

УДК 656

***ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТИ СИСТЕМ МАССОВОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА
ЕЁ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ***

Бородина Е.В.¹

к.т.н., доцент

Российский университет транспорта,

Москва, Россия

Дятчин П.А.,

аспирант

Российский университет транспорта,

Москва, Россия

Ненютин В.П.,

студент

Российский университет транспорта,

Москва, Россия

Аннотация

В статье рассматривается важность рациональной технологии работы сортировочных станций на железных дорогах ОАО «РЖД». Подчеркивается, что эффективность работы станции значительно влияет на общую устойчивость и слаженность железнодорожной сети. Упоминается стратегия цифровизации, направленная на внедрение информационных технологий и автоматизированных систем управления, что позволит создать цифровую железнодорожную станцию (ЦЖДС). Также акцентируется внимание на необходимости применения существующих разработок для оптимизации работы сортировочных станций, включая нормирование станционных операций и использование теории массового обслуживания для описания технических процессов на станции.

Ключевые слова: Система массового обслуживания (СМО), сортировочная станция (СС), пункт технического обслуживания вагонов (ПТО), оптимальный режим.

***INTERPRETATION OF THE OPERATION OF A SORTING YARD
USING A NETWORK OF QUEUE SERVICE SYSTEMS TO SELECT THE
OPTIMAL MODE OF ITS FUNCTIONING***

Borodina E.V.1

PhD, Associate Professor

Russian University of Transport,

Moscow, Russia

Dyatchin P.A.,

Postgraduate Student

Russian University of Transport,

Moscow, Russia

Nenyutin V.P.,

Student

Russian University of Transport,

Moscow, Russia

Abstract

The article discusses the importance of queuing systems in Russian Railways. It is emphasized that the efficiency of the station critically affects the overall stability and coherence of the railway network. The digitalization strategy aimed at introducing information technology and automated control systems, which will create a digital railway station (CJD), is mentioned. Attention is also focused on the need to apply existing developments to optimize the operation of marshalling yards, including the rationing of station operations and the use of queuing theory to describe technical processes at the station.

Keywords: Queuing system (QMS), Marshalling yard (SS), Maintenance point (ТТО).

Введение

На железных дорогах ОАО «РЖД» функционирует более 30 сортировочных станций сетевого значения, от стабильной деятельности которых зависит устойчивость и слаженность работы железнодорожных участков, направлений и всей сети в целом. Сортировочные станции – главные «фабрики маршрутов» - представляют собой сложную взаимосвязанную транспортную систему, в которой даже небольшие изменения в одной из подсистемы могут привести к трансформации всех процессов, происходящих в системе. Именно поэтому оптимизация работы сортировочных станций по выбору параметров технологии её работы и технического оснащения – это сложный и зависящий от многих факторов процесс.

В настоящее время стратегия развития ОАО «РЖД» направлена на цифровизацию отрасли. Применение информационных технологий, автоматизированных систем управления, включающих автоматизацию планирования, учета, отчетности, задания и реализация оптимальных режимов управления поездной и маневровой работой, расчет показателей, использование технических средств на станции в автоматическом режиме позволит создать цифровую железнодорожную станцию.

На пути к созданию ЦЖДС необходимо использовать существующие разработки и теории, такие как [1-5], позволяющие нормировать станционные операции по времени, определять загрузку обслуживающих устройств, рассчитывать потребное число путей в парках станции, число локомотивов для маневровой работы, число бригад и групп ПТО по обработке составов и другие показатели.

Теория системы массового обслуживания (СМО)

Работу сортировочной станции можно описать с помощью теории вероятности, к числу которой относится теория массового обслуживания. Так как работа станции интерпретируется в виде сети взаимосвязанных и взаимозависимых систем массового обслуживания, в которой выходящий поток из одной системы является входящим для последующей [2, 3], то можно выделить шесть отдельных систем на сортировочной станции (СС):

1. *Система обработки составов в парке приёма бригадами пункта технического обслуживания – СОБ ПП.* В зависимости от числа бригад ПТО вагонов и организации их работы по техническому осмотру составов система может быть одноканальной или многоканальной. Если в парке работает одна бригада ПТО, то система считается одноканальной, если две и более бригады, то - многоканальной. Источниками требований являются примыкающие к станции участки, каналами обслуживания - бригады ПТО, подготавливающие прибывающие составы к расформированию. Накопителями требований в данной системе являются пути парка приема.

2. *Система расформирования составов на сортировочной горке – СРФ СГ.* По числу параллельно работающих путей роспуска система бывает либо одноканальной (при последовательном роспуске), либо неполнодоступной двухканальной (при параллельном роспуске составов). Источником требований в этой системе служит система технического осмотра в парке приема, и обслуживающим каналом является сортировочная горка и работающие на ней горочные локомотивы. Накопителями требований в системе являются пути парка приема, при заполнении которых возможна задержка поездов на подходах к станции.

3. *Система окончания формирования составов на вытяжках формирования - СОФ ВФ.* В зависимости от организации работы маневровых локомотивов на вытяжных путях система представляет собой несколько параллельно расположенных одноканальных систем (при специализации

локомотивов по вытяжкам формирования), или неподходящую многоканальную систему (при отсутствии такой специализации). Источником требований является сортировочный парк, его пути служат в качестве накопителя. Обслуживающими аппаратами являются маневровые локомотивы, а каналами обслуживания - вытяжки формирования.

4. Система обработки составов в парке отправления (сортировочно-отправочном парке) бригадами ПТО – СОБ ПО (СОП). В зависимости от числа бригад и от организации их работы система может быть одноканальной или многоканальной. Обслуживающий аппарат - бригада ПТО, подготавливающая состав к отправлению. В качестве накопителя служат пути парка отправления, а при их заполнении - пути сортировочного парка.

5. Система обеспечения поездными локомотивами - СОПЛ представляет собой несколько (по типу специализаций поездных локомотивов, одна специализация - тепловозы, другая - электровозы) параллельно работающих одноканальных СМО, обслуживающими аппаратами которых являются поездные локомотивы. Поступающими требованиями в эту систему являются транзитные и поезда своего формирования, а накопителями служат пути парка отправления.

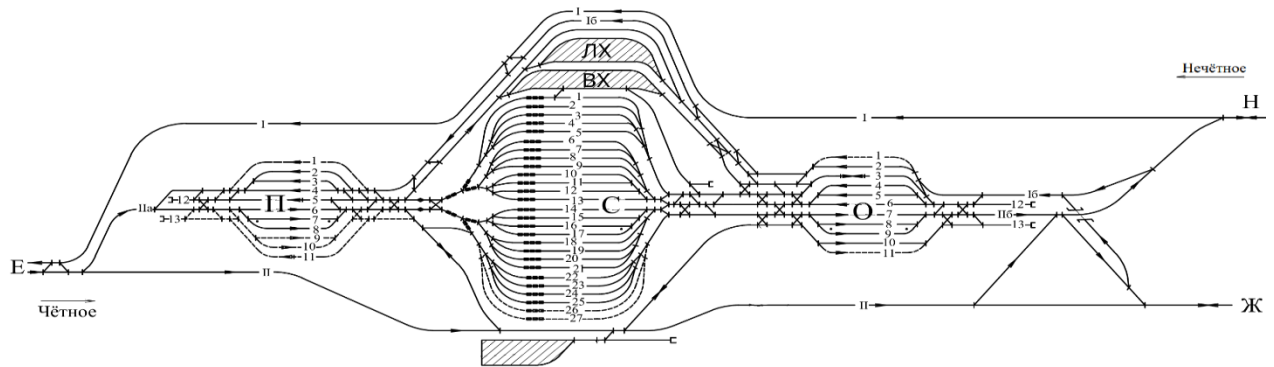
6. Система отправления поездов на участки – СОУ представляет собой несколько параллельно работающих (по числу выходных участков) независимых СМО. Требования, поступающие в данную систему, должны обеспечивать поездные локомотивы готовых к отправлению поездов, накопителями служат пути парка отправления. По своему расположению система отправления, являясь последним звеном в общей цепи переработки вагонопотоков на станции, играет роль связующего элемента между станцией и участками. Поэтому ее работа определяется не только ритмом станционного процесса, но и ритмом работы направления, на которой расположена данная станция.

Интерпретация работы станции в виде функционирующей сети систем массового обслуживания представлена на рис. 1 для схемы сортировочной станции с последовательным расположением парков (рис.1, а).

На рис.1, б принято, что четные и нечетные разборочные поезда образуют единый входящий поток в парк приема П с направлений Е, Н, Ж, поступающий на технический осмотр (ТО) в систему (1). Система расформирования-формирования (2) работает в режиме последовательного отпуска. В системах окончания формирования (3), (4), (5) на вытяжных путях работает по одному маневровому локомотиву. В системе обслуживания (6) составы четных и нечетных транзитных, а также поездов своего формирования обрабатываются одними и теми же неспециализированными бригадами ПТО вагонов. В системах (7) и (8) производятся операции по обеспечению составов поездными локомотивами: например, электровозами на направление Е и тепловозами - на направления Н и Ж. В системах (9), (10), (11) производится отправление всех поездов на прилегающие участки Н, Ж, Е.

Показатели по каждой системе можно определять изолированно от остальных систем сети. Если же составляется набор вариантов технологии и мощности обслуживающих устройств, то необходимо рассматривать совокупные результаты работы всех систем сети в целом.

а)



б)

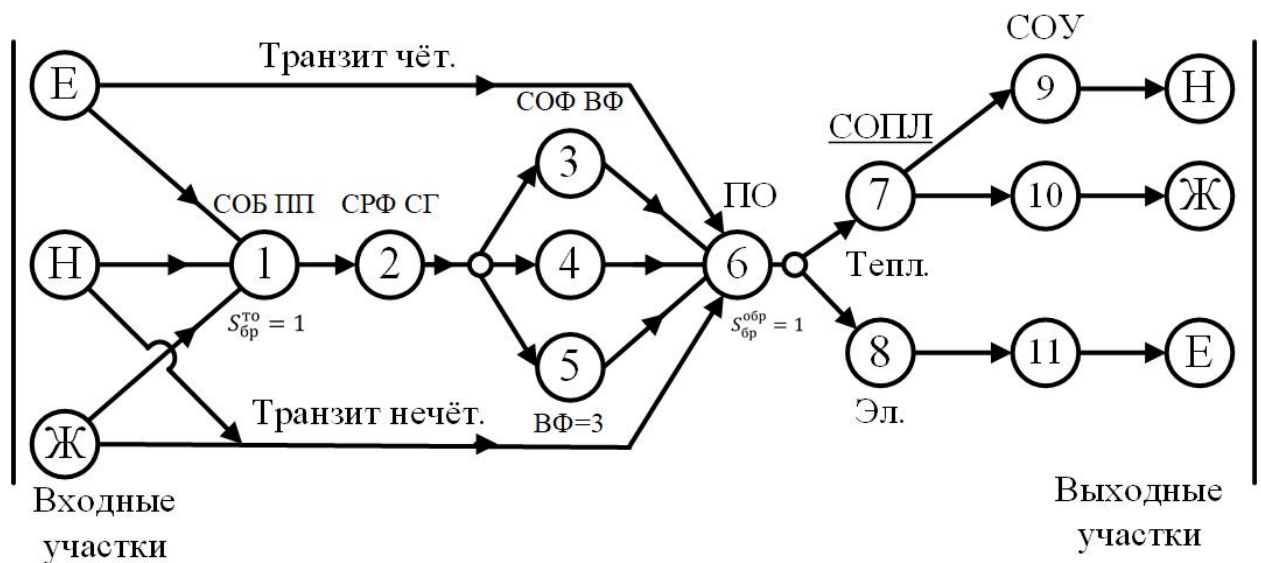


Рисунок 1 – Схема сортировочной станции с последовательным расположением парков (а) и сеть систем массового обслуживания на ней (б)

Условные обозначения:

Е, Н, Ж – входные и выходные участки; П – парк приема; С – сортировочный парк; О – парк отправления; ЛХ – локомотивное хозяйство; ВХ – вагонное хозяйство; ВФ – вытяжки формирования; Тепл. – тепловозы; Эл. - электровозы

Для расчета по аналитическим формулам [2] показателей работы сортировочной станции необходимы следующие исходные данные,

составляющие количественные характеристики – число поездов и вагонов поступающих на сортировочную станцию средним в сутки, временные, денежные характеристики, характеристики сети систем массового обслуживания – коэффициенты вариации интервалов и дополнительные характеристики: коэффициент, учитывающий посуточную неравномерность в месяц максимальной работы, дополнительную величину, принимаемую в зависимости от коэффициента вариации входящего потока; загрузку локомотивов j -й специализации.

Однако из-за громоздкости расчётов показателей по аналитическим формулам становится трудоёмким, а говорить о нахождении оптимального варианта вручную не приходится.

Для автоматизированного расчёта показателей работы сортировочной станции в программе Microsoft Excel в РУТ (МИИТ) был создан специальный программный комплекс «Расчет показателей работы станции» [7].

Программный комплекс, разработанный автором П.А. Дятчиным, на основе методики [2, 4] используется для расчёта количественных и качественных показателей при составлении технологического процесса работы станции, при изменении объемов работы (изменение объемов переработки и пропуска транзитного вагонопотока из-за проведения «окон», переполнение емкостей путевого развития парков из-за нехватки путей, спад и увеличение вагонопотоков). Программа является гибким инструментом и позволяет вводить новые параметры и рассчитывать показатели для любой схемы, компоновки парков станций, для разных вариантов технологии и технического оснащения с учетом нормативов и действующих ограничений.

Для каждого варианта на листе программы «Исходные данные» пользователь вносит указанные выше исходные данные, используя статистические данные для заданной сортировочной станции, а также нормативные данные из литературы [2-4]. Далее программа производит расчет основных показателей работы сортировочной станции по каждому

варианту с учетом ограничений по загрузкам обслуживающих устройств, числа групп в бригадах ПТО вагонов, по потребному и наличному числу путей в парках. Используя функцию «Поиск решения», определяется вариант, характеризующий оптимальный режим работы сортировочной станции по минимальным годовым производственным расходам в целом по станции.

В таблице 1 показан пример шаблона рассчитываемых показателей работы станции с использованием СМО, выводимых на печать программным комплексом «Расчет показателей работы станции» для заданного варианта технологии и технического оснащения станции.

Таблица 1 – Шаблон показателей работы сортировочной станции

Показатели работы сортировочной станции	
Число вагонов в сутки:	транзитных без переработки
	транзитных с переработкой
Число поездов в сутки:	разборочных
	своего формирования
	транзитных
Вагонооборот станции, ваг/сут.	
Рабочий парк вагонов, ваг/сут.	
Перерабатывающая способность горки, ваг/сут.	
Темп работы горки, поездов/час.	
Загрузка обслуживающих устройств	Бригады ПТО в парке П
	горки
	горочных механизмов
	бригады ПТО в парке О
Загрузка горочных локомотивов	1
	2
Загрузка маневровых локомотивов	1
	2
	3
Загрузка вытяжек формирования:	1
	2
	3
Средний простой вагона, час.	транзитного с переработкой
	транзитного без переработки
	местного
Средневзвешенный простой транзитного вагона, час.	
Число путей в парках:	Наличное / потребное в П

	Наличное / дополнительное в С
	Наличное / потребное в О
Годовые производственные расходы по станции, руб / год	

Выводы:

Интеграция современных технологий и автоматизированных систем управления в рамках стратегии цифровизации железнодорожной станции создает возможности для повышения эффективности и устойчивости работы всех элементов станции. Применение системы массового обслуживания (СМО) позволяет рассчитывать показатели работы станции на основе аналитических формул с использованием компьютерных программ. Это дает возможность более точно анализировать и прогнозировать работу сортировочных станций, определять оптимальный режим их функционирования при эффективном использовании технических средств и рациональной технологии работы, а также при наименьших производственных расходах на переработку и пропуск вагонопотоков.

Библиографический список

1. Корешков А.Н. Выбор оптимальных параметров технологии работы и технического оснащения сортировочных станций / Учебное пособие. – М.: МИИТ, 1997. - 120с.
2. Сотников И.Б., Выгнанов А.А., Балалаева Т.В. Оптимальный режим работы сортировочной станции. / Методические указания по дипломному проектированию. –М.МИИТ, 1990. -63с.
3. Сотников И.Б. Эксплуатация железных дорог (в примерах и задачах). – М.: Транспорт. 1990, С. 26-73.
4. Сотников И.Б. Взаимодействие станций и участков железных дорог. – М.: Транспорт, 1976. -271с.

5. Техничко-экономические расчеты в эксплуатации железных дорог (в примерах и задачах) / И.Б. Сотников, А.А. Выгнанов, Ф.С. Гоманков и др. / Под ред. И.Б. Сотникова. – М.: Транспорт, 1983. -254с.
6. Бородина Е.В., Дятчин П.А., Марчук Р.С. Расчет параметров работы станции Орехово-Зуево при увеличении транзитных поездов на Северо-Западное направление с использованием программного комплекса «Оптимальный режим работы сортировочной станции» // В сборнике: Академик Владимир Николаевич Образцов - основоположник транспортной науки. Труды международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию университета. Москва, 2021. С. 316-328.
7. Дятчин П.А. Автоматизированный расчет оптимального режима работы сортировочной станции с использованием теории массового обслуживания // В сборнике трудов ВНИПК «Неделя науки-2021», Москва, РУТ (МИИТ). 2021. С. 141-142.

Оригинальность 76%