

## О МЕТОДАХ РАСЧЕТА СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Доктор техн. наук, профессор, лауреат Государственной премии **Козлов П.А.**  
(Научно-производственный холдинг СТРАТЕГ),

доктор эконом. наук, профессор **Козлова В.П.**  
(Российский университет транспорта),

**Пархоменко А.А.**

(Проектно-конструкторское бюро по инфраструктуре – филиал ОАО «РЖД»)

## ON THE METHODS OF CALCULATION OF RAILWAY TRANSPORT SYSTEMS

**P.A. Kozlov**, Doctor (Tech.), Professor, Laureate of State Prize  
(Research and Production Holding STRATEGIST),

**V.P. Kozlova**, Doctor (Econ.), Professor  
(Russian University of Transport),

**A.A. Parkhomenko**

(Design Bureau for Infrastructure - Branch of Russian Railways)

*Железнодорожный транспорт. Станции, расчет, функция, структура, имитация.*

*Station, calculation, function, structure, imitation.*

*Сформулированы принципы построения корректных методов расчета железнодорожных станций. В методах важно учитывать реальную функциональную роль каждого расчетного элемента, которая формируется при взаимодействии с другими элементами. Изолированно рассчитывать пропускную способность элементов нельзя, поэтому наиболее корректным методом является имитационное моделирование, когда отображается станция в целом.*

*The article formulates the principles of constructing correct methods for calculating railway stations. In the methods, it is important to take into account the real functional role of each design element, which is formed in interaction with others. It is impossible to calculate the throughput of elements in isolation, therefore the most correct method is simulation modeling, when the station as a whole is displayed.*

Транспортная наука разработала ряд методов расчета систем железнодорожного транспорта, которые в наибольшей мере касаются пропускной способности станций и их частей – парков, горловин, сортировочных горок и грузовых терминалов. Методы можно подразделить на следующие типы:

- аналитический;
- вероятностный, по формулам массового обслуживания;
- графо-аналитический, по сути, ручное моделирование работы станции;
- имитационное моделирование.

Для сравнительной оценки методов необходимо выбрать единую точку зрения. Пожалуй, наиболее обоснованной следует считать рассмотрение методов с позиций системного подхода.

В литературе встречается много, пожалуй, даже слишком много, определений понятия «система».

*Академик А.И. Берг: «До настоящего времени нет общепринятого определения понятия системы» [1].*

*Специалист по системам Б.Г. Юдин: «Развитие системных исследований дало скромные результаты» [2].*

Встречаются и такие словосочетания – *солнечная система, система линейных уравнений* и т.п.

Предлагается другой подход.

*«Система – созданный природой вид материи, создающий ей устойчивость в условиях, где есть случайные колебания [3]. Уточнение.*

*«Система – это нечто целое, которое активно само сохраняет себя, но элементы – это также системы. Система – это объект с развитой адаптивностью [4].*

В системе тесно связаны структура и технология. Технология устанавливает взаимодействие структурных элементов между собой. Отсюда следует, что рассчитывать изолированно отдельные части нельзя. А именно это делается, к сожалению, в некоторых методах расчета. С системных позиций предлагается общий критерий корректности метода расчета – функциональная роль расчетного элемента в реальности и в модели должны совпадать. Но функциональная роль каждого элемента определяется в том числе и технологическим взаимодействием с другими элементами. Так что изолированное его рассмотрение в методе расчета ошибочно. А значит, будет некорректным и метод расчета, построенным на этом принципе.

Рассмотрим с этих позиций некоторые методы расчета.

### Расчет пропускной способности парка путей

В Руководстве [5] приводится формула для расчета пропускной способности парка путей

$$n = \frac{1440t - \Sigma T_{пост}}{t_{зан}}, \quad (1)$$

где  $t$  - число путей, как каналов обслуживания;

$t_{зан}$  - продолжительность одной операции с поездом;

$\Sigma T_{пост}$  - время на текущее содержание, мин. [5].

Собственно, эту формула существует в учебниках уже несколько десятков лет. Затем формула переходит из книги в книгу с некоторыми поправками.

Функциональная роль пути неявно подразумевается в приведенной формуле. Ему отводится роль некоторого канала обслуживания, работающего изолированно (Рис.1).

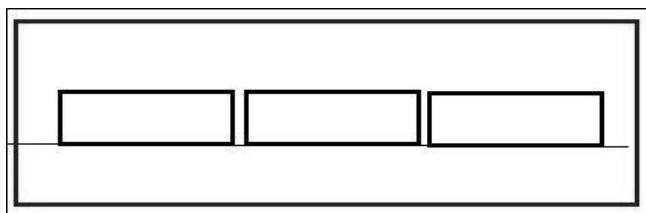


Рис. 1. Функциональная роль пути в аналитическом методе расчета

Здесь на рис. 1 показана некоторая абстрактная занятость элемента, как самостоятельно действующего объекта. Не отображена расчлененная его занятость.

Отметим два ошибочных аспекта. Во-первых, к путям, как каналам обслуживания, можно относить только те пути, на которых работают бригады ПТО. Но их всегда меньше, чем путей. Часть путей будут резервными. Значит, функциональные роли в действительности и в методе не совпадают.

Во-вторых, здесь не отображено взаимодействие путей в парке с горловинами и локомотивами. Вот как выглядит реальная функциональная роль пути в парке (рис. 2).

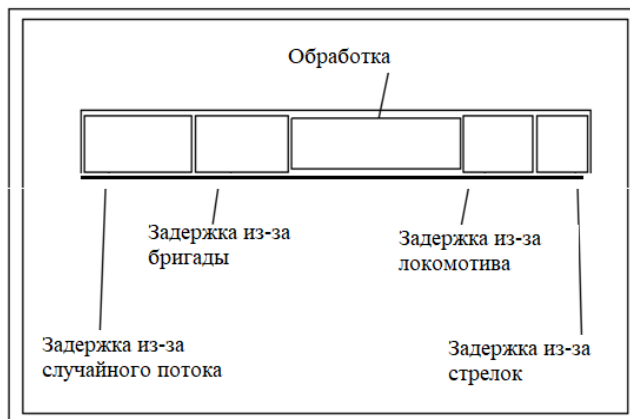


Рис. 2. Схема действительной функциональной роли пути в парке

Но как можно определить эти задержки без учета взаимодействия пути с другими элементами? Вот как реально протекает работа в парке (рис. 3)

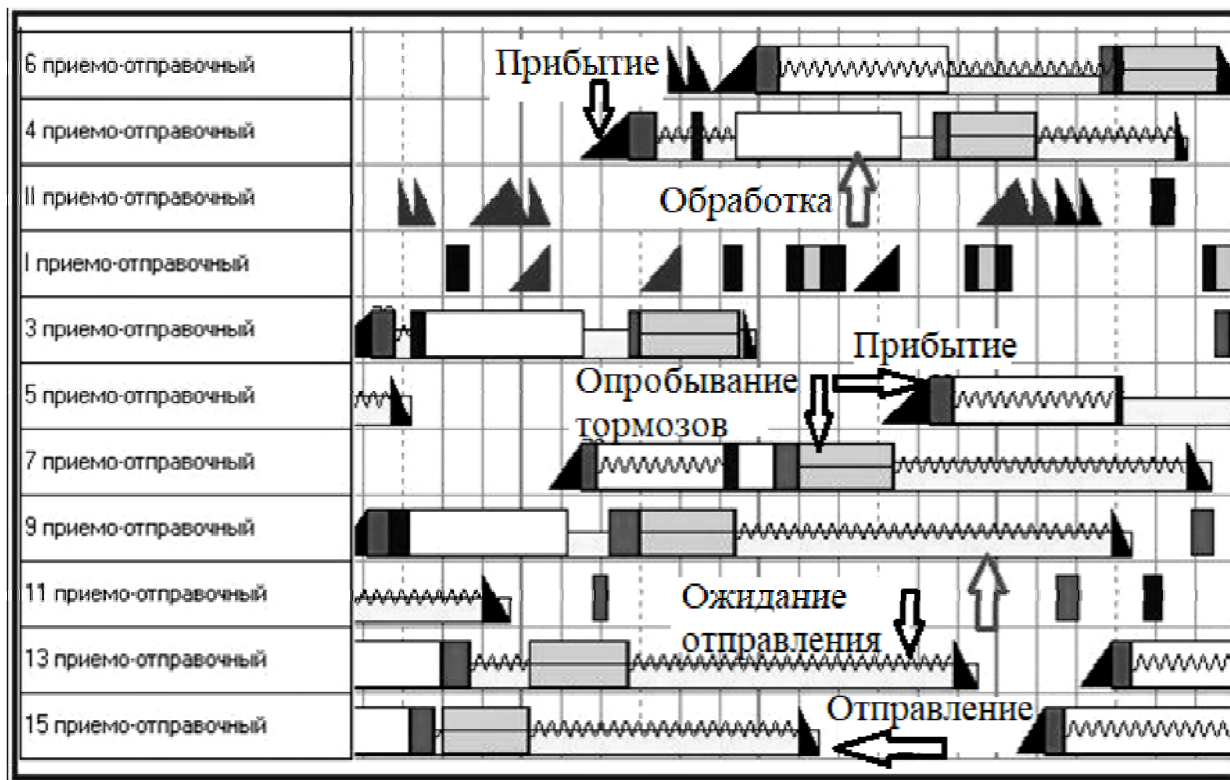


Рис. 3. Задержки на путях обработки составов

Как видно, задержки могут быть весьма существенными.

### Расчет перерабатывающей способности сортировочной горки

Вот что говорится в Инструкции [6, п. 2.1.4] утверждается, что пропускную способность любого структурного элемента можно рассчитывать без учета его взаимодействия с другими.

Но реальная пропускная способность горки во многом определяется числом резервных путей в предгорочном парке. Парк преобразовывает частично случайный поток в управляемый. И размер этого преобразования зависит от числа путей.

Расчеты на имитационной модели показали, как меняется уровень возможной загрузки горки при разном числе резервных путей (рис. 4).

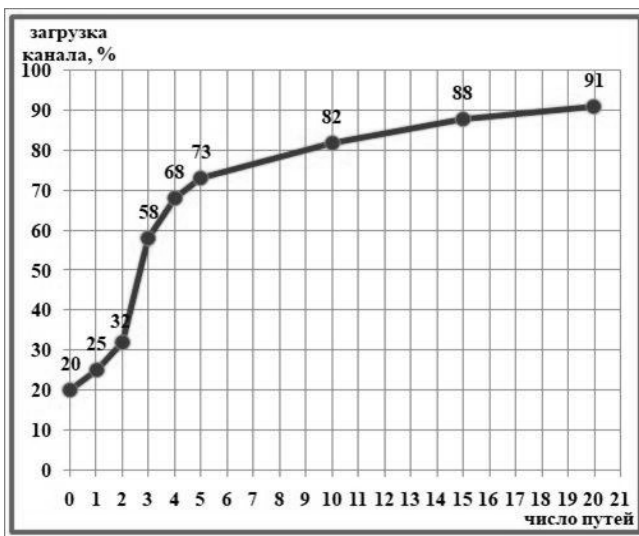


Рис. 4. Возможный уровень загрузки горки при разном числе путей в предгорочном парке

Таким образом, реальная пропускная способность горки составляет только часть от максимальной

$$\tilde{U} = \lambda \cdot U, \quad (2)$$

где  $U$  - максимальная пропускная способность;

$\tilde{U}$  - ее действительная величина;

$\lambda$  - коэффициент использования максимальной пропускной способности.

### Расчет горловины

В Инструкции в качестве расчетного элемента, представляющего всю горловину, выбирается одна, наиболее загруженная, стрелка. Причем считается, что она может быть занята на 100%.

Положение ошибочное.

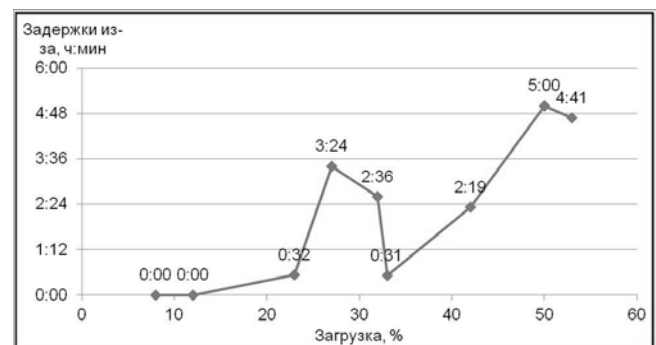
Стрелка не может быть занята технологическими операциями полностью. Это подтверждают имитационные эксперименты на моделях разных станций. Возникают технологические и структурные потери (рис. 5).



Рис. 5. Структурные и функциональные потери при загрузке стрелок

Минимальная функциональная единица в горловине – это законченное передвижение. Меньше нет. Но в передвижении наиболее загруженная стрелка используется вместе с другими. И возникают структурные потери – когда заняты последующие стрелки при свободности наиболее загруженной. Технологические потери возникают из-за отсутствия готового передвижения в нужный момент.

К тому же не существует линейной зависимости задержек от занятости стрелки (Рис. 6).



Стрелки в горловине ст. Екатеринбург-сорт.

Рис. 6. Отсутствие прямой зависимости задержек от загрузки стрелки

Методическое руководство [5] утверждает, что время задержек при пересечении маршрутов можно рассчитать по формуле

$$T = \frac{n_1 n_2 (t_1 + t_2)^2}{2 \cdot 1440}, \quad (3)$$

где  $n_1, n_2$  – количество передвижений;

$t_1, t_2$  – продолжительность движения по маршруту.

Вот что показывают имитационные эксперименты (Рис. 7).

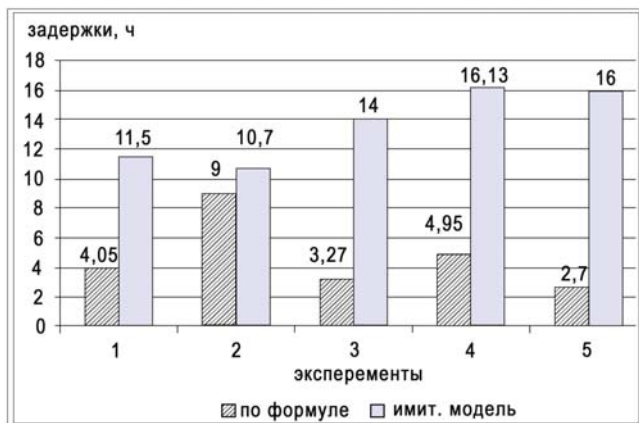


Рис. 7. Задержки из-за стрелок в разных горловинах различных станций

Как можно увидеть, формула не правильно отображает действительность.

Графо-аналитический метод тоже не может считаться корректным.

*Во-первых*, там не описываются случайные колебания в потоке и в длительности технологических операций. *Во-вторых*, нельзя корректно отобразить адаптивность, то есть влияние диспетчерского управления. Решения принимаются в зависимости от ситуации, а ситуации в значительной мере определяются случайными процессами.

И потом, там ряд субъективных моментов – при задании начального состояния станции, при формировании натуральных листов прибывающих составов и др.

С системных позиций следует наиболее единственным корректным аппаратом считать имитационную модель. Модель адекватно описывает:

- схему путевого развития,
- технологический процесс,
- случайные колебания,
- диспетчерское управление.

При этом функциональные роли расчетных элементов отображаются верно, с автоматическим учетом их взаимного влияния.

### Выводы

1. В корректном методе расчета железнодорожных станций функциональная роль расчетного элемента должна соответствовать этому параметру в действительности.

2. Реальная функциональная роль одного структурного элемента формируется при взаимодействии с другими. Поэтому рассчитывать пропускную способность горловин, парков, сортировочных и др. изолированно нельзя.

3. Наиболее корректным методом расчета станций является имитационное моделирование.

### Литература

1. Управление, информация, интеллект /А.И. Берг и др. //М.: Мысль, 1976. - 383 с.
2. Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1980. - М.: Наука, 1981. - 424 с.
3. Козлов П.А. О системах и системности на транспорте // Транспорт Урала .-2016, №2.- С. 3 – 8.
4. Козлов П.А. Системные исследования – новый подход //Наука и техника транспорта. - 2014. - № 1.- С. 46-50.
5. Проектирование железнодорожных станций и узлов: справ. и метод. руководство /Под ред. А. М. Козлова, К. Г. Гусевой ; 2-е изд., перераб. и доп. //М.: Транспорт, 1981. - 594 с.
6. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог //М.: РЖД, 2010.
7. Kozlov P. A. About systems and consistency in transport. Transport of the Urals, 2016, No. 2. pp. 3-8.
8. Kozlov P. A. System research – a new approach. Science and technology of transport. - 2014. - No. 1. pp. 46-50.
9. Obratsov V. N., Nikitin V. D., etc. Stations and nodes. Under the general ed. academician V. N. Obratsov. Textbook for tr-th universities: Transzheldorizdat, 1949 – 540 p.

### Сведения об авторах:

**Козлов Пётр Алексеевич**, президент Научно-производственного холдинга «СТРАТЕГ».

Телефон + 7 (985) 969-77-04,  
e-mail: laureat\_k@mail.ru.

**Козлова Валерия Петровна**. Российский университет транспорта.

Телефон+7 985 023 82 64,  
e-mail: valeriek@mail.ru.

**Пархоменко Андрей Александрович**, ведущий технолог. Проектно-конструкторского бюро по инфраструктуре – филиал ОАО «РЖД»

Адрес: 127299, Москва, ул. Космонавта Волкова д. 6.  
Телефон+7 926 198 53 38,  
e-mail: parhom.87@bk.ru.