

# ФОРМИРОВАНИЕ ОБЪЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ «ОТ КОЛЕСА»

**ХАТЛАМАДЖИЯН Агоп Ервандович**, канд. техн. наук, доцент, заместитель генерального директора; e-mail: a.hatlamadzhiyan@vniias.ru

**ОЛЬГЕЙЗЕР Иван Александрович**, канд. техн. наук, доцент, первый заместитель директора Ростовского филиала АО «НИИАС»; e-mail: i.olgezer@vniias.ru

**СУХАНОВ Андрей Валерьевич**, канд. техн. наук, доцент, заместитель начальника отделения инновационных интеллектуальных технологий цифровой станции Ростовского филиала АО «НИИАС»; e-mail: a.suhanov@vniias.ru

**ИЕРУСАЛИМОВ Владислав Сергеевич**, начальник сектора цифровой дислокации подвижного состава; e-mail: v.ierusalimov@vniias.ru

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте АО «НИИАС», Москва, Ростов-на-Дону

Представлен новый принцип формирования показателей грузовой сортировочной станции, основанный на использовании данных от различных считывающих устройств и датчиков, расположенных на путях станции (данных «от колеса»). Показана актуальность и объективность использования предлагаемого подхода, реализующего представленные принципы получения реальных показателей грузовой станции. Реализация осуществлена на базе данных, формируемых системой контроля и подготовки информации о перемещениях вагонов и локомотивов на станции в реальном времени. Показано отличие результатов, полученных по итогу реализации предлагаемого подхода, от информации, формируемой в реальных справках и журналах отчетности ОАО «РЖД». Предложены гипотезы-описания отличия информации «от колеса» и информации, полученной при ручном вводе данных о перемещениях вагонов и локомотивов. В заключении описаны дальнейшие перспективы автоматизации расчета и прогнозирования работы станции на основе данных «от колеса».

**Ключевые слова:** сортировочная станция, модель станции «от колеса», планирование грузовых перевозок, показатели работы станции

DOI: 10.20295/2412-9186-2024-10-03-254-268

## ▼ Введение

Задача цифровизации экономики ведет к необходимости цифровизации всех видов производств [1, 2]. В связи с этим приоритетными задачами развития холдинга ОАО «РЖД» как одной из основных промышленных отраслевых компаний Российской Федерации на сегодняшний день являются цифровая трансформация и информатизация производства<sup>1</sup>. Одним из направлений цифровой трансформации является цифровизация производственных процессов железнодорожных сортировочных станций [3, 4].

<sup>1</sup> Об утверждении программы развития ОАО «РЖД» до 2025 года (вместе с «Долгосрочной программой развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года): распоряжение Правительства РФ от 19.03.2019 № 466-р. Раздел 8. Цифровизация и информационные технологии.

В рамках цифровизации железнодорожной отрасли с целью увеличения пропускной способности грузовых станций, уменьшения эксплуатационных издержек, исключения «лишних» технологических операций, а также повышения безопасности выполнения технологических процессов [5] в 2018 году в ОАО «РЖД» был инициирован проект «Цифровая железнодорожная станция» (ЦЖС)<sup>2</sup>. ЦЖС предполагает переход от автоматизированного к автоматическому управлению технологическими процессами на станции (планирование, закрепление, заграждение, роспуск, подготовка и управление маневровыми передвижениями

<sup>2</sup> Концепция «Цифровая железнодорожная станция»: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 07.11.2018 № 1049 (в ред. от 05.06.2020 № 1217/р).

и др.) с использованием технологий искусственного интеллекта [6].

Особое внимание в рамках проекта ЦЖС уделено уменьшению влияния человеческого фактора, изменению роли человека как лица, принимающего решение, к роли «наблюдателя», а также получению цифровых моделей для технических систем [7].

В настоящей работе предлагается подход к уменьшению человеческого фактора и повышению эффективности при формировании показателей сортировочной станции, заключающийся в обработке фактических данных, получаемых «от колеса» — на основе данных от датчиков, управляющих и информационных систем грузовой сортировочной станции.

### 1. Состояние проблемы

В настоящее время показатели станции формируются на основе данных существующей автоматизированной системы управления станцией (АСУ СТ). При этом информация о местоположении подвижного состава и технологических операциях с ним заносится в АСУ СТ методом ручного ввода операторами станционных технологических центров, что приводит к неминуемым искажениям реальной картины и динамики выполнения технологических процессов.

Эти данные далее используются для формирования отчетности ДО-24ВЦ «Отчет о работе сортировочных станций»<sup>3</sup> ежесуточно на момент 18:00 по московскому времени. Отчетность формируется как за сутки, так и за месяц, квартал, полугодие и год по следующим показателям:

- количество прибывших и отправленных поездов (в этот показатель включаются поезда, прибывшие на данную станцию и отправленные с данной станции, то есть те, для которых сформированы сообщения о прибытии и отправлении путем ввода информации в АСУ СТ);
- вагонооборот станции (определяется суммированием количества вагонов ра-

бочего и нерабочего парка, прибывших и отправленных со станции в отчетный период);

- количество транзитных вагонов с переработкой, закончивших простой в отчетные сутки (транзитными вагонами с переработкой считаются вагоны, станция назначения которых отличается от станции, для которой формируется справка, также к транзитным вагонам с переработкой относят отцепленные вагоны, вагоны при изменении станции назначения и при переводе из нерабочего парка);
- количество транзитных вагонов без переработки, закончивших простой в отчетные сутки (транзитными вагонами без переработки считаются вагоны, пришедшие в поезде со станцией назначения «не» Челябинск-Главный);
- рабочий парк вагонов (количество вагонов, находящихся на путях общего и не общего пользования станции за отчетный час, или среднее по часам за отчетный период);
- простой транзитного вагона без/с переработкой (среднее время нахождения вагона без/с переработкой на станции — от прибытия до отправления).

Также для формирования ДО-24ВЦ используются два показателя — количество отцепленных по техническим и коммерческим неисправностям вагонов от готовых поездов своего формирования и транзитных и переработка вагонов на горке. Однако эти показатели находятся за пределами исследования настоящей работы в связи с их более частным характером формирования по сравнению с остальными.

Для ведения объективной модели состояния грузовой сортировочной станции в реальном времени реализована система контроля и подготовки информации о перемещениях вагонов и локомотивов на станции в реальном времени (СКПИ ПВЛ РВ) [8]. Данная система строит вагонную и локомотивную модели станции на основе данных, получаемых «от колеса», используя информацию от устройств фиксации прохода осей (УФПО) и устройств технического зрения. Полученные данные «от колеса» объединяются (комплексированы [9])

<sup>3</sup> Инструктивные указания о порядке автоматизированного ведения внутренней формы статистической отчетности ДО-24ВЦ «Отчет о работе сортировочных станций» (с изм., утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 17.11.2009 № 2353р).

с информацией от смежных систем и систем верхнего уровня (АСОУП<sup>4</sup> [10], АСУ СТ<sup>5</sup> [11], КСАУ СП<sup>6</sup> [12], ППСС<sup>7</sup> [13], МАЛС<sup>8</sup> [14]) для получения актуальной модели расположения подвижных единиц на станции.

*Целью настоящей работы* является описание нового подхода к расчету основных показателей работы сортировочной станции — простоя, прибытия, отправления, вагонооборота, объема парка вагонов с переработкой и без переработки, а также рабочего парка грузовых вагонов на сортировочной станции по данным «от колеса». В работе представлена реализация метода расчета показателей на реальном объекте внедрения системы СКПИ ПВЛ РВ в частности и проекта ЦЖС в целом на грузовой станции Челябинск-Главный. Показано сравнение с аналогичными показателями, рассчитанными по данным ручного ввода в АСУ СТ на основании технологического процесса станции Челябинск-Главный.

## 2. Используемые данные

Система СКПИ ПВЛ РВ, являющаяся программно-аппаратным продуктом, реализует автоматическое ведение вагонной и локомотивной модели грузовой сортировочной станции на основе данных «от колеса», то есть фиксируя прохождение колесных пар вагонов специальными датчиками (УФПО) и сопоставляя эту информацию с данными информационных систем верхнего уровня — АСОУП или Единой модели данных перевозочного процесса (ЕМД ПП). Пара УФПО, расположенная в одном шпальном ящике на разных рельсах, формирует счетную точку (СТ).

Для контроля и проверки номеров подвижных единиц, а также их количества датчики УФПО на входах станции и переходах в неконтролируемые зоны дополняются устройствами технического зрения, формируя счетную точку универсальную (СТУ) (рис. 1).

<sup>4</sup> Автоматизированная система оперативного управления перевозками.

<sup>5</sup> Автоматизированная система управления станцией.

<sup>6</sup> Комплексная система автоматизации управления сортировочным процессом.

<sup>7</sup> Интегрированный пост автоматизированного приема и диагностики подвижного состава.

<sup>8</sup> Маневровая автоматическая локомотивная сигнализация.

Данные с видеочамер обрабатываются на основе методов машинного обучения двух типов: обнаружения объектов (object detection) [15] и сегментации изображений (image segmentation) [16]. Результаты работы методов представлены на рис. 2.



**Рис. 1.** Счетная точка универсальная  
Фото автора (Ольгейзер И. А.)

Результаты анализа данных на основе машинного обучения объединяются с данными о проследовании через УФПО, формируя информацию о подвижных единицах, прошедших СТУ.

Обобщенная модель, формируемая на каждой счетной точке, представлена на рис. 3. Триггером для формирования модели данных о подвижном составе является информация об освобождении рельсовой цепи. Модели нейронной сети, разработанные авторами, предназначены для распознавания автосцепок и номеров вагонов (модель 1) и распознавания плохо читаемых номеров, где невозможно распознать все цифры номера (модель 2). Нераспознанные цифры заменяются символом «\*». Далее производится комплексирование информации от результатов работы нейронных





**Рис. 2.** Пример распознанных объектов в кадрах видеокамер СТУ

сетей 1 и 2 и обработчика информации УФПО. Если в результате этого этапа остались нераспознанные подвижные единицы, то переходим к комплексированию данных от предшествующих СТ/СТУ. На последующих этапах при необходимости осуществляется комплексирование данных от внешних систем. Аналогичным образом строятся модели составов на других СТУ. На основе данных от СТ/СТУ формируются сообщения для передачи в системы верхнего уровня.

Таким образом, СКПИ ПВЛ РВ формирует достоверную и надежную модель «от колеса» о вагонах и локомотивах внутри грузовой станции, дополненную внешними источниками информации, что позволяет, помимо основного функционала, также рассчитывать, а в дальнейшем на основании накопленной статистики и прогнозировать наиболее значимые показатели станции в автоматическом режиме.

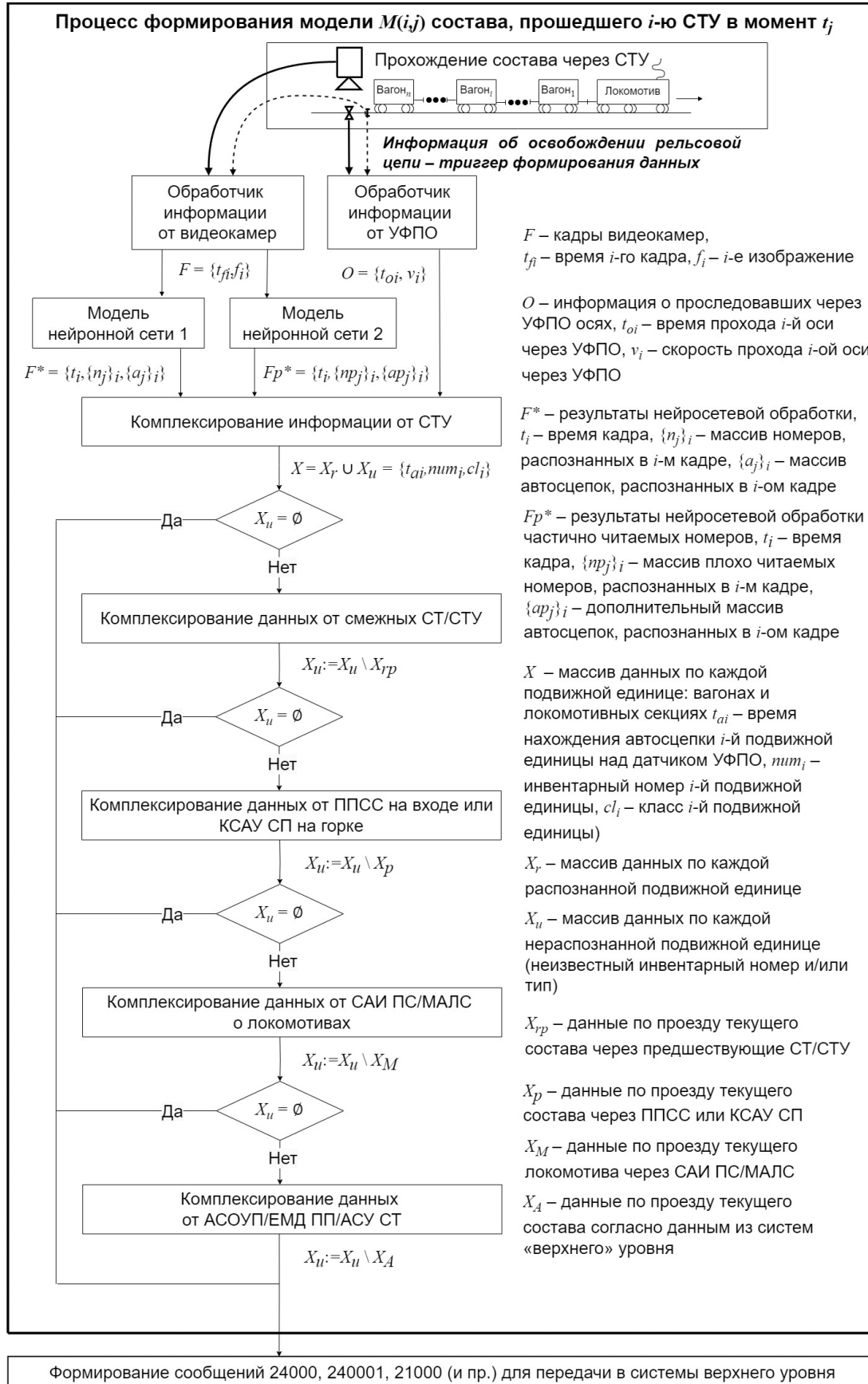
В настоящий момент, несмотря на внедрение системы СКПИ ПВЛ РВ на станции Челябинск-Главный [17], большинство показателей сортировочной станции все еще формируется на основе ручного ввода информации о прибытии, отправлении, ограждении и других технологических операциях,

отражающих эффективность работы грузовой станции. Это связано с рядом причин, среди которых незавершенный переход к автоматизированной системе управления станцией нового поколения (АСУ СТ НП), наличие неконтролируемых и нецентрализованных участков (пассажирский парк, вагонное и локомотивное депо, переходы между ними), а также необходимость психологической перестройки работников станции для работы в автоматическом режиме управления грузовой станцией (переход от роли управляющего системой к роли наблюдателя и равноправного участника процесса).

Далее в работе представлена реализация автоматического расчета показателей сортировочной станции на основе результатов комплексирования информации с помощью СКПИ ПВЛ РВ — объединения данных об артефактах подвижных единиц (номеров, автосцепных устройств, колесных пар и других данных) на кадрах устройств технического зрения [18], обработанных методами автоматического обнаружения [15] и сегментации [16] объектов, информации о прохождении колесных пар от УФПО, устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, а также смежных систем автоматизации сортировочных процессов.

### 3. Рассчитываемые показатели

В качестве исследуемых параметров использованы показатели из справки о работе сортировочной станции по форме ДО-24ВЦ (пример справки приведен в табл. 1), а также пономерной журнал прибытий и отправок ДУ-3 (табл. 2) и справка о простоях ДОБ-ВЦ (табл. 3). Данные показатели реализуются в настоящее время на основе исторических данных ручного ввода информации о технологических операциях. При этом они используются для формального расчета эффективности работы станции и принимаются к учету при оптимизации работы, расчете ключевых показателей эффективности работников, а также планировании поездной работы. До настоящего времени все еще не реализована методика расчета объективных показателей, формируемых «от колеса». Приведенные в следующем разделе расчеты могут быть в дальнейшем использованы при формировании такой методики.



**Рис. 3.** Обобщенная модель формирования данных о составе поезда (группы вагонов, сцепа), передаваемых системой СКПИ ПВЛ РВ в системы «верхнего уровня»

**Таблица 1. Пример справки ДО-24ВЦ по станции Челябинск-Главный, формируемой в АСУ СТ (май 2024 года)**

ВЦ ЮУЖД 28.05.2024 16:12:07					
Справка о работе сортировочной станции. ф. ДО-24 ст. «Челябинск» за период 30.04.24 18:01 – 28.05.24 15:00 (месяц)					
№ п/п	Наименование показателя	Норма	Значение	Нечетная система	Четная система
1	Прибыло поездов, всего		127	62	65
2	Отправлено поездов, всего		120	59	61
3	В том числе своего формирования		90	37	53
4	Вагонооборот		15671	7637	8033
5	Количество транзитных вагонов с переработкой		5890	2432	3458
6	Количество транзитных вагонов без переработки		2148	1537	611
7	Рабочий парк вагонов		4568	2266	2301
8	Количество отцепок по техническим неисправностям		23	19	4
9	Количество отцепок по коммерческим неисправностям				
10	Переработка вагонов		1733	792	941
11	Простой транзитного вагона переработки (в час.)	2,2	2,31	2,48	1,88
12	Простой вагонов в задержанных в продвижении составах				
13	Простой без учета вагонов в задержанных в продвижении составах	2,2	2,31	2,48	1,88
14	Закрепление ограждения состава (Д)	0,3	0,06	0,06	0,05
15	Техническая подготовка состава (В)	1	0,14	0,19	0,06
16	В том числе в ожидании обработки	0,25	0,01	0,04	
17	В том числе под обработкой	0,75	0,13	0,15	0,06
18	Обеспечение поезда тягой	0,3	1,44	1,57	1,11
19	Обеспечение поезда тормозами	0,3	0,41	0,41	0,4
20	Ожидание отправления	0,3	0,26	0,25	0,26
21	Обработка состава для транзитных без переработки, проследовавших гарантийный участок		0,64	0,64	0,65
22	Простой транзитных с переработкой, вагона (в час), всего	14	17,25	19,9	15,39
23	От прибытия до начала расформирования состава		2,96	3,16	2,82
24	Закрепление и ограждение состава (Д)	0,3	0,27	0,25	0,28
25	В том числе в ожидании обработки		0,41	0,27	0,5
26	В том числе в обработке	0,5	0,33	0,35	0,33
27	Ожидание расформирования		1,95	2,29	1,71
28	Расформирование	0,26	0,76	0,92	0,65
29	Простой в сортировочном парке, всего	9,59	10,43	12,39	9,05
30	В том числе в накоплении	7,84	7,94	9,18	7,06
31	В том числе в ожидании формирования (перестановки)	0,8	2,18	2,91	1,67
32	В том числе в формировании и перестановке	0,95	0,31	0,3	0,32
33	От окончания формирования или выставки в парк отправления поезда, всего	2,1	3,1	3,43	2,87

**Таблица 2. Пример вывода на печать пономерного журнала на ст. Челябинск-Главный, сформированного в АСУ СТ за май 2024 года**

АСУСТ ВЦ ЮУЖД 18.07.2024 09:39									
ПРИБЫТИЕ ПОЕЗДОВ									
Станция ЧЕЛЯБИНСК-ГЛАВНЫЙ									
за период с 30.04.24 18:00 по 31.05.24 18:00									
№	поезд		время приб.	откуда	ваг.	вес	удл.	п/путь	голова/хвост
1	2938 8066 744 8000	Г	30.04 18:17	800243	63	1818	71	2/ 15	57808479/08180952
2	2533 8500 902 8000	Г	30.04 18:31	801301	70	5113	80	2/ 7	63696983/90851684
3	2540 8176 372 8000	Г	30.04 19:07	800417	69	4133	71	2/ 10	52902228/52508181
4	2594 8176 375 8000	Г	30.04 19:27	800417	71	1751	71	2/ 9	60679701/54608112
5	2474 6300 427 8000	Г	30.04 20:25	800243	68	4930	80	2/ 4	28890333/28840130
6	2928 6300 433 8000	Г	30.04 21:07	800243	71	6230	80	2/ 8	91871020/65420978
7	2633 8400 400 8000	Г	30.04 21:31	801301	67	4969	69	2/ 15	66104308/54624010
8	1026 6372 836 9861	Г	30.04 21:54	800243	42	3123	71	6/ 15	94352432/94874021
9	4412 0001 931 8000	Л	30.04 23:15	800243	0	0	0	2/ 18	00000000/00000000
10	3782 8046 173 8000	Г	30.04 23:58	800417	35	3250	39	2/ 14	61274908/52630019
11	2452 6500 272 8000	Г	01.05 00:09	800243	73	5087	71	2/ 11	60558228/60213014
12	2434 6526 096 8000	Г	01.05 00:17	800243	59	2557	59	2/ 7	61926424/58240029
13	2306 6573 447 8000	Г	01.05 00:28	800243	72	3964	80	2/ 10	93756799/53883906
14	2564 8176 377 8000	Г	01.05 00:40	800417	71	3059	71	2/ 13	59526863/54781166
15	2468 4384 159 8175	Г	01.05 01:00	800243	66	6273	66	2/ 4	52491958/64779747
16	2310 8006 513 8000	Г	01.05 01:11	800605	53	3189	69	2/ 8	54148754/52135266
17	2838 1800 563 7800	Г	01.05 01:45	800243	63	3922	71	2/ 9	54302260/66849712
18	2566 8176 376 8000	Г	01.05 01:47	800417	68	5568	70	2/ 15	52270790/55384408
19	3792 8042 727 8000	Г	01.05 02:21	800417	64	3281	68	2/ 14	29075686/58934654
20	3004 8053 530 8000	Г	01.05 02:39	800243	15	981	17	2/ 5	55640650/42420927

Окончание табл. 2

АСУСТ ВЦ ЮЖД 18.07.2024 09:39									
ПРИБЫТИЕ ПОЕЗДОВ									
Станция ЧЕЛЯБИНСК-ГЛАВНЫЙ									
за период с 30.04.24 18:00 по 31.05.24 18:00									
№	поезд		время приб.	откуда	ваг.	вес	удл.	п/путь	голова/хвост
21	3794 8004 076 8000	Г	01.05 03:15	800417	59	4452	60	2/ 10	57659286/62452578
22	2704 6500 273 8000	Г	01.05 03:21	800243	70	2543	71	2/ 7	50576479/94952090
23	3548 8000 291 7800	Г	01.05 03:30	800417	67	3284	71	6/ 14	53540514/94293255
24	3526 8003 657 8000	Г	01.05 03:37	800243	42	2667	40	2/ 3	62154471/95996849
25	2568 8100 911 8000	Г	01.05 03:49	800417	69	6112	69	2/ 13	42408724/64079924
26	2504 8176 379 8000	Г	01.05 04:23	800417	70	5456	71	2/ 15	64769615/52592169
27	2574 8100 912 8000	Г	01.05 04:30	800417	68	3301	70	2/ 8	55180426/28073583
28	3602 8031 094 8000	Г	01.05 04:38	801405	48	1320	44	2/ 5	98948276/65212748
29	8502 0001 138 8000	Л	01.05 04:40	800243	0	0	0	6/ 4	00000000/00000000
30	4404 0001 863 8000	Л	01.05 04:50	800243	0	0	0	2/ 9	00000000/00000000
31	2506 8175 917 8000	Г	01.05 05:26	800417	66	1598	66	2/ 14	52355716/65480923
32	4402 0001 455 8000	Л	01.05 05:32	800243	0	0	0	2/ 3	00000000/00000000
33	2708 8066 746 8000	Г	01.05 05:55	800243	71	2745	71	2/ 3	53680690/50897248
34	3576 8014 296 8000	Г	01.05 06:01	801405	46	1101	46	2/ 15	60723947/63971568
35	2295 8006 515 8000	Г	01.05 06:27	801301	50	4097	71	2/ 9	54938204/52385358
36	4802 0001 789 8000	Л	01.05 07:05	800101	0	0	0	2/ 8	00000000/00000000
37	3592 8025 034 8000	Г	01.05 07:29	801405	41	3814	42	2/ 13	56730666/63645170
38	2202 6110 414 8000	Г	01.05 08:05	800243	75	2896	70	2/ 8	50836444/52958048
39	4882 0001 001 8000	Л	01.05 08:11	800101	0	0	0	2/ 7	00000000/00000000
40	2514 8176 380 8000	Г	01.05 08:33	800417	70	2787	71	2/ 7	65029183/64768831



Таблица 3. Пример справки ДО-6ВЦ, вручную заполняемой работниками станции Челябинск-Главный в мае 2024 года

Станция	Простой транзитных вагонов									
	Без переработки			С переработкой			Общий транзитный			
	Количество вагонов	Вагонов в час	Среднее время простоя	Количество вагонов	Вагонов в час	Среднее время простоя	Количество вагонов	Вагонов в час	Среднее время простоя	Количество вагонов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
01.05.24	1819	4654	2,56	6024	117627	19,53	7843	122281	15,59	
02.05.24	1790	5348	2,99	5534	108389	19,59	7324	113737	15,53	
03.05.24	1706	4943	2,9	6209	122344	19,7	7915	127287	16,08	
04.05.24	2259	4525	2	6164	107174	17,39	8423	111699	13,26	
05.05.24	2420	4954	2,05	6466	112980	17,47	8886	117934	13,27	
06.05.24	2388	5857	2,45	5724	108291	18,92	8112	114148	14,07	
07.05.24	1774	4411	2,49	6006	123370	20,54	7780	127781	16,42	
08.05.24	2097	4992	2,38	5065	93158	19,39	7162	98150	13,7	
09.05.24	2401	6338	2,64	5260	96076	18,27	7661	102414	13,37	
10.05.24	1923	5585	2,9	6204	101525	16,36	8127	107110	13,18	
11.05.24	2540	5369	2,11	6247	106525	17,05	8787	111894	12,73	
12.05.24	2267	4645	2,05	6511	104978	16,12	8778	109623	12,49	
13.05.24	2631	5151	1,96	5712	101183	17,71	8343	106334	12,75	
14.05.24	2478	5673	2,29	5332	96907	18,17	7810	102580	13,13	
15.05.24	1654	4160	2,52	6215	118250	19,03	7869	122410	15,56	
16.05.24	1968	4726	2,4	6111	94935	15,54	8079	99661	12,34	
17.05.24	2055	4845	2,36	5637	83293	14,78	7692	88138	11,46	
18.05.24	2653	4675	1,76	6070	86056	14,18	8723	90731	10,4	
19.05.24	2544	5769	2,03	6154	93448	15,18	8698	98617	11,34	

#### 4. Результаты расчетов «от колеса»

Расчет данных «от колеса» основан на преобразовании результатов комплексирования данных системы СКПИ ПВЛ РВ в технологические показатели ДО-24ВЦ.

Стоит отметить, что в исходном виде выходные данные СКПИ ПВЛ РВ представляют собой большие данные — неструктурированную разнородную информацию большого объема, получаемую от различных источников данных (УФПО, СТУ, системы верхнего уровня и др.), обработка которых создает дополнительные программно-аппаратные сложности [19]. Для исключения сложностей больших данных в технологических расчетах использованы обработанные результаты функционирования СКПИ ПВЛ РВ, а именно: журналы о перемещении групп вагонов с пути станционного парка (сообщение 24000), о перестановке группы вагонов на путь станционного парка (сообщение 24001) и о проследовании СТУ/ДСО (сообщение 20000) по входным СТУ, отправляемые СКПИ ПВЛ РВ в системы верхнего уровня.

Триггерные события для формирования исследуемых параметров:

1. Прибытие поезда  $T_p$  — сообщение с. 20000 по входной СТУ, если в течение следующих 30 минут не будет зафиксировано отправление с того же парка (что означает проследование).

2. Отправление поезда  $T_o$  — наличие сообщения с. 24000 по группе вагонов в парке отправления (или в приемоотправочном парке), если в течение следующих 30 минут не будет зафиксировано сообщение с. 24001 по этой группе вагонов и если в течение предыдущих 30 минут не было зафиксировано прибытие на тот же парк.

3. Вагонооборот  $C$  — сумма прибывших (в поездах согласно п. 1) и отправленных (в поездах согласно п. 2) вагонов в сутки.

4. Количество транзитных вагонов без переработки  $C_t$  — количество вагонов в отправленных поездах, если по прибытии более 50 % вагонов поезда совпадает по инвентарному номеру и позиции в отправленном поезде<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> В п. 4–6 не учитываются также местные (со станцией назначения Челябинск-Главный), пассажирские (инвентарный номер начинается на «0») вагоны и локомотивы (инвентарный номер начинается на «0»).

5. Количество транзитных вагонов с переработкой  $C_p$  — разница количества вагонов в отправленных поездах и количества транзитных вагонов без переработки.

6. Простой вагонов  $D$  — разница между временем отправления и прибытия вагона. Рассчитывается на момент отправления.

7. Рабочий парк вагонов  $W$  — количество вагонов на станции в заданный момент времени (например, на конец смены).

#### 5. Анализ полученных результатов и сравнение с данными АСУ СТ

Сравнение полученных результатов с данными из АСУ СТ за первое полугодие 2024 года представлено в табл. 4 по следующим параметрам:

- прибыло поездов  $A$  — количество прибывших поездов на станцию, удовлетворяющих условию:

$$T_{i-1} < T_p < T_i, \quad (1)$$

где  $T_i$  — конец  $i$ -х суток;

- отправлено поездов — количество отправленных поездов на станцию, удовлетворяющих условию:

$$T_{i-1} < T_o < T_i; \quad (2)$$

- вагонооборот — сумма вагонов поездах, удовлетворяющих условиям (1) и (2);
- количество транзитных вагонов без переработки  $C_t$  в поездах, удовлетворяющих условию (2). Для СКПИ ПВЛ РВ определяется как вагоны в составах, изменившихся не более чем на 50 % от прибытия (п. 4 «Результаты расчетов «от колеса»); для ДО-24 ВЦ определяется как вагоны в составах с индексом, станция прибытия в котором отличается от станции Челябинск-Главный;
- количество транзитных вагонов с переработкой  $C_p$ ;

$$C_p = C - C_t, \quad (3)$$

где  $C$  — количество вагонов в поездах, удовлетворяющих условию (2) и не являющихся местными (станция назначения вагона «не» Челябинск-Главный);

- простой вагонов без переработки  $D_p$ , рассчитывается как  $T_o - T_p$  для вагонов без переработки;
- простой вагонов с переработкой  $D_p$ , рассчитывается как  $T_o - T_p$  для вагонов с переработкой;
- рабочий парк  $W$ , рассчитывается как среднее значение рабочего парка, полученное в конце каждого часа между  $T_{i-1} < T_o < T_i$ :

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^{24} W_{ij}}{24}, \quad (4)$$

где  $W_i$  — значение рабочего парка за  $i$ -е сутки;  
 $W_{ij}$  — значение рабочего парка на конец  $j$ -го часа  $i$ -х суток.

За расчетный период (месяц) для каждого из вышеперечисленных параметров рассчитывалось среднее значение:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (5)$$

где  $n$  — количество суток.

На основе анализа таблицы можно сделать следующие выводы:

1. Справка ДО-24ВЦ, формируемая АСУ СТ, по прибытиям-отправлениям (см. п. 1, 2 триггерных событий) расходится с данными «от колеса».

2. Расхождение данных «от колеса» и эксплуатируемых информационных систем с данными ручного ввода информации составило в среднем 10 % для простоя с переработкой (см. п. 6 триггерных событий) и 58 % для простоя без переработки (см. п. 7 триггерных событий).

### 5. Выявление причин расхождений ДО-24ВЦ и данных «от колеса»

Для определения причин расхождения данных «от колеса» по прибытии-отправлении была проанализирована также пономерная справка прибытия-отправления, формируемая АСУ СТ (см. табл. 4), которая практически совпала с данными СКПИ ПВЛ РВ «от колеса», что косвенно подтверждает объективность сформированных данных «от колеса».

С целью углубленного анализа причин расхождения данных о простоях были проверены конкретные случаи прибытия, перемещения и отправки вагонов. По анализируемым случаям вагонов с переработкой был выявлен ряд

различий, связанных со спецификой формирования показателей согласно технологическому процессу станции и влиянием человеческого фактора на формирование данных справки ДО-24ВЦ.

Так, например, на увеличение простоя по данным «от колеса» влияют вагоны, исключаемые из рабочего парка по техническим причинам, но фактически в то же время еще находящиеся на путях станции.

Также транзитные составы, изначально не планируемые к переработке, могут направляться в переработку, проходить через сортировочную горку. Это приводит к отличию рассчитанных показателей «от колеса» и от АСУ СТ за счет отнесения поезда с индексом транзитного к группе поездов с переработкой.

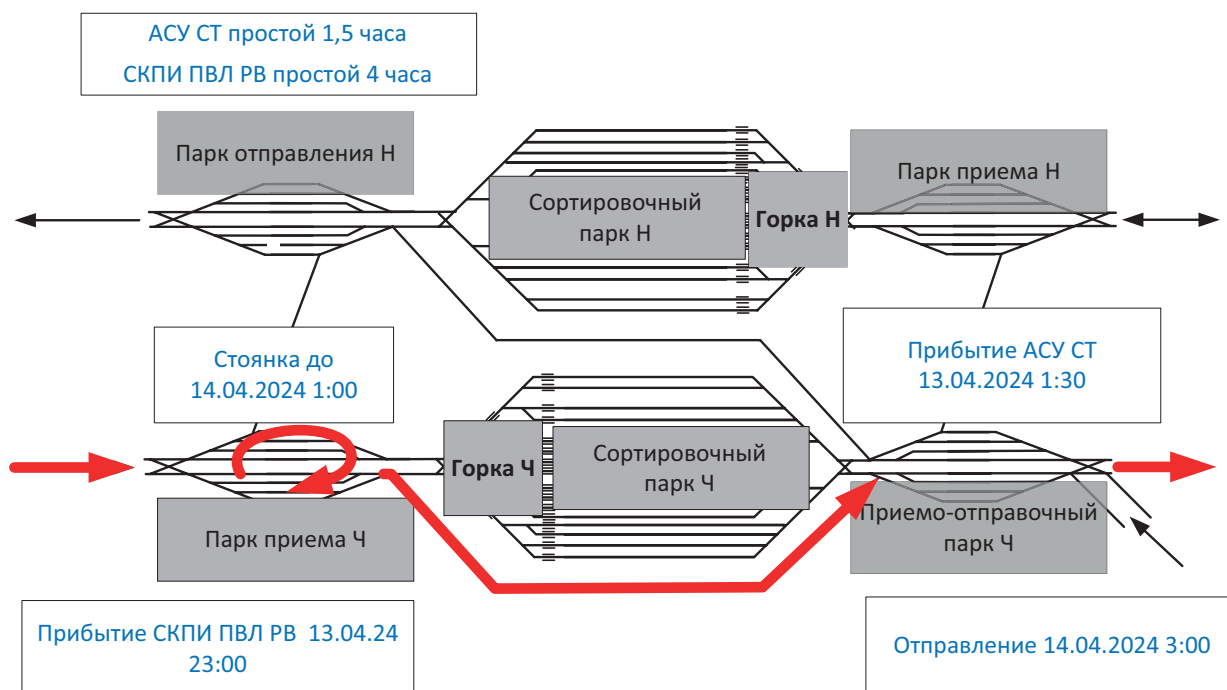
Еще одной особенностью технологического процесса конкретной станции является то, что, согласно технологическому процессу станции Челябинск-Главный, прибытие транзитным поездам формируется в первом парке станции, в котором с данным типом составов выполняются какие-либо технологические операции. С транзитными составами на станции Челябинск-Главный выполняются операции (смена локомотивной бригады) в парке отправления, по этой причине прибытие таким составам заносится в АСУ СТ по факту прибытия в парк отправления. Между тем данные составы неизбежно входят на станцию через парк прибытия и по различным причинам могут находиться там продолжительное время до перемещения в парк отправления (рис. 4).

Как видно из результатов сравнения (табл. 4), наибольшие отклонения выявляются в показателе «Простой без переработки» (на величину от одного до двух часов). Это связано с неточностями в местных нормативных документах и субъективным подходом к принятию решения по маршрутам проследования транзитных составов через сортировочную систему.

В табл. 4 знак «/» выбран авторами в качестве разделителя. В разные месяцы количество параметров одинаковое. Оно различается для разных наименований из-за неактуальности использования количества поездов (АСУ СТ) для расчета времени. Числовые данные приведены в порядке согласно наименованию, например: СКПИ / АСУ СТ / ДО-24ВЦ.

Таблица 4. Сравнительная таблица показателей станции, по данным ручного ввода и данным «от колеса»

№ п/п	Наименование	Норма	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Прибыло поездов (СКПИ ПВЛ РВ/АСУ СТ/ ДО-24ВЦ)	128	119/120/116	121/122/118	132/132/127	130/130/125	131/131/126	124/124/120
2	Отправлено поездов (СКПИ ПВЛ РВ/АСУ СТ/ ДО-24ВЦ)	122	117/115/112	116/117/113	127/127/122	122/122/117	128/124/119	121/119/115
3	Вагонооборот (СКПИ ПВЛ РВ/АСУ СТ/ ДО-24ВЦ)	15 904	14 845/14 870/14 696	14 672/14 709/14 519	16 185/16 210/15 887	15 529/15 594/15 323	15 806/15 756/15 561	15 270/15 242/15 064
4	Кол-во вагонов без переработки (СКПИ ПВЛ РВ/ДО-24ВЦ)	2 180	2 442/2 632	2 241/2 353	2 159/2 163	1 913/1 911	2 121/2 119	2 212/2 229
5	Кол-во вагонов с переработкой (СКПИ ПВЛ РВ/АСУ СТ/ ДО-24ВЦ)	5 724	5 050/5 267	5 175/5 203	5 993/6 028	5 878/5 875	5 864/5 857	5 491/5 416
6	Простой вагонов без переработки (СКПИ ПВЛ РВ/ДО-24ВЦ)	2,20	4,68/2,47	4,27/2,37	3,23/2,17	3,32/2,32	3,66/2,34	3,24/2,5
7	Простой вагонов с переработкой (СКПИ ПВЛ РВ/ДО-24ВЦ)	14,00	24,59/21,28	24,5/21,7	18,35/16,73	16,96/15,3	18,69/17,33	23,21/22,01
8	Рабочий парк (СКПИ ПВЛ РВ/ДО-24ВЦ)	4 200	5 035/5 056	5 019/5 236	4 330/4 311	3 940/4 214	4 445/4 576	5 214/5 445



**Рис. 4.** Иллюстрация примера различия простоев без переработки по СКПИ ПВЛ РВ и АСУ СТ (Ч — четная система, Н — нечетная система)

### Заключение

В проведенном исследовании получены следующие важные результаты, подтверждающие актуальность использования данных «от колеса» при расчете показателей работы грузовой сортировочной станции.

Транзитные составы без переработки могут находиться фактически в парке приема, а формально быть за пределами станции. Это требует гармонизации нормативной документации с необходимостью фиксации фактов выполнения технологических операций «от колеса».

Показатели ДО-24ВЦ, полученные на основе ручного ввода, также отличаются от автоматических показателей «от колеса» по причине отсутствия увязки формальных признаков формирования сообщений для ручного ввода и реальных данных «от колеса».

В дальнейших исследованиях планируется изучение динамики изменения основных показателей работы сортировочной станции для идентификации различных режимов работы и дальнейшего превентивного обнаружения критических состояний для принятия мер по обеспечению эффективности грузовых железнодорожных перевозок. ▲

### Библиографический список

1. Захаров Д. В. Цифровизация экономики: проблемы и перспективы // Развитие науки, национальной инновационной системы и технологий: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции (13 мая 2020 г.). Белгород: АПНИ, 2020. С. 102.
2. Nadkarni S., Prügl R. Digital transformation: a review, synthesis and opportunities for future research // Management Review Quarterly. 2021. Т. 71. Р. 233–341.
3. Развитие комплекса системообразующих технических решений цифровой станции / А. Е. Хатламджиян [и др.] // Труды АО «НИИАС»: сборник статей. 2021. Т. 2. Вып. 11. С. 26–37.
4. Khabarov V. I., Volegzhanina I. S. Digital Railway as a precondition for industry, science and education interaction by knowledge management // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Т. 918. № 1. Р. 012189.
5. Shubinsky I. B., Rozenberg E. N., Schäbe H. Methods for ensuring and proving functional safety of automatic train operation systems // Reliability: Theory & Applications. 2024. Т. 19. № 1 (77). С. 360–375.
6. Цифровая железнодорожная станция — от концепции к реальному внедрению / В. Е. Андреев



- [и др.] // Автоматика, связь, информатика. 2023. № 9. С. 2–6.
7. Выполнение проекта «Цифровая сортировочная станция» в рамках реализации программы «Цифровая экономика Российской Федерации» / Е. А. Заболотская [и др.] // Modern Science. 2020. № 12–4. С. 82–87. EDN JCTTJB.
  8. Шабельников А. Н., Смородин А. Н. Комплексная автоматизация узловой сортировочной станции // Автоматика, связь и информатика. 2018. № 4. С. 12–14.
  9. A survey on machine learning for data fusion / T. Meng [et al.] // Information Fusion. 2020. Т. 57. P. 115–129.
  10. Макарова А. А. Автоматизированная система оперативного управления перевозками // Экосистема цифровой экономики: проблемы, реалии и перспективы. Орел: ОрелГУЭТ, 2018. С.114–118.
  11. Никандров В. А. От организационного единства к плодотворному сотрудничеству // Автоматика, связь, информатика. 2011. № 7. С. 11.
  12. Ольгейзер И. А. Безопасность роспуска составов на сортировочных горках. Граничные условия функционирования при эксплуатации горочных систем автоматизации // Безопасность движения поездов: труды XIX Всероссийской научно-практической конференции. М., 2019. Ч. 1. С. 65–67.
  13. Хатламаджиян А. Е., Лебедев А. И. Интегрированный пост автоматизированного приема и диагностики подвижного состава на сортировочных станциях // Вагоны и вагонное хозяйство. 2019. № 2. С. 9–13.
  14. Замышляев А. М., Калинин А. В., Долганюк С. И. Система МАЛС: задачи и перспективы // Автоматика, связь, информатика. 2016. № 10. С. 30–33.
  15. UAV-YOLOv8: A small-object-detection model based on improved YOLOv8 for UAV aerial photography scenarios / G. Wang [et al.] // Sensors. 2023. Т. 23. № 16. P. 7190.
  16. Image segmentation based on improved unet / X. Li [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Т. 1815. № 1. P. 012018.
  17. Шабельников А. Н., Ольгейзер И. А., Суханов А. В. Концепция цифровой платформы на сортировочных станциях // Мир транспорта. 2021. Т. 19. № 1. С. 60–73. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-1-60-73.
  18. Laroca R., Boslooper A. C., Menotti D. Automatic Counting and Identification of Train Wagons Based on Computer Vision and Deep Learning. URL: <https://arxiv.org/abs/2010.16307>.
  19. Trends and future perspective challenges in big data / M. Naeem [et al.] // Advances in Intelligent Data Analysis and Applications: Proceeding of the Sixth Euro-China Conference on Intelligent Data Analysis and Applications (15–18 October 2019, Arad, Romania). Springer Singapore, 2022. P. 309–325.

TRANSPORT AUTOMATION RESEARCH. 2024. Vol. 10, no. 3. P. 254–268  
DOI: 10.20295/2412-9186-2024-10-03-254-268

### Formation of objective indicators of marshalling yard performance based on data “from the wheel”

#### Information about authors

**Khatlamadzhyan A. E.**, PhD in Engineering, Associate Professor, Deputy Director. E-mail: [a.hatlamadzhyan@vniias.ru](mailto:a.hatlamadzhyan@vniias.ru)

**Olgeyzer I. A.**, PhD in Engineering, Associate Professor, First Deputy Director of the Rostov Branch. E-mail: [olgeyzer@rfniias.ru](mailto:olgeyzer@rfniias.ru)

**Sukhanov A. V.**, PhD in Engineering, Associate Professor, Deputy Head of the Department of Innovative and Intelligent Technologies of the digital station of the Rostov Branch. E-mail: [suhanov@rfniias.ru](mailto:suhanov@rfniias.ru)

**Jerusalimov V. S.**, Head of the Rolling Stock Digital Deployment Sector. E-mail: [v.jerusalimov@vniias.ru](mailto:v.jerusalimov@vniias.ru)

JSC Research and Design Institute of Informatization, Automation and Communication in Railway Transport (JSC NIAS), Moscow, Rostov-on-Don.

**Abstract:** The paper presents a new principle for forming freight marshalling yard indicators based on the use of data from various reading devices and sensors located on the station tracks (data “from the wheel”). The paper shows the relevance and

objectivity of using the proposed approach, implementing the presented principles for obtaining real freight yard indicators. The implementation is presented on the basis of data generated by the system for monitoring and preparing information on the movements of wagons and locomotives at the station in real time. The difference between the results obtained as a result of implementing the proposed approach and the information generated in real certificates and reporting journals of Russian Railways JSC is shown. Hypotheses-descriptions of the difference between information “from the wheel” and information obtained by manual input of data on the movements of cars and locomotives are proposed. The conclusion describes further prospects for automation of calculation and forecasting of station operation based on data “from the wheel”.

**Keywords:** marshalling yard, wheel-based yard model, freight transportation planning, yard performance indicators.

#### References

1. Zaharov D. V. Cifrovizaciya ekonomiki: problemy i perspektivy // Razvitie nauki, nacionalnoj innovacionnoj sistemy i tehnologii: sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (13 maya 2020 g.). Belgorod: APNI, 2020. S. 102. (In Russian).
2. Nadkarni S., Prügl R. Digital transformation: a review, synthesis and opportunities for future research // Management Review Quarterly. 2021. Т. 71. P. 233–341.

3. Razvitie kompleksa sistemoobrazuyushih tehnikeskikh reshenij cifrovoj stancii / A. E. Hatlamadzhian [i dr.] // Trudy AO "NIAS": sbornik statej. 2021. T. 2. Vyp. 11. S. 26–37. (In Russian).
4. Khabarov V. I., Volegzhanina I. S. Digital Railway as a precondition for industry, science and education interaction by knowledge management // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. T. 918. № 1. P. 012189.
5. Shubinsky I. B., Rozenberg E. N., Schäbe H. Methods for ensuring and proving functional safety of automatic train operation systems // Reliability: Theory & Applications. 2024. T. 19. № 1 (77). S. 360–375.
6. Cifrovaya zheleznodorozhnaya staniya — ot koncepcii k real'nomu vnedreniyu / V. E. Andreev [i dr.] // Avtomatika, svyaz', informatika. 2023. № 9. S. 2–6. (In Russian).
7. Vypolnenie proekta "Cifrovaya sortirovochnaya staniya" v ramkah realizacii programmy "Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii" / E. A. Zabolotskaya [i dr.] // Modern Science. 2020. № 12–4. S. 82–87. EDN JCTTJB. (In Russian).
8. Shabel'nikov A. N., Smorodin A. N. Kompleksnaya avtomatizaciya uzlovoj sortirovochnoj stancii // Avtomatika, svyaz' i informatika. 2018. № 4. S. 12–14. (In Russian).
9. A survey on machine learning for data fusion / T. Meng [et al.] // Information Fusion. 2020. T. 57. P. 115–129.
10. Makarova A. A. Avtomatizirovannaya sistema operativnogo upravleniya perevozkami // Ekosistema cifrovoj ekonomiki: problemy, realii i perspektivy. Orel: OrelGUET, 2018. S. 114–118. (In Russian).
11. Nikandrov V. A. Ot organizacionnogo edinstva k plodotvornomu sotrudnichestvu // Avtomatika, svyaz', informatika. 2011. № 7. S. 11. (In Russian).
12. Ol'gejzer I. A. Bezopasnost' rospuska sostavov na sortirovochnyh gorkah. Granichnye usloviya funkcionirovaniya pri eksploatacii gorochnyh sistem avtomatizacii // Bezopasnost' dvizheniya poezdov: trudy XIX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. M., 2019. Ch. 1. S. 65–67. (In Russian).
13. Hatlamadzhian A. E., Lebedev A. I. Integrirovannyj post avtomatizirovannogo priema i diagnostiki podvizhnogo sostava na sortirovochnyh stanciyah // Vagonny i vagonnoe xozyajstvo. 2019. № 2. S. 9–13. (In Russian).
14. Zamyshlyayev A. M., Kalinin A. V., Dolganyuk S. I. Sistema MALS: zadachi i perspektivy // Avtomatika, svyaz', informatika. 2016. № 10. S. 30–33. (In Russian).
15. UAV-YOLOv8: A small-object-detection model based on improved YOLOv8 for UAV aerial photography scenarios / G. Wang [et al.] // Sensors. 2023. T. 23. № 16. P. 7190.
16. Image segmentation based on improved unet / X. Li [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. 2021. T. 1815. № 1. P. 012018.
17. Shabel'nikov A. N., Ol'gejzer I. A., Suxanov A. V. Koncepciya cifrovoj platformy na sortirovochnyh stanciyah // Mir transporta. 2021. T. 19. № 1. C. 60–73. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-1-60-73. (In Russian).
18. Laroca R., Boslooper A. C., Menotti D. Automatic Counting and Identification of Train Wagons Based on Computer Vision and Deep Learning. URL: <https://arxiv.org/abs/2010.16307>.
19. Trends and future perspective challenges in big data / M. Naeem [et al.] // Advances in Intelligent Data Analysis and Applications: Proceeding of the Sixth Euro-China Conference on Intelligent Data Analysis and Applications (15–18 October 2019, Arad, Romania). Springer Singapore, 2022. P. 309–325.