности железных дорог иностранных государств;

3) систематизация технической эксплуатации вагонов грузового парка: изменена технология направления вагонов в ремонт (раньше межремонтные нормативы определялись с учетом срока эксплуатации, теперь они определяются нормативом пробега между соответствующими видами ремонтов и технического обслуживания) и определен регламент их использования после проведения ремонтов.

Следует отметить, что план погрузки реализует оперативный аппарат нескольких технологических элементов: железнодорожной станции и ЦУПа, которые формируют потребности в технологической час-

ти погрузочных ресурсов, а также других ресурсов, необходимых для реализации плана погрузки.

Вышеназванные факторы, влияющие на использование ресурсов железной дороги для нужд перевозочного процесса, которые в основном реализованы с появлением ЦУПов на железных дорогах, привели также к изменению системы формирования плана перевозок. Основным элементом плана перевозки грузов является план погрузки на станциях железной дороги, который формируют и обеспечивают следующие участники перевозочного процесса: грузоотправители, пользующиеся услугами железнодорожной станции; железнодорожная экспедиторская компания; структурные подразделения хозяйства грузовой и коммерческой работы. При этом план погрузки обеспечивают:

- служба перевозок через собственные структурные подразделения: станции, отделы перевозок в отделениях железной дороги, оперативно-распорядительный отдел службы;
- вагонное хозяйство через структурные подразделения: специализированные вагонные депо, пункты подготовки вагонов под погрузку и др.;
- грузовладельцы, имеющие собственный или арендованный подвижной состав.

Проведенные исследования формирования и реализации плана погрузки и увязки с ним соответствующих ресурсов на многих железных дорогах СНГ показали, что он формируется с высокой степенью разбросанности (хаотичности).

По результатам исследований получена зависимость, определяющая степень рассеивания функции, описывающей результат обеспечения плана погрузки ресурсами при различных вариантах управления ресурсами и погрузкой. При этом более точная ситуация с обеспечением погрузочных ресурсов рассматривается только в оперативно-распорядительном отделе службы перевозок, т. е. на первом уровне управления. Поэтому имеет место разброс хаотичности принимаемых решений при управлении погрузочными ресурсами железной дороги по уровням управления, который рассчитан с использованием элементов теории параметрической оптимизации. Управление погрузочными ресурсами на железной дороге наиболее эффективным является при использовании решений задач параметрической оптимизации. Она предусматривает реализацию процесса однократного достижения экстремальной цели – максимального использования погрузочных ресурсов при отправлении заявленного объема груза при минимизации воздействия внешних параметров, которые поддаются управлению: влияние случайных отклонений при установлении заданных или нормативных значений погрузки  $[p_i(t_{пл})]$ ; случайные воздействия внешней среды на объекты управления; влияние форс-мажорных обстоятельств на функционирование железной дороги в части выполнения погрузки

(требование срочного возврата порожних вагонов определенной категории, повышение фрахтовых платежей за их использование, требования безопасности и экологической чистоты и т. д.).

Нерешенность этой задачи приводит к завышенному расходу ресурсов, направляемых на выполнение грузовой и коммерческой работы на железной дороге. Данная задача является одной из основных функций оперативного управления погрузочными ресурсами железной дороги и станций и базируется на решении ряда подзадач:

- поиска объема погрузки для станции;
- оптимизации использования погрузочных ресурсов на железной дороге;
- оптимизации использования технологических ресурсов железной дороги (использование пропускных способностей участков и узлов, ремонтных мощностей вагонного хозяйства и т. п.);
- оптимизации использования трудовых ресурсов для обеспечения погрузки;
- оптимизации использования энергетических ресурсов: затраты топлива на тягу поездов и маневровую работу, энергообеспечение подъемно-транспортного оборудования, освещения объектов выполнения грузовых операций и т. д.

Задача поиска планового объема погрузки основывается на оценке и идентификации по видам сообщений заявленного на погрузку груза в тоннах по родам грузов, т. е.

$$\sum p_k^{пл} = (p_1^{пл} + p_2^{пл} + \dots + p_j^{пл})_i^t, \quad (1)$$

где  $p_j^{пл}$  – объем груза  $j$ -й номенклатуры, подлежащего погрузке в плановый период  $t$  на  $i$ -м предприятии.

План погрузки в тоннах по родам груза определенной номенклатуры в процессе его разработки трансформируется в план погрузки по роду подвижного состава:

$$\sum p_k^{пл} \Rightarrow \sum n_m^{пл}, \quad \sum n_m^{пл} = \sum \frac{p_j^{пл}}{P_{ст}^{пл}}, \quad (2)$$

где  $P_{ст}^{пл}$  – плановое значение статистической нагрузки вагона грузового парка при погрузке груза  $j$ -й номенклатуры.

Необходимо отметить, что задача поиска объема погрузки и формирования плана погрузки сводится к классу задач однокритериальной оптимизации данного процесса без возмущений и ограничений на ожидаемые значения управляемых параметров [1]. Данную задачу можно сформулировать следующим образом:

$$G(t_{пл}) \rightarrow e_{пт} \sum n_{пт}(t_{пл}) + e_R R_{ст}(n_{пт}), \quad (3)$$

где  $e_{пт}$  – стоимостной параметр, оценивающий погрузочные ресурсы станции;  $n_{пт}(t_{пл})$  – погрузочные ресурсы станции на плановый период;  $e_R$  – стоимостной параметр, оценивающий собственные ресурсы станции;  $R_{ст}(n_{пт})$  – ресурсы станции, планируемые к выполнению погрузки за плановый период.

В данном случае имеет место решение задачи параметрической идентификации состояния станции – первичного элемента обеспечения погрузки. Если грузопотоки и ресурсы не идентифицированы, то груз отправляется конкурирующим по отношению к железной дороге транспортом. При этом следует отметить, что работа данного объекта по реализации погрузки с оптимальным использованием ресур-

сов зависит от времени происхождения событий и начала действия входных событий: завоза груза на терминал станции, подачи подвижного состава, включения в работу ресурсов станции, обеспечивающих погрузку до их завершения. Процесс привязки погрузочных ресурсов и реализации ресурсов станции можно представить в виде функциональной схемы, показанной на рисунке 1.

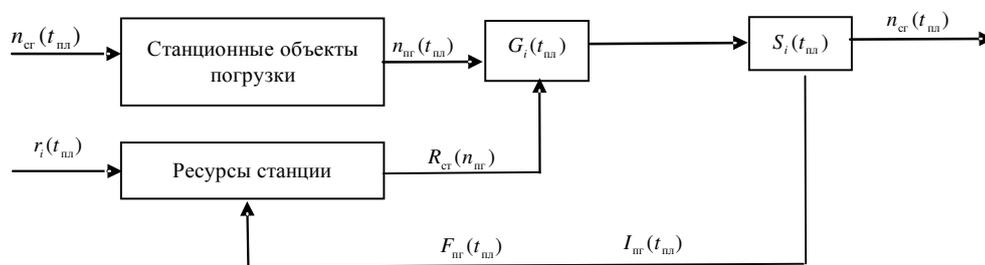


Рисунок 1 – Функциональная схема обеспечения ресурсами плана погрузки на станции

$n_{гр}(t_{пл})$  – груз в тоннах, поступающий на станцию;  $n_{ст}(t_{пл})$  – погрузка в вагонах;  $R_{ст}(n_{гр})$  – потребность в ресурсах станции;  $S_i(t_{пл})$  – управляющая система

Управляющая система предусматривает технологию (алгоритм) её работы, который основан на реализации принятой стратегии параметрической оптимизации использования ресурсов при реализации плана погрузки. Следует отметить, что процесс интеграции погрузочных возможностей и погрузочных ресурсов станции является более сложным, чем считалось ранее, и должен рассматриваться как совокупность функциональных действий персонала станции и других структурных подразделений железной дороги, а также её вышестоящих организаций.

В целях увязывания и идентификации имеющихся ресурсов всех видов на станции требуется вариант формализованного описания рабочих и плановых состояний ее подсистем, которые рассматриваются в качестве основного технологического элемента, используемого при реализации плана погрузки в процессе его формирования, включения её ресурсов, направленных на обеспечение погрузки и объема отправления грузов, заявленного в плане погрузки. Из рассмотренных вариантов описания состояний объектов железнодорожных систем, связанных с выполнением плана погрузки, к которым относится и железнодорожная станция, наиболее приемлемым является использование ряда Вольтера [4]:

$$n_{гр}(t_{пл}) = \sum_{i=1}^k \int_0^k \dots \int_0^k f_i(\tau_1 \dots \tau_i) \prod_{j=1}^i P_i(t_{пл} - \tau_j) d\tau_1 \dots d\tau_i, \quad (4)$$

где  $f_i(\tau_1 \dots \tau_i)$  – обобщенные весовые функции  $i$ -го порядка, подлежащие идентификации при формировании погрузочных ресурсов станции.

При конечном интервале планового периода оперативного управления погрузочными ресурсами на станции погрузки вышеприведенное выражение имеет вид

$$n_{гр}(t_{пл}) = \int_0^T f_1(\tau_1) p_1(t_{пл} - \tau_1) d\tau_1 + \iint_0^T f_2(\tau_1, \tau_2) p_1(t_{пл} - \tau_1) p_2(t_{пл} - \tau_2) d\tau_1 d\tau_2, \quad (5)$$

где  $T$  – продолжительность цикла управления погрузочными ресурсами,  $T = \tau_1 + \tau_k$ , при этом  $\tau_1$  – продолжительность цикла планирования, а  $\tau_2$  – продолжительность цикла осмысления информации оперативного персонала по результатам реализации плана погрузки и использования ресурсов на станции.

При этом может быть использована параметризация идентификационной задачи вида

$$f_1(t_1) = \sum_{z=1}^{n_1} p_j \varphi_{z1}(t_1), \quad (6)$$

где  $z$  – состояние объекта (станции, погрузочных пунктов), задействованного в реализацию плана погрузки;  $\varphi_{z1}(t_1)$  – линейно независимая опорная функция, идентифицирующая объем груза по параметрам: объем поставки, продолжительность завоза, вид сообщения, род груза (он определяет трудозатраты на оформление, погрузку и вносит ограничения на использование подвижного состава, подъемно-транспортного оборудования, погрузочных устройств и т. д.).

При расширении плана действий по обеспечению погрузки ресурсами на последующие периоды реализации плана параметры идентификации принимают вид

$$f_2(t_1, t_2) = \sum_{z=1}^{n_2} R_j \varphi_{z2}(t_1, t_2), \quad (7)$$

где  $\varphi_{z2}$  – линейно независимая функция, идентифицирующая использование ресурсов при реализации плана погрузки.

При реализации плана погрузки с учетом оперативного управления перевозками в большинстве случаев имеет место интегральная невязка выходов плановой стратегии и состояния подсистем станции по результату выполнения плана погрузки и использования ресурсов станции. Эта невязка может быть описана квадратичным функционалом

$$G(t) = \int_0^T \left[ \sum_{z=1}^{n_1} f_1 y_{z1}(t_1) + \sum_{z=1}^{n_2} f_2 y_{z2}(t_2) - n_{\text{пр}}(t) \right]^2 dt, \quad (8)$$

$$\text{где } y_{z1}(t_1) = \int_0^T f_1 y_{z1}(\tau_1) p_i(t_1 - \tau_1) d\tau; \quad (9)$$

$$y_{z2}(t_2) = \iint f_{z2}(\tau_1, \tau_2) p_i(t_1 - \tau_1) p_i(t_2 - \tau_2) d\tau_1 d\tau_2. \quad (10)$$

Этот вид невязок в настоящее время выступает одной из причин перерасхода ресурсов на выполнение погрузки. Поэтому приведенный функционал хорошо описывает ожидаемые технологические состояния объектов станции при выполнении и обеспечении погрузки наличными ресурсами. Такие невязки рассчитываются с учетом исходного ряда идентифицируемого груза и оптимального привлечения ресурсов железной дороги в целом и станции (первичного объекта): подвод порожних вагонов требуемой номенклатуры, обеспечение маневровых передвижений, выделение ресурсов информационной подсистемы, использование технологического ресурса инфраструктуры, привлечение трудовых ресурсов в необходимом количестве и требуемой квалификации и т. д.

При выборе опорных функций в условиях планирования погрузки в системе оперативного управления из ЦУПа следует учитывать, что для достижения параметрической оптимизации использования ресурсов железной дороги при планировании погрузки на железной дороге параметризация задачи должна удовлетворять следующим двум требованиям:

$$f_i(t_1, \dots, t_i) = 0, \quad \forall t < 0, \quad i \in [1, t_{\text{пл}}]; \quad (11)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f_i(t_1, \dots, t_i) = 0, \quad \forall t < 0, \quad i \in [1, t_{\text{пл}}] \text{ при } t_i \rightarrow \infty. \quad (12)$$

С учетом баланса погрузочных ресурсов устанавливается требуемый объем остальных ресурсов: трудовых (техническое обслуживание вагонов грузового парка; выполнение грузовых операций и оформление грузов; дежурный персонал станции и др.); топливно-энергетических (топливо на маневровые передвижения тепловозов; освещение рабочих площадей, используемых при выполнении погрузки); технических (использование маневрового локомотива, путейой инфраструктуры и т. д.) и финансовых.

При этом все виды ресурсов могут быть оценены материально путем использования расходных ставок по измерителям:

– вагоно-часы простоя вагона на станции при

Получено 10.11.2009

**A. A. Mikhailchenko.** Improvement of loading resources management in conditions of functioning transport management centre.

The article contains some suggestions on construction and functioning of a new structure of transport management. The structure is directed with the help of Transport Management Centre (TMC). The author focuses on the two-level model of loading resources management taking into consideration the three-level model of administrative control of technological resources. The restrictions rendering negative influence on an effective utilization of resources are allocated to prevent from overestimated costs received at creation, and especially at operation of the two-level control system. The author develops some models which reflect the condition and the subsequent behaviour of hierarchical system of transport management to substantiate the control system in conditions of functioning TMC. The industrial-work cycles, connected by resource consumption at the linear enterprises of cargo work from TMC are considered. The significance value of the information on loading resources, the order of their identification and productivity is given.

формировании подач на грузовые фронты и в период проведения технологических операций до отправления погруженного вагона;

- погруженные тонны;
- тепловозо-часы маневровых передвижений;
- использование одного километра станционной инфраструктуры продолжительностью один час.

Таким образом, все ресурсы могут быть оценены как потребные расходы в денежной форме, и по результатам сравнительной оценки с ожидаемыми доходами можно сделать вывод о том, что ресурсы станции привлечены оптимально при условии превышения доходов над расходами и, наоборот, об их завышении при наличии дефицита денежных ресурсов.

**Выводы.** Обеспечение ресурсами плана погрузки на железной дороге носит сложный параметрический характер, который может иметь адекватное формализованное описание.

Применение расширенного определения понятия «погрузочные ресурсы» обеспечивает описание порядка регламентированного использования материальных средств в перевозочном процессе, позволит выполнить расчет по уменьшению стоимости начально-конечных операций, составляющей сегодня трёхкратную величину от стоимости движущихся операций по передвижению грузов. Такое соотношение расходов на выполнение начально-конечных операций и передвижение грузов связано с нерациональным использованием ресурсов железной дороги всех видов на начальной стадии перевозочного процесса – погрузке.

#### Список литературы

- 1 Деннис, Д. К. Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений / Д. К. Деннис, Р. М. Шнабель. – М. : Мир, 1988. – 256 с.
- 2 Михальченко, А. А. Совершенствование взаимодействия видов транспорта при наличии ограничений использования коммуникаций / А. А. Михальченко // Развитие региональных транспортных коммуникаций : сб. науч. тр. – Красноярск : КТУ, 2005. – С. 205–209.
- 3 Михальченко, А. А. Инвестирование в подвижной состав и развитие технических устройств в условиях ограниченных ресурсов железной дороги / А. А. Михальченко // Проблемы оценки эффективности инвестиций и инноваций на железнодорожном транспорте : материалы науч.-метод. конф. – СПб. : ПГУПС, 2001. – С. 23–25.
- 4 Растрингин, Л. А. Введение в идентификацию объектов управления / Л. А. Растрингин, Н. Е. Меджерев. – М. : Энергия, 1977. – 316 с.