

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИНТЕРМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Д. А. Ломаш (Ростов-на-Дону)

Специфика рынка и тенденции развития экономики России существенно изменили и усложнили задачи транспорта. В условиях планово-административной экономики грузопотоки характеризовались большой интенсивностью и объемом. Существование централизованного планирования и распределения грузопотоков в соответствии с производственными результатами различных отраслей народного хозяйства обеспечивало равномерное формирование и передвижение грузов по дороге.

В период становления рыночных отношений наблюдался спад объемов перевозок, но значительно увеличилась неравномерность поступления грузов на дорогу. Следствием этого является возникновение двух типов состояний припортовых терминалов:

- *периодов перегруженности*, в течение которых происходит накопление и простой составов на подходах к транспортным узлам;
- *периодов снижения объемов перевалки*, что является причиной финансово-экономических потерь дороги.

Это негативно влияет на качественную сторону перевозочного процесса.

В декабре 2001 – январе 2002 года на подходах к морским терминалам и припортовым станциям простаивало до четырехсот составов с грузами. Обычная практика решения подобных проблем – введение конвенционных запретов на погрузку в адрес того или иного порта. Негативной стороной вышеуказанного подхода является переориентировка части груза на порты-конкуренты сопредельных государств.

Одним из основных нормативных показателей логистических процессов дороги является оборот вагона рабочего парка. Общеизвестно [1], что *оборотом вагона* называется среднее время нахождения на дороге вагона с момента поступления под выгрузку до окончания ее. Оборот вагона рабочего парка рассчитывают по формуле:

$$\bar{v} = \frac{1}{24} \left[\frac{l_0}{\bar{V}_y} + \bar{K}_{техн} \bar{t}_{техн} + 2\bar{t}_{зр} \right], \quad (1)$$

где l_0 – среднее расстояние общего рейса,

\bar{V}_y – средняя участковая скорость,

$\bar{K}_{техн}$ – среднее число технических станций, которое проходит вагон за время своего оборота,

$\bar{t}_{техн}$ – средний простой вагона на одной технической станции, определяемый по статистическим данным,

$\bar{t}_{зр}$ – среднее время простоя вагона на станциях погрузки и выгрузки, в среднем приходящееся на одну грузовую операцию.

Из формулы можно выделить три составляющие:

1. среднее время нахождения вагона в поездах на участках;
2. средний простой вагона на технических станциях, которые вагон проходит за время своего оборота;
3. среднее время простоя вагонов на станциях погрузки и выгрузки.

Использование средних показателей являлось достаточным условием эффективного анализа деятельности железных дорог при равномерных грузопотоках. Проведенный автором статистический анализ данных о грузопотоках экспортных грузов за 2002–2003 годы показал, что коэффициент вариации поступления вагонов на припортовую станцию близок к единице, что свидетельствует о высокой степени неравномерности. В данной ситуации, особенно для оперативного управления, использование в качестве составляющих формулы (1) средних значений не целесообразно, т. к. при столь высокой степени неравномерности одной характеристики случайной величины явно недостаточно.

Одним из методов оценки параметров логистической системы является имитационное моделирование. Имитация позволяет производить искусственно динамические эксперименты с моделью системы и тем самым заменить прямое аналитическое решение проблемы.

Для оценки эффективности логистических процессов дороги разработана имитационная модель подвода экспортного груза к припортовой станции (на примере станции Новороссийск), которая позволяет моделировать показатели эффективности в динамике с учетом стохастического характера процессов:

- оборот вагона рабочего парка;
- выгрузку на припортовой станции;
- погрузку на дороге;
- получение груза по стыкам в адрес припортовой станции;
- коэффициент использования выгрузочных мощностей припортовой станции;
- время выгрузки на припортовой станции.

Методы расчета логистических показателей транспортных систем, основанные на теории массового обслуживания, чаще всего оперируют так называемым простейшим потоком [2], обладающим свойствами ординарности, стационарности и отсутствием последействия. Замена реальных транспортных потоков на простейшие или какие-либо другие (распределения Пуассона, Эрланга, Пирсона), для которых хорошо разработан математический аппарат, снижают точность оценки параметров системы.

Реальный транспортный поток является динамичным по своей природе [3]. В нем необходимо различать несколько видов неравномерностей, основными из которых являются:

- временная неравномерность (колебания сезонные, по дням недели, внутрисуточные и др.);
- пространственная неравномерность, специфичная для каждого вида перевозок (пригородные, дальние пассажирские и грузовые).

Аппарат имитационного моделирования позволяет, в качестве законов распределения элементов входных потоков, задавать эмпирические функции распределения вероятностей реальных процессов, получаемых статистическими методами. Данный подход позволяет снизить ошибки, связанные с неравномерностью входных потоков, и получить модель достаточно адекватную реальным условиям.

Рассмотрим связный неориентированный граф $G(S, E)$, описывающий топологию полигона для расчета оборота экспортного вагона (рис. 1).

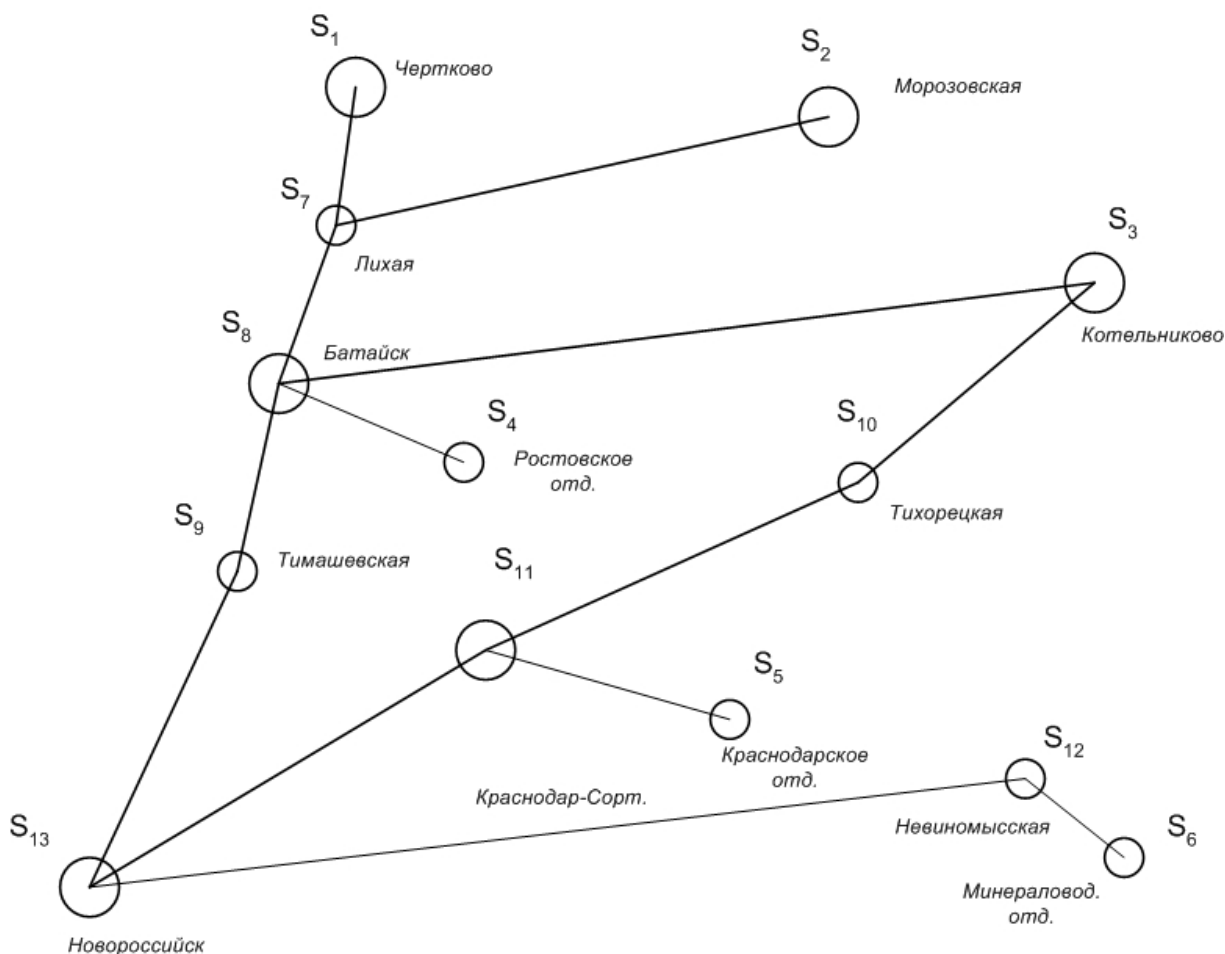


Рис. 1. Полигон для расчета оборота экспортного вагона

$S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ – неупорядоченное множество транспортных узлов.

Множество S можно разбить на три подмножества:

$S = S_E \cup S_T \cup S_P$, где

S_E – множество начальных узлов грузопотока (представляют собой стыки и внутренние отделения дороги),

$S_E = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6\}$;

S_T – множество транзитных узлов (станции, на которых происходит технический контроль вагонов),

$S_T = \{S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12}\}$;

S_P – множество конечных узлов (порты),

$S_P = \{S_{13}\}$.

Каждой дуге $e_{ij} \in E$ графа $G(S, E)$ поставим в соответствие две вещественные характеристики v_{ij} (скорость на участке $S_i S_j$) и r_{ij} (длина участка $S_i S_j$).

Как указано выше, классические методы расчета оборота вагона, применяемые в практике управления эксплуатационной работой, опираются на средние значения показателей, что не учитывает неравномерность перевозок и, следовательно, не обеспечивает процесс принятия решений адекватной информацией. Поэтому ряд переменных функционирования имитируемой системы, влияющих на показатель оборота вагона, определены в модели как вероятностные величины с соответствующими законами распределения.

Для каждого элемента множества S_E определим эмпирические функции распределения двух переменных:

поступление вагонов через данный узел $F(x)$;

время обработки вагона под 1 грузовой операцией $F(t)$.

Аналогично, для каждого элемента множества S_T определим эмпирические функции распределения:

$F_{пер}(t)$ – простой вагона на транзитной станции с переработкой;

$F_{без}(t)$ – простой вагона на транзитной станции без переработки.

Функция распределения вероятности времени выгрузки вагона на припортовой станции $F(\tau)$ определяется для каждого элемента множества S_P . Также для элементов множества S_P поставим в соответствие вероятность распределения случайной величины $N_{выгр}$ – количество вагонов, которые выгружает станция за сутки.

Основой для построения эмпирических функций распределения являются репрезентативные выборки.

Шаг моделирования определен в размере одного часа, что достаточно детально отображает процесс движения и обработки грузопотоков.

В качестве инструмента моделирования был использован язык GPSS в реализации GPSS World Student Version for Windows.

Для оценки адекватности модели результаты прогонов с различными вариантами последовательностей случайных чисел сравнивались с расчетным показателем оборота вагона за текущий год.

Выводы. Работа логистической системы Северного Кавказа в части доставки грузов железнодорожным транспортом к портам и взаимодействия железнодорожного и морского транспорта, в настоящих условиях, характеризуется значительной неравномерностью поступления грузов на дорогу. Поэтому подход к прогнозированию и расчету основных показателей эффективности такой логистической системы, основанный на средних значениях поступления грузов, не может адекватно отображать реальные показатели. Для повышения точности оценок предлагается использовать методы имитационного моделирования. Разработанная имитационная модель позволяет выполнять оценку эффективности логистических процессов для транспортных потоков, коэффициент вариации которых достаточно высок.

Литература

1. П.С. Грунтов, Ю.В. Дьяков, А.М. Макаровичкин и др. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов/Под ред. П.С. Грунтова. – М.: Транспорт, 1994 г. – 543 с.
2. Таха Х.А. Введение в исследование операций, 6-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 912 с.
3. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С. Моделирование транспортных систем.– М.: Транспорт, 1972, с. 208.