

**ТЕХНОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БОЛЬШИХ ПОЛИГОНОВ  
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ НА ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ**

Лауреат государственной премии, доктор техн. наук, профессор **Козлов П.А.**

(Научно-производственный холдинг «Стратег»),

доктор эконом. наук **Козлова В.П.**

(Научно-исследовательская фирма «Аналитические и управляющие системы на транспорте»),

**Кол С.Н.**

(Центр научно-технической информации и библиотек – филиал ОАО РЖД)

**TECHNOLOGY FOR RESEARCH OF LARGE RAILWAYS NETWORKS  
ON SIMULATION MODELS**

**P.A. Kozlov**, Laureate of State Prize, Doctor (Tech.), Professor

(Scientific and Production Holding “Strateg”),

**V.P. Kozlova**, Doctor (Econ.)

(Scientific and Research Firm “Analytic and Management Systems in Transport,”

**S.N. Kol**

(Centre for Scientific and Technical Information and Libraries – Branch of OJSC RZhD)

*Полигоны железных дорог, приоритетные поезда, пропускная способность, маршрутная скорость, задержки, имитационные модели.*

*Railways Networks, priority trains, throughput, route speed, delays, simulation models.*

*Рассматривается проблема расчета больших полигонов железнодорожного транспорта, в том числе для оценки инфраструктурных проектов их развития. Обсуждается технология макромоделирования, кратко описывается имитационная система ИМЕТРА, ориентированная на расчет полигонов из нескольких сот станций, и модель полигона Кузбасс - Усть-Луга. В качестве примера расчетов приводятся результаты оценки влияния поездов по расписанию на работу полигона.*

*The article deals with the problem of calculating large ranges of railway transport, including for assessing infrastructure projects for their development. The technology of macromodeling is discussed, the IMETRA simulation system, focused on the calculation of polygons from several hundred stations, and the model of the Kuzbass-Ust-Luga polygon are briefly described. As an example of calculations, the results of evaluating the influence of trains on the schedule on the operation of the landfill are given.*

## **1. Задачи исследования**

С позиций системного подхода железнодорожный транспорт играет двойственную роль – как самостоятельной системы и как элемента системы более высокого уровня. Его функцией, как системы, являются перевозки в максимально большем объеме с учетом различных ограничений. Как элемент экономики страны он должен обеспечивать эффективные транспортные связи (в статье рассматривается грузовой транспорт).

И для первой функции, и особенно - для второй, основные полигоны железнодорожной сети должны иметь резервы пропускной способности. Но реальность такова, что таких резервов на железных дорогах России нет. В связи с этим сеть железных дорог должна интенсивно развиваться. Но инфраструктурные проекты требуют огромных инвестиций. Поэтому требования к методам оценки их эффективности серьезно возрастают.

Проблема эффективного пропуска поездопотоков по

участкам сети довольно широко обсуждается в науке [1-5]. Но до последнего времени методов адекватного расчета больших полигонов не было. Существуют способы расчета отдельно станций и отдельно участков. Однако в построенных графиках движения практически не отображается работа станций. Опыт показывает, что параметры работы станций и участков, рассчитанных отдельно, могут существенно измениться при их взаимодействии. Единственно корректным методом расчета полигонов является имитационное моделирование. Для этого необходима соответствующая имитационная система. В настоящее время разработана и испытана имитационная система ИМЕТРА [6-8] которая позволяет рассчитывать большие полигоны железных дорог. В частности, построена модель полигона от Кузбасса до транспортного узла Усть-Луга. На модели проводятся различные эксперименты. Далее приведены некоторые результаты проведенных экспериментов.



б) задержки по элементам структуры (рис.3);

элемент	графически	факт
Пути парка [Ацвеж]		19:41
нечетная горловина парка /Ацвеж/		2:34
четная горловина парка /Ацвеж/		1:03
Окно /Ацвеж/ (ЛГ) - Западный/		0:05
Котельнич-1/ (ПГ) нечет окно		
Окно /Ацвеж/ (ПГ) - ПЮИ /		0:29
Котельнич-1/ (ПГ) чет окно		
четная горловина парка ПОН/ Бабаево/		27:37
Пути парка ПОН [Бабаево]		14:08
нечетная горловина парка ПЮИ/ Бабаево/		7:41
Пути парка ПЮЧ [Бабаево]		6:20
нечетная горловина парка ПОЧ/ Бабаево/		2:50
нечетная горловина парка СОП/ Бабаево/		2:26
четная горловина парка СОП/ Бабаево/		2:19

Рис. 3. Структурные задержки

в) сопоставление загрузки парков и горловин и задержек из-за них (рис. 4).

название	графически	загрузка	задержка
Пути парка Западный [Балезино]		71,8 %	8:47
Пути парка Восточный [Балезино]		42,4 %	2:16
нечетная горловина парка Восточный/Балезино/		41 %	6:19
четная горловина парка Западный/ Балезино/		38,4 %	5:03
четная горловина парка Восточный/ Балезино/		25,1 %	17:03
нечетная горловина парка Западный/ Балезино/		22,1 %	1:49
четная горловина парка /Бахаревка/		38,2 %	1:50
нечетная горловина парка / Бахаревка/		36,3 %	1:40
Пути парка [Бахаревка]		21,1 %	8:05
четная горловина парка /Бахметское/		41,9 %	0:05
нечетная горловина парка / Бахметское/		37,1 %	0:51

Рис. 4. Загрузка и задержки по элементам структуры

Выдается исполненный график движения и исполненный график работы станций (рис. 5), в котором показана динамика числа составов в парках и занятость структурных каналов в горловинах.

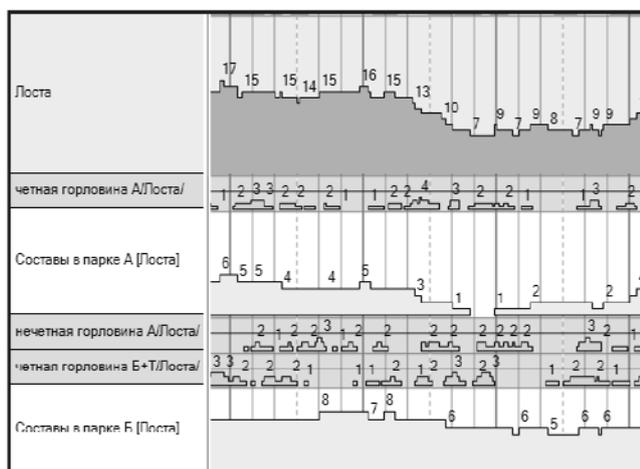


Рис. 5. Исполненный график работы станций

Наглядность обеспечивается параметрами работы, отображенными прямо на схеме полигона (рис.6).

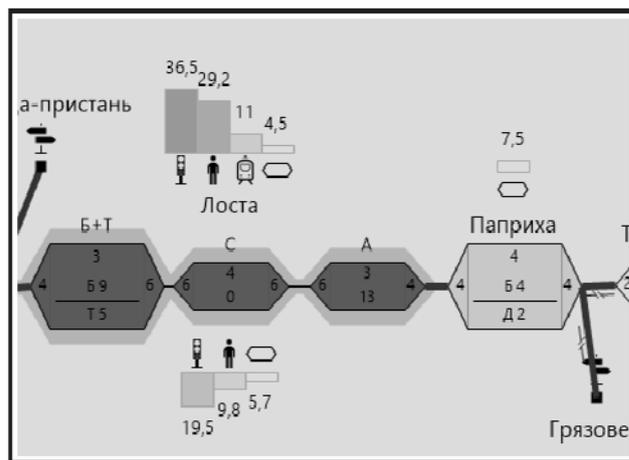


Рис. 6. Отображение задержек на схеме полигона

В нечетном направлении (справа - налево) задержки распределяются следующим образом (в среднем на поезд):

- из-за участка впереди – 36,5 мин. (из-за участка и путей на промежуточных станциях);
- из-за бригад ПТО – 29,2 мин.;
- из-за поездных локомотивов – 11 мин.;
- из-за путей приема на следующей технической станции – 4,5 мин.

### 3. Имитационная оценка влияния «поездов по расписанию» на работу полигона

В ОАО «РЖД» введена в действие «Интегрированная технология управления движением грузовых поездов по расписанию». Известно, что движение грузовых поездов по расписанию – это система организации грузового движения с отправлением и пропуском выделенной части грузовых поездов строго по согласованным ниткам нормативного графика, гарантированно обеспеченным локомотивами и локомотивными бригадами. Новая технология должна повысить согласованность ритмов прибытия поездов и ритмов работы потребителей, тем самым улучшить транспортное обслуживание последних. Конечно, за более высокую плату.

Требования к режиму следования такого рода поездов весьма жесткие – допускается опоздание прибытия лишь на 5 мин. и опережение – на 30 мин. При этом вводится отчетность с ответственностью железных дорог и подразделений ОАО «РЖД». Однако, как показывает практика, так называемые поезда по расписанию следуют далеко не по выделенным ниткам графика (табл.1).

Но каковы причины этого – субъективные или объективные? Были выполнены эксперименты по введению такого рода приоритетных поездов на полигоне Кузбасс–Усть-Луга. Результаты расчетов убедительно показывают, что введение приоритетных грузовых поездов при отсутствии резервов пропускной способности ухудшает работу полигона. Снижаются участковые (табл. 2), и маршрутные скорости (рис. 7).

**Исполненный график движения поезда по расписанию на участке Называевская – Войновка**

поезд 5	раздельные пункты	км	поезд 5		
			план	факт	+/-
3	Называевская	0	17:11	0:59	+7:48
4	Обг. пункт №46	22	17:34	1:18	+7:44
5	Мангут	44	17:56	1:46-2:13	+7:50 +8:17
6	Новоандреевский	66	18:13	2:34	+8:21
7	Маслянская	87	18:30	2:59	+8:29
8	Шаблыкино	111	18:51	3:21	+8:30
9	Малый Остров	121	19:02	3:31	+8:29
10	<b>Ишим</b>	<b>134</b>	<b>19:18-19:44</b>	<b>3:52-4:26</b>	<b>+8:34 +8:42</b>
11	Безруково	152	20:07	4:47	+8:40
12	Карасульская	175	20:27	5:09	+8:42
13	Гольшманово	212	21:01	5:49	+8:48
14	Ламенская	236	21:31	6:18	+8:47
15	Омутинская	256	21:49	6:41	+8:52
16	Вагай	279	22:07	7:02	+8:55
17	Новая Заимка	305	22:27	7:27	+9:00
18	Заводоуковская	326	22:49	7:49	+9:00
19	Ялуторовск	350	23:07	8:09	+9:02
20	Богандинская	386	23:35	8:38	+9:03
21	Винзили	398	23:45	8:51	+9:06
22	Озеро Андреевское	407	23:52	9:01	+9:09
23	<b>Войновка</b>	<b>416</b>	<b>0:05-5:42</b>	<b>9:21</b>	<b>+9:16 +3:39</b>

Таблица 2

**Участковые скорости при введении приоритетных поездов**

Участок	Приоритетных поездов						
	0	3	6	9	12	15	18
Балезино - Лянгасово	47,66	47,71	45,7	46,6	44,77	39,87	41,39
Лянгасово - Шарья	41,94	34,4	33,65	37,1	28,93	28,02	25,86
Шарья - Буй	43,23	37,36	43,15	43,42	42,33	37,05	34,68
Буй - Доста	40,09	37,41	39,98	43,6	39,58	36,12	33,9
Доста - Бабаево	28,35	26,98	26,22	25,77	28	22,28	24,15
Бабаево - Волховстрой	45,84	44,66	48,37	46,51	45,03	44,71	45,42

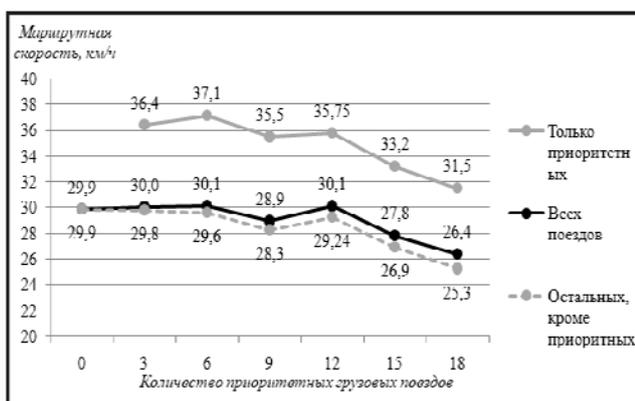


Рис. 7. Влияние приоритетных поездов на скорость пропуска потока

Таким образом, основным методом оценки инфраструктурных проектов на полигоне следует считать имитационное моделирование. При создании имитационной системы необходимо использовать макро моделирование. Расчеты по оценке влияния приоритетных грузовых поездов на работу полигона показывают большие возможности имитационной системы ИМЕТРА.

1. Бородин А.Ф., Батуринов А.П., Панин В.В. Технология работы железнодорожных направлений и система организации вагонопотоков. М: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. – 366 с.

2. Бородин А.Ф. Транспортное обслуживание и организация вагонопотоков. // Вестник ВНИИЖТ, 1997. - № 5. - С. 36 - 39.

3. Бородин А. Ф., Сторчак М. В. Научная оценка перспектив модернизации Восточного полигона сети Российских железных дорог // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД».- 2017, № 2.- С. 65 – 73.

4. Некрашевич В.И., Бородин А.Ф. Каким быть графику грузового движения. // Железнодорожный транспорт, 1992. - № 12. - С. 2 - 8.

5. Козлов П.А., Колокольников В.С. Расчет и оптимизация полигонов железнодорожного транспорта. Вестник РГУПС, №3, 2018.- С 113 – 119.

6. Козлов П.А., Колокольников В.С., Тушин Н.А. Расчет параметров гармонически построенной сети железных дорог. Железнодорожный транспорт.- 2018, № 12.- С. 18-21.

7. Козлова В.П. Снижение экономических рисков в проектах развития транспортной инфраструктуры : автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – М.: Гос. ун-т упр.– 2008. – 46 с.

8. Методика проведения исследований проектов развития железнодорожных станций и линий с определением «узких мест», влияния на пропускные и перерабатывающие способности, рациональной технологии и прогнозируемых эксплуатационных показателей с использованием аппарата математического моделирования. Утв. 09.01.2018 гл. инж. ОАО РЖД С.А.Кобзевым.

**Сведения об авторах:**

**Козлов Петр Алексеевич**, лауреат Государственной премии

Научно-производственный холдинг «СТРАТЕГ». Президент.

Москва, ул. Нижегородская, дом 32, строение 15. офис 208.

Телефон +7(985)969-77-04,

e-mail: laureat\_k@mail.ru.

**Козлова Валерия Петровна.**

Научно исследовательская фирма «Аналитические и управляющие системы на транспорте». Ведущий научный сотрудник.

Москва, ул. Нижегородская, дом 32, строение 15. Офис 208.

Телефон: 8(985)023-83-64,

e-mail: valeriek@mail.ru.

**Кол Светлана Николаевна**, инженер путей сообщения.

Центр научно-технической информации и библиотек – филиал ОАО «РЖД» (ЦНТИБ ОАО «РЖД»).

Адрес: Москва, Рижская площадь, № 3.

Телефон +7(926)564-92-52,

e-mail: zdt.snkol@gmail.com.