

Г. И. ПЕРЕСТА, Ю. В. ЧИБИСОВ (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна)

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ

У статті наведено аналіз сучасного стану у сфері управління вагоно- і поїздопотоками, а також аналіз сучасних закордонних методів пропуску поїздопотоків по мережі залізниць та у залізничних вузлах.

В статье приведен анализ существующего состояния в сфере управления вагоно- и поездопотоками, а также анализ современных зарубежных методов пропуску поездопотоков по сети железных дорог и в железнодорожных узлах.

There has been given the analysis of the present state of the Ukrainian railways and contemporary situation in the sphere of the train running management. The analysis of the foreign methods of the running the train flow through the railway line has been researched as well.

Введение. На протяжении десятков лет недостаточная развитость инфраструктуры железнодорожного транспорта была причиной максимального использования ее пропускной способности.

Рыночная экономика существенно меняет требования к железнодорожному транспорту: возрастает роль экономических критериев и увеличивается динамика экономических связей. Чтобы соответствовать этой динамике, железнодорожный транспорт должен обеспечивать полноценное экономическое взаимодействие поставщиков и потребителей за счет управления грузопотоками [13] при рациональном использовании пропускных и перерабатывающих способностей инфраструктуры [3, 7, 14]. Таким образом, рыночная экономика требует смены технологии перевозок, что влечет за собой изменение основных функций управления перевозками и организационных форм управления [12, 15], корректировку направлений исследований и психологическую перестройку как транспортников-ученых, так и транспортников-производственников.

Современный этап реформирования железнодорожного транспорта проходит при глубоких изменениях, затронувших как саму железнодорожную отрасль, так и грузо-образующую среду. При этом существенным образом меняются требования к процессам информатизации и автоматизации. Оперативный анализ ситуации на большом полигоне при наличии огромных оперативных баз данных требует создания автоматизированных аналитических систем [1, 2]. В свою очередь, выбор оптимального дина-

мического процесса требует специальных динамических моделей организации перевозки.

Переход к новым методам организации перевозочного процесса невозможен без оценки международного опыта в этой сфере [5,11], как стран ближнего зарубежья (Россия, страны Балтии), так и дальнего (Канада, США).

В работах зарубежных авторов [4, 6] большое внимание уделяется определению эффективности работы транспорта в условиях неравномерности производственных процессов и построению рациональной маршрутной сети. Для этого широко используются различные экономико-математические методы моделирования и, в частности, компьютерное моделирование. Профессор Высшей школы транспорта в Дрездене Г. Поттгофф еще в середине прошлого столетия опубликовал ряд интересных работ по теории транспортных потоков, предложил новые методы расчета пропускной способности железнодорожных станций и узлов с учетом неравномерных потоков.

Для количественной оценки неравномерности движения поездов во времени он предложил учитывать «*der Spirzenfaktor*» («пик-фактор») – коэффициент, рассчитываемый как отношение максимального потока к его среднему значению. Временные параметры Г. Поттгофф стремился увязать со стоимостными показателями маршрутных сетей. Исследуя эффективность различных видов транспорта, он предложил для измерения перевозочной работы показатель «транспортного действия», который одновременно учитывает массу, путь и скорость движения транспортных средств. Этот

показатель, по Поттгоффу, должен определяться как произведение тонно-километровой работы на скорость. При этом появлялась возможность через показатель «транспортное действие» учесть затраты по перевозке и таким образом более рационально подходить к выбору вариантов и режимов организации потоков в транспортных сетях. С аналогичными предложениями выступали и некоторые советские экономисты.

При расчете потенциальной пропускной способности транспортных сетей используется и методология Форда-Фалкерсона [6], основанная на решении задачи о максимальном потоке. На схеме сети (графе) заданы число участков, конечных станций, промежуточных узлов, а также пропускная способность каждого участка.

В поле расчета выводится матрица решений по определению загрузки каждого участка и сети в целом. Особенность данного метода состоит в том, что по каждому участку пути, включая железнодорожные станции, задаются ограничения пропускной способности. Определяется вариант распределения потоков по критерию максимум пропускной (провозной) способности сети. Однако при проектировании реальных транспортных систем, в которых выбор маршрутов осуществляется не случайным образом, а зависит от предпочтений конкретных участников процесса управления – поездных, маневровых и локомотивных диспетчеров и принимаемых ими решений, достижение максимального потока, рассчитанного методом Форда-Фалкерсона, практически невозможно. Более точные результаты могут быть получены методами имитационного моделирования с учетом ряда неуправляемых параметров и задания характеристик случайных процессов.

В своих исследованиях зарубежные ученые часто применяют теорию вероятностей, теорию графов и другие разделы прикладной математики. В ряде имитационных моделей учитывается фактор «ограниченной пропускной способности» (Capacity Restraint CR-function).

Зарубежные специалисты по имитационному моделированию учитывают в расчетах взаимосвязь технико-эксплуатационных и экономических показателей. Стоимость перевозки часто является определяющим фактором при выборе маршрута в сложных разветвленных транспортных сетях. Для этого применяется показатель «сопротивления (импеданса) маршрута». Сопротивление маршрута определяется суммой сопротивлений конечных и проме-

жуточных пунктов, участков пути, а также сопротивлений, вызываемых взаимодействием элементов маршрута.

Для выбора оптимального распределения поездопотоков на разветвленных полигонах разработана методика, базирующаяся на теории графов и потоков в сетях. Суть ее состоит в том, что схема путевого развития диспетчерского круга дорожного диспетчера или полигона дороги представляется в виде графа, на котором каждому участку приведена в соответствие его пропускная способность.

Для регулирования насыщения участков поездами вводится понятие пропускной способности разветвленного полигона. Для этого используем термин теории сетей – разрез. Разрез определяется как множество участков, исключение которых из сети изолирует источник (станцию 1) от стока (станцию 15). Он проходит по участкам с максимальным использованием пропускной способности (штрихпунктирная линия на рис. 1). Сумма наличной пропускной способности участков, входящих в разрез, составляет пропускную способность разветвленного полигона сети железных дорог, которая в данном случае равна $30 + 35 + 60 = 125$ поездов в сутки.

При поступлении по стыковой станции от одного до 60 поездов в сутки они пропускаются по кратчайшему маршруту следования 1–4–8–11–13–15, а более 60 поездов – распределяются по сети, совершая вынужденный дополнительный пробег. Например, при потоке от 61 до 90 поездов в сутки, т.е. от одного до 30 поездов в сутки сверх пропускной способности кратчайшего пути следования, они направляются кружностью по маршруту 1–2–5–9–11–13–15 с дополнительным пробегом и т.д. Если пропускная способность остается неизменной, нет необходимости каждый раз проводить расчеты.

Для каждого круга дорожного диспетчера целесообразно разработать таблицу с очередностью распределения поездопотоков при превышении пропускной способности кратчайшего пути следования. При разработке таких таблиц необходимо технико-экономически обосновывать эффективность использования обходных путей следования.

Для реализации рассмотренных возможностей регулирования насыщения участков необходимо, чтобы число поступающих поездов не превышало пропускной способности разветвленного полигона железной дороги круга дорожного диспетчера.

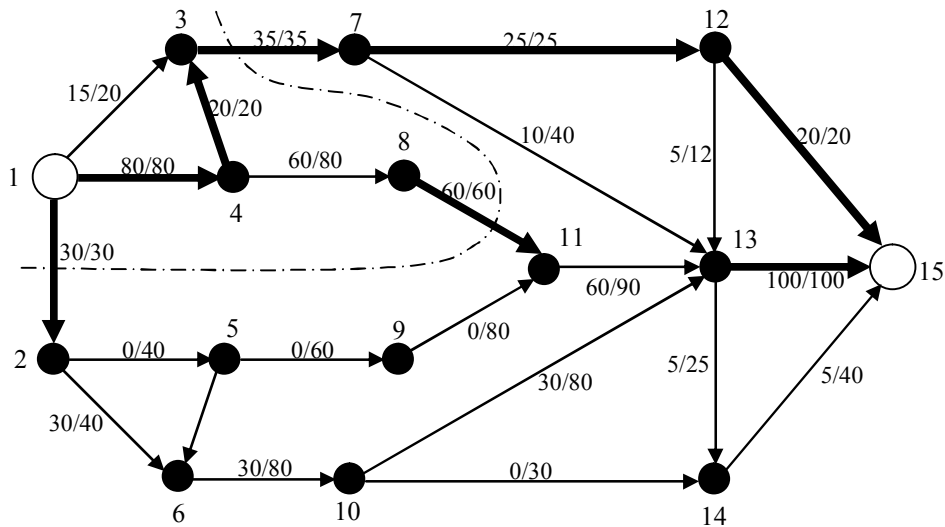


Рис. 1 – Граф разветвленного перегона

Организация местной работы и оперативное планирование выгрузки должны быть подчинены своевременному поступлению вагонов на станции назначения и наиболее полному обеспечению ниток подач на грузовой фронт вагонами, чтобы размер выгрузки был максимальный.

Математическую постановку такой задачи можно сформулировать в терминах распределения потоков на графах [5, 7, 9]. Математической моделью организации работы с местными вагонами служит взвешенный граф, «весом» вершин первой доли которого является прогнозное время прибытия вагонов на станцию. При этом нумерация вершин возрастает в течение планируемого периода (например, смены, суток). «Весом» вершин третьей доли графа является время подачи вагонов на грузовой фронт, которое определяется делением продолжительности планируемого периода на время выполнения грузовых операций.

Для своевременного обеспечения графика подач вагонов на грузовой фронт строится искомая вторая доля графа, «веса» вершин которой характеризуют необходимые моменты времени поступления вагонов на станцию. Они могут совпадать с прогнозным временем при своевременном прибытии или же потребуются обеспечить более раннее прибытие вагонов на станцию. В этом случае «вес» вершин (время прибытия) определяется разностью времени подачи вагонов на грузовой фронт по графику и необходимого на выполнение технологических и маневровых операций.

Таким образом, задача отыскания «весов» вершин второй доли графа сводится к синтезированию дуг, соединяющих вершины различных долей графа, и вычислению потоков на них

для реализации решения между истоками (прогнозное прибытие вагонов на станцию) и стоками графа (заявки на подачу вагонов под выгрузку в планируемый период) при достижении на множестве дуг этого графа экстремума функционала. При этом необходимо упорядочить поток прибытия вагонов на станцию, с тем чтобы обеспечить максимально возможный размер выгрузки и определить требуемый для этого график их поступления. Оптимальному графику поступления вагонов на станцию соответствует нахождение «весов» вершин второй доли графа.

В деятельности диспетчеров значительную часть времени занимает фиксация прошедших или происходящих событий, которыми уже невозможно управлять. Часто планируемые поездопотоки превышают пропускную способность участков, а поступающие вагонопотоки – перерабатывающие способности сортировочных станций; количество формируемых больше, чем можно своевременно обеспечить локомотивами и локомотивными бригадами; местные вагоны поступают на станции выгрузки несвоевременно, из-за чего грузовые фронты простаивают в ожидании вагонов или вагоны – в ожидании подачи и т.д.

Заблаговременное сопоставление потребностей и возможностей пропуска поездов и переработки вагонов их в соответствие друг другу – главная и общая задача диспетчерского руководства на разных уровнях управления. Для заблаговременного ее решения необходим прогноз предстоящих событий, развития эксплуатационной работы.

Для того чтобы не допускать перенасыщения участков поездами, одних усилий поездного диспетчера недостаточно, так же как и для

обеспечения равномерного прибытия и своевременного отправления поездов с сортировочной станции – возможностей маневрового диспетчера. Решать эти задачи должен диспетчерский аппарат всех уровней управления. Для этого необходима единая сквозная технология управления перевозочным процессом [10, 16, 17, 18], исключающая дублирование функций за счет дифференциации информационного обеспечения на разных уровнях управления. Например, поездной диспетчер должен руководить движением поездов на участке и для этого вести пониточный график исполненного движения поездов, дорожный диспетчер – распределять поездопотоки и вести график по часовым периодам, региональный диспетчер – управлять размещением вагонных парков и вести поездное положение на более продолжительные периоды.

Выводы. Единой сквозной технологией перевозочного процесса должны регламентироваться поездная, сортировочная, местная и грузовая работа сети, направлений, участков и станций. Современные технологические процессы, выполняемые соответственно на участках, станциях, грузовых фронтах, содержат две составляющие: последовательность операций и нормы времени. Для того чтобы в оперативной работе добиваться реализации требуемых количественных и качественных показателей, часто этих двух составляющих оказывается недостаточно. Для выполнения показателей сменно-суточного плана и нормативов технологических документов еще дополнительно необходимо создание оптимальных условий эксплуатационной работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобровский, В. И. Информационные технологии в проектировании железнодорожных станций и узлов [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко // *Заліз. трансп. України*. – 1999 – №6 (15) – С.6–10.
2. Бочаров, А. П. Создание автоматизированных центров управления перевозками [Текст] / А. П. Бочаров // *Заліз. трансп. України*. – 2001. – №4 – С.17–19
3. Ададулов, С. Е. Перевозочный процесс: направления инновационного развития [Текст] / С. Е. Ададулов // *Железнодорожный транспорт* – 2007. – №10 – С.18–19
4. Поттгофф, Г. Теория транспортных потоков. [Текст] / Г. Поттгофф. – Берлин. – 1968. – 618 с.

5. Юнушкин, А. А. Распределение потоков в транспортных сетях (зарубежный опыт) [Текст] / А. А. Юнушкин // *Вестник транспорта*. – 2007. – №12. – С. 31–34
6. Форд, Л. Р. Потоки в сетях [Текст]: [пер. с англ.] / Л. Р. Форд, Д. Р. Фалкерсон. – М.: Мир, 1966. – 372 с.
7. Ковалев, В. И. Совершенствовать организацию и управление вагонопотоками [Текст] / В. И. Ковалев, А. Т. Осьминин // *Железнодорожный транспорт*. – 2005. – № 10 – С. 29–33.
8. Авеkitян, М. А. Совершенствовать систему показателей эксплуатационной работы [Текст] / М. А. Авеkitян // *Железнодорожный транспорт*. – 2005. – № 10 – С. 10–18.
9. Липовец, Н. В. Удосконалення організації пропускання вагонопотоків [Текст] / Н. В. Липовец // *Заліз. тран. України*. – 2001. – № 4. – С. 15–16.
10. Тулупов, Л. П. Оптимизация управления перевозками на линейном уровне [Текст] / Л. П. Тулупов // *Железнодорожный транспорт* – 2003. – № 8. – С. 34–37.
11. Миронов, А. Ю. Перевозочному процессу – инновационные технологии [Текст] / А. Ю. Миронов // *Железнодорожный транспорт*. – 2004. – № 8. – С. 26–31.
12. Лемешко, В. Г. Повышать эффективность использования подвижного состава [Текст] / В. Г. Лемешко // *Железнодорожный транспорт*. – 2003. – № 8 – С. 21–25.
13. Левин, Д. Ю. Оптимизация потоков поездов / [Текст] / Д. Ю. Левин. – М.: Транспорт, 1988. – 175 с.
14. Макаровичин, А. М. Использование и развитие пропускной способности железных дорог / [Текст] / А. М. Макаровичин, Ю. В. Дьяков – М.: Транспорт, 1981. – 287 с.
15. Бородин, А. Ф. Новые инструктивные указания по организации вагонопотоков [Текст] / А. Ф. Бородин // *Железнодорожный транспорт* – 2007. – № 10. – С. 24–28.
16. Елисеев, С. Ю. Концепция управления грузовыми перевозками в транспортных узлах с применением логистических центров [Текст] / С. Ю. Елисеев // *Вестник транспорта*. – 2006. – № 2 – С. 12–14.
17. Елисеев, С. Ю. Концепция управления грузовыми перевозками в транспортных узлах с применением логистических центров / [Текст] / С. Ю. Елисеев // *Вестник транспорта*. – 2006. – № 3. – С. 26–29.
18. Елисеев, С. Ю. Концепция управления грузовыми перевозками в транспортных узлах с применением логистических центров [Текст] / С. Ю. Елисеев // *Вестник транспорта*. – 2006. – № 4. – С. 32–34.

Поступила в редколлегию 10.02.2011.

Принята к печати 17.02.2011.