

Модели полигона доставки массовых грузов



Дмитрий РУБЦОВ

Dmitry V. RUBTSOV

Рубцов Дмитрий Валерьевич — студент Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Исследована организация поездной работы полигона доставки массовых грузов к грузопереваляльным комплексам с использованием имитационного моделирования перевозочного процесса. Выявлены потребные емкости путевого развития станций, предложены оптимальные варианты управления отправлением и подводом поездов. Автор отмечает определенные закономерности, свойственные станционным условиям. В частности, при увеличении времени следования маршрутных поездов падает эффективность управления их отправлением на станции примыкания путей предприятия. А в случае минимизации путевого развития на припортовой станции приоритет управлять отправлением получает техническая станция.

Ключевые слова: железная дорога, перевозочный процесс, поездная работа, полигон доставки, имитационное моделирование, регулирование отправления, емкости станций, оптимизация управления.

Для анализа работы полигона доставки массовых грузов к грузопереваляльным комплексам была построена имитационная модель и осуществлено моделирование процесса от подъездных путей предприятий грузоотправителей до портовых разгрузочных терминалов. При этом использованы различные методы управления отправлением поездов с промежуточных станций. А основными задачами являлись: а) расчет потребной емкости путевого развития станций; б) выбор оптимальных вариантов регулирования отправления по нескольким критериям и при измененных длинах участков между станциями; г) нахождение оптимального варианта регулирования отправления при ограниченном путевом развитии.

За основу был взят укрупненный железнодорожный полигон доставки грузов в морской порт (рис. 1), включающий:

- три предприятия грузоотправителя с подъездными путями;
- три станции, к которым примыкают подъездные пути предприятий;
- техническую станцию, являющуюся местом слияния поездопотоков, движущихся в направлении порта;

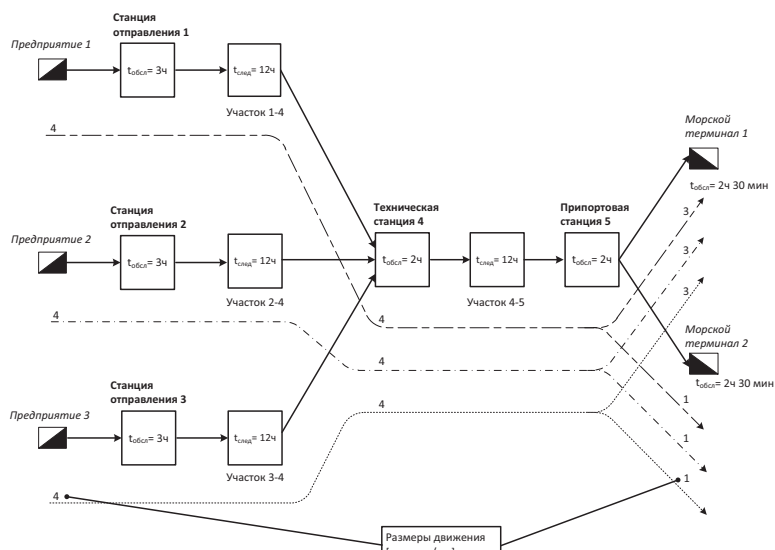


Рис. 1.

Таблица 1

	Математическое ожидание		Коэффициент вариации
Предприятия 1,2,3	6 ч		0,6
Станции 1,2,3	3 ч		0,2
Станции 4,5	2 ч		0,3
	Минимальное значение	Среднее значение	Максимальное значение
Морские терминалы 1,2	2 ч	2 ч 30 мин.	6 ч 48 мин.

- припортовую станцию, распределяющую поступающий поездопоток в направлении одного из терминалов;
- два разгрузочных терминала.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МОДЕЛЬ ПОЛИГОНА

В качестве исходных для построения модели полигона были определены:

- интервалы поступления груженых маршрутных поездов с путей предприятий грузоотправителей;
- длительности обслуживания составов груженых маршрутных поездов на станциях;
- время следования поездов по участкам;
- длительности выгрузки составов маршрутных поездов на терминалах.

Значения исходных данных приведены на рис.1.

Интервалы поступления поездов от грузоотправителей заданы с использованием Гамма-закона, а время обслуживания поездов на станциях, следования по участкам и длительность выгрузки на термина-

лах задавались с учетом треугольного распределения (таблица 1).

В модели применялись три варианта управления отправлением со станций полигона:

1. По готовности.

Поезда отправляются по мере окончания их обработки бригадой в порядке очереди, когда первый вошедший будет первым вышедшим.

2. Равномерное.

Поезда отправляются после их обработки бригадой лишь тогда, когда появляется ближайшая свободная нитка графика движения поездов.

3. Управляемое.

Сначала поезд обрабатывается на станции бригадой, затем ожидает свободную нитку графика движения поездов. Когда свободная нитка появляется, производится проверка: количество маршрутных поездов рассматриваемого назначения на морском терминале под выгрузкой, на соединительном пути к терминалу и на припортовой станции не должно превышать заданное число.



Таблица 2

Отправление со станций, к которым примыкают подъездные пути предприятий		Отправление с технической станции
По готовности (в ритме выдачи с предприятий погрузки)	1.	По готовности (в ритме поступления с прилегающих участков)
	2.	Равномерное
	3.	Управляемое ситуацией на морских терминалах и припортовой станции
Равномерное	4.	По готовности (в ритме поступления с прилегающих участков)
	5.	Равномерное
	6.	Управляемое ситуацией на морских терминалах и припортовой станции
Управляемое ситуацией на морских терминалах и припортовой станции	7.	По готовности (в ритме поступления с прилегающих участков)
	8.	Равномерное
	9.	Управляемое ситуацией на морских терминалах и припортовой станции

Таблица 3

Метод организации отправления поездов	Кол-во путей	По готовности с технической станции	Равномерное с технической станции	Управляемое с технической станции
По готовности со станций примыкания путей предприятий	Станции примыкания путей предприятий	1	1	1
	Техническая станция	3	3	8
	Припортовая станция	8	8	5
	Итого	14	14	16
Равномерное со станций примыкания путей предприятий	Станции примыкания путей предприятий	1	1	1
	Техническая станция	3	3	7
	Припортовая станция	5	6	4
	Итого	11	12	14
Управляемое со станций примыкания путей предприятий	Станции примыкания путей предприятий	2	2	2
	Техническая станция	3	3	4
	Припортовая станция	5	8	4
	Итого	14	17	14

Если это условие выполняется, то поезд отправляется, если нет, то проверяется возможность отправления по данной нитке графика поезда назначением на другой терминал.

В рамках исследования было рассмотрено девять комбинаций регулирования отправления поездов со станций (таблица 2).

Модель полигона представляет собой схему, состоящую из блоков, фиксирующих наличие предприятия, станции и участки. Кроме физически существующих элементов полигона, в ней также заданы блоки, отражающие присвоение назначения поезду на один из двух терминалов. Переход между блоками проис-

ходит мгновенно, а временные параметры используются только тогда, когда поезд находится внутри блока.

Блоки модели, обозначающие станции полигона, состоят из трех элементов, отображающих состояние поезда:

- ожидание обработки бригадой;
- осмотр состава бригадой;
- ожидание отправления поезда.

Каждое из этих состояний имеет свою статистику, а суммарное время нахождения в этих блоках показывает и время пребывания состава на станции в целом.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

1. Потребная вместимость путевого развития станций.

Таблица 4

Вариант	$t_{\text{след 1-4}}$	Участок	$t_{\text{след 4-5}}$	Участок
1	12 ч	Между станциями примыкания путей предприятий и технической станцией	12 ч	Между технической и припортовой станциями
2	24 ч		24 ч	
3	42 ч	Между станциями примыкания путей предприятий и технической станцией	6 ч	Между технической и припортовой станциями
4	36 ч		12 ч	

Используя модель полигона, был проведен ряд опытов, в результате которых установлены вместимости путевого развития станций при разных методах управления. Критерием оптимальности является общий размер путевого развития, когда поезда могут следовать по полигону, не создавая очереди на участках перед станциями. Полученные данные представлены в таблице 3.

В результате исследования было выявлено, что оптимальным вариантом регулирования будет равномерное отправление со станций примыкания путей предприятий, при отправлении поездов по готовности с технической станции, поскольку в таком случае, имея минимальное путевое развитие, можно эффективно использовать инфраструктуру.

2. Выбор оптимальных вариантов регулирования отправления по нескольким критериям и при измененных длинах участков между станциями.

Для отыскания закономерностей был проведен эксперимент с измененными длинами участков между станциями, что подразумевает изменение времени следования маршрутных поездов по участкам (таблица 4)

Все замеры произведены путем нескольких последовательных запусков модели, каждый из которых осуществлялся с разными значениями, выдаваемыми датчиком случайных чисел, что позволило сделать каждый расчет уникальным, а общую картину более точной.

Данный метод помогает при неизменных заданных параметрах проверить систему на устойчивость к незначительным сдвигам во временных интервалах поступления груженых отправительских маршрутов с предприятий. Каждый вариант протестирован 9 раз, поскольку такое количество последовательных запусков дает возможность судить о пра-

вильности выбранных размеров путевого развития достаточно точно.

Критериями оптимальности были выбраны:

1. Среднее время доставки грузов.
2. Общее количество путей на станциях полигона и терминалах.
3. Количество путей на припортовой станции. По итогам эксперимента составлена сводная таблица 5, в которой указаны все оптимальные варианты для каждого метода регулирования и каждого сочетания времен следования.

После анализа полученных данных были выявлены следующие закономерности:

При увеличении времени следования маршрутных поездов от станций примыкания путей предприятий до технической станции падает эффективность принятого способа управления отправлением на станциях примыкания. Это происходит из-за того, что с увеличением длины участков следования между станциями снижается возможность адекватно оценивать обстановку на полигоне.

В случае необходимости минимизации путевого развития на припортовой станции управлять отправлением надо на технической станции – таким образом, основная нагрузка на полигоне переложит на нее, разгрузив при этом припортовую зону.

Для достижения наименьшего размера общего путевого развития следует выбирать варианты с равномерным отправлением маршрутных поездов со станций, ибо именно этот способ позволяет распределить загрузку инфраструктуры по всему полигону.

3. Нахождение оптимального варианта регулирования отправления при ограниченном путевом развитии.



Таблица 5

[illegible]

Таблица 6

Отправление со станций примыкания путей предприятий	Отправление по готовности	Равномерное отправление	Управляемое отправление
Отправление с технической станции			
Отправление по готовности	49 ч 4 мин.	51 ч 35 мин.	45 ч 2 мин.
Равномерное отправление	49 ч 34 мин.	49 ч 50 мин.	49 ч 52 мин.
Управляемое отправление	50 ч 59 мин.	53 ч 28 мин.	49 ч 39 мин.

Суть связанного с этим эксперимента заключается в том, чтобы найти оптимальный вариант организации отправления маршрутных поездов на полигоне, при условии, что присутствует ограничение в путевом развитии:

- одним путем на станциях примыкания путей предприятий;
- тремя путями на технической станции;
- пятью путями на припортовой станции.

С помощью расчета было выявлено, что наиболее эффективным методом регулирования в данных условиях является управляемое отправление со станций примыкания путей необщего пользования и отправление по готовности с технической станции (таблица 6). Несмотря на малые размеры путевого развития на станциях, где осуществляется управление, и возникающие задержки поездов по неприему, время доставки оказалось наименьшим.

Еще одна закономерность, выявленная в результате эксперимента, заключается в том, что при заданных размерах путевого развития отправление по готовности и равномерное отправление остаются неэффективными, поскольку разброс времен доставки становится заметно большим и зависит от обстановки на полигоне. Малейшие задержки в поставках грузоотправителями могут привести к увеличенным срокам доставки, так как нагрузка на техническую и припортовую станции возрастет. Меньше всего подвержены этому методы, предполагающие управление отправление на станциях примыкания путей компаний-грузоотправителей, ибо при задержке там в случае необходимости маршрутных поездов снижается нагрузка на техническую станцию (рис. 2).

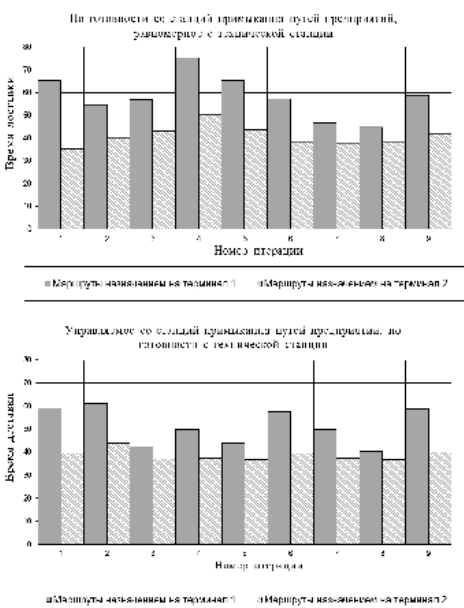


Рис. 2.

Выводы

1. При выявлении метода управления отправление со станций полигона, при котором основными факторами являются общий размер путевого развития и отсутствие задержек по неприему станциями — оптимальным регулированием становятся равномерное отправление со станций примыкания путей предприятий и отправление по готовности с технической станции. При этом достигается минимум суммарного числа приемо-отправочных путей на станциях примыкания, технической и припортовой станции.
2. При решении задачи минимизации времени доставки грузов к грузоперева- лочным комплексам эффективным ме- тодом следует считать управляемое от- правление со станций примыкания пу- тей грузоотправителей, при отпращивании





поездов с технической станции по готовности.

3. Для осуществления движения по полигону без простоя поездов из-за неприема станциями и при отправлении со всех станций по готовности (т. е. без управления) размеры путевого развития на припортовой станции должны быть увеличены на 60% по сравнению с минимальным (см. п.1) вариантом.

4. При ограничении путевого развития на минимальном (п.1) уровне оптимальным вариантом организации отправления поездов является управляемое отправление со станций примыкания путей необщего пользования, при отправлении по готовности с технической станции, так как время доставки будет минимальным, несмотря на задержки вывода поездов с путей грузоотправителей на станции примыкания.

5. В случае равномерного или управляемого отправления маршрутных поездов со станций погрузки отправление по готовности с технической станции по своей технологической сути становится продолжением следования поезда по согласованному расписанию. В слу-

чае равномерного или управляемого отправления маршрутных поездов со станций погрузки такое же отправление с технической станции по своей технологической сути является продолжением следования поезда по несогласованному расписанию. Этим объясняются дополнительные межоперационные простои и потребность в путевом развитии технической станции.

6. Данные закономерности, полученные методом имитационного моделирования полигона доставки грузов к грузо-перевалочным пунктам, можно считать устойчивыми для выбранного объема исходной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уманский В. И., Долганюк С. И. Механизмы качества планирования маршрутов // Мир транспорта. — 2012. — № 6. — С.94–100.
2. Левин Д. Ю., Вунна Тхан Тан. Оптимизация местной работы // Мир транспорта. — 2012. — № 6. — С.110–117.
3. Левин Д. Ю., Аунг Хейн Зо, Шмаль В. Н. Что необходимо для выполнения графика // Мир транспорта. — 2013. — № 1. — С.110–119.
4. Бородин А. Ф. Эксплуатационная работа железнодорожных направлений // Труды ВНИИАС. Выпуск 6. — М.: Бизнес-Проект, 2008. — 316 с.

MODELS OF THE POLYGONS OF BULK CARGO DELIVERY

Rubtsov, Dmitry V. – student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

The article deals with the study on organization of train operations within a polygon of bulk cargo delivery to the complexes of cargo transshipment, based on simulation of traffic process. The required capacities of track development at the stations are revealed and the optimum variants of control of departures and train advancement are proposed. The author determines

certain regularities inherent to station conditions. In particular, more is the transit time of scheduled trains, less is the efficiency of the control of their departures towards the stations adjacent to the track of customer enterprises. And if the port station has minimum of tracks, then the technical station has the priority to control the departures of trains.

Key words: railway, traffic process, train operation, polygon of delivery, simulation, departure control, station capacity, optimization of management.

REFERENCES

1. Umansky Vladimir I., Dolganuk Sergey I. Technique to increase quality of routes planning. *Mir Transporta* (World of transport and transportation) Journal, 2012, Vol.44, Iss. 6, pp. 94-100.
2. Levin Dmitry Yu., Wunna Than Htun. Optimization of local operations. *Mir Transporta* (World of transport and transportation) Journal, 2012, Vol.44, Iss. 6, pp. 110-117.
3. Levin Dmitry Yu.1, Zaw Aung Hein, Shmal Vadim. What is necessary to respect the schedule. *Mir Transporta* (World of transport and transportation) Journal, 2013, Vol.45, Iss. 1, pp. 110-119.
4. Borodin A.F. Operation work in railway. The works of VNIAS, iss.6. Moscow, closed corporation Business Project, 2008, 316 p.

Координаты автора (contact information): Рубцов Д. В. (Rubtsov D. V.) – dmitriy.rubtsov@gmail.com.
Статья поступила в редакцию / received 05.07.2012
Принята к публикации / accepted 19.07.2012