

## ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

УДК 629.464.46

### Оптимизация метрологического обслуживания динамических вагонных весов

**Ю. И. Макаров, А. Г. Нуриев, Я. А. Гренадер, А. Н. Федорова**

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

**Для цитирования:** Макаров Ю. И., Нуриев А. Г., Гренадер Я. А., Федорова А. Н. Оптимизация метрологического обслуживания динамических вагонных весов // Бюллетень результатов научных исследований. — 2025. — Вып. 4. — С. 157–166. DOI: 10.20295/2223-9987-2025-4-157-166

#### Аннотация

**Цель:** Цель работы заключается в оптимизации метрологического обслуживания динамических весов для железнодорожных вагонов и поездов путем применения современных методов анализа, повышения точности и надежности измерений. В работе изучена методика поверки динамических весов, предложена таблица с графиком поверок, обеспечивающая своевременное и систематическое проведение метрологического обслуживания. Проведен анализ количества динамических весов и станций, на которых они установлены, что позволило оценить масштабы будущих работ. На основе полученных данных разработаны рекомендации по улучшению процессов поверки и калибровки, направленные на снижение погрешностей измерений и повышение эффективности эксплуатации весового оборудования. Результаты работы могут быть использованы для оптимизации работы железнодорожного транспорта и снижения затрат на техническое обслуживание. **Методы:** Анализ существующей методики поверки динамических весов; разработка нового испытательного состава для поверки весов и моделирование процесса поверки с использованием нового испытательного состава. **Результаты:** Выявлены недостатки поверки динамических весов; разработан способ поверки испытательным составом. Моделирование показало, что испытательный состав способен существенно сократить время поверки и повысить ее эффективность, снизив нагрузку на логистику локомотивов и железнодорожных составов. **Практическая значимость:** Предложен новый метод использования испытательного состава для поверки динамических весов на железнодорожных станциях; разработан маршрут курсирования испытательного состава, обеспечивающий поверку всех весов на Октябрьской железной дороге; определены периодичность и порядок проведения поверки весов. Исследование проведено на основе анализа данных поверки динамических весов на железнодорожных станциях Октябрьской железной дороги. Реализация предложенных рекомендаций обеспечит непрерывность работы и снизит затраты на метрологическое обслуживание.

**Ключевые слова:** Вагонные весы, испытательный состав, метрологическое обслуживание, поверка, межповерочный интервал.

## Введение

Необходимость обеспечения безопасности и бесперебойности движения железнодорожного транспорта, наличие значительного числа разнородных процессов приводят к необходимости использования при эксплуатации многообразия по функциональному назначению, конструктивному исполнению и точности средств измерений (далее — СИ) [1].

Значительное число СИ используется в области государственного регулирования обеспечения единства измерений, что обуславливает необходимость их обязательной периодической поверки [2]. Как правило, для подготовки к работе поверителям необходимо время на сбор рабочего персонала, подготовку СИ и возможное эталонное оборудование [3], иногда — необходимость использования специализированного подвижного состава и другой специальной техники.

Распространенными на железной дороге СИ являются динамические вагонные весы, с помощью которых измеряется как вес отдельных вагонов, так и составов [4].

В данной статье предложена оптимизация метрологического обслуживания динамических вагонных весов на основе проведенного анализа в рамках Октябрьской железной дороги.

## Методика поверки динамических вагонных весов

Согласно ГОСТ Р 8.598—2003 «Весы для взвешивания железнодорожных транспортных средств в движении. Методика поверки», для поверки вагонных весов необходимо собрать испытательный состав, состоящий из порожних, полностью и частично груженых контрольных вагонов. Испытательный состав должен включать в себя не менее 5 и не более 15 контрольных вагонов [5].

В соответствии с этим авторы рассмотрели состав из пяти вагонов — один вагон весопроверочный (далее — ВПВ), два порожних и два полностью груженых [6]. Данный состав был назначен после анализа метрологических характеристик всех динамических весов рассматриваемого полигона.

В настоящее время организация поверочных работ динамических вагонных весов на сети железных дорог состоит из следующих основных этапов:

- предприятие (далее — клиент), обслуживающее весы, подает заявку на проведение поверки в центр метрологии [7];
- заключение договора на основании заявки (обращения) клиента в центр метрологии с последующим предоставлением перечня копий учредительных документов;
- центр метрологии оказывает услуги по регламентированному техническому обслуживанию, предоставлению эталонов для проведения поверки и поверке вагонных весов с использованием ВПВ.

Испытательный состав прокатывают через поверяемые весы с одной стороны или с двух сторон (при тяге локомотива в одну сторону и при толкании в другую, если это предусмотрено в руководстве по эксплуатации) для получения не менее 60 результатов взвешиваний контрольных вагонов [8].

Для поверки только одних весов — с момента заявки о поверке до ее проведения — зачастую уходит 3–4 недели. Сначала собирается состав из пяти вагонов и бригада, которая будет проводить поверку; далее рассчитывается график движения испытательного состава; после начала движения состав делает остановки на различных станциях.

Образцовыми весами для испытательного состава являются весы пятого разряда [9]. Однако организации зачастую не имеют весов пятого разряда, поэтому по пути необходимо посетить еще и ближайшие «эталонные» вагонные весы. После этого испытательный состав возвращается обратно с учетом выстроенного графика.

Все эти недочеты и потраченное время влекут за собой значительные затраты для держателей весов 5-го разряда, для клиентов и для крупнейшего перевозчика российской сети железных дорог «Российские железные дороги» (далее — РЖД).

## Оптимизация поверки динамических вагонных весов

Решение задачи оптимизации проводилось в рамках Октябрьской железной дороги (далее — ОЖД). Основным элементом рассматриваемой оптимизации является предложение собрать один универсальный испытательный состав, который будет курсировать по расчетному маршруту с целью проведения поверки всех динамических весов ОЖД.

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие работы:

- проведен графический анализ карты ОЖД;
- выполнен расчет количества динамических весов и станций, на которых они располагаются;
- проведен анализ графиков поверки весов.

Расположение и количество динамических весов представлены на рисунке.

На основе представленной схемы был разработан маршрут движения испытательного состава (таблица). При разработке маршрута движения состава учитывалось:

- межпроверочный интервал весов;
- время движения до станции;
- время, отведенное на поверку весов [10].

По результатам проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

- на ОЖД 41 станция с динамическими весами;
- общее количество динамических весов — 69;
- возможно поверить все динамические весы ОЖД, применяя предлагаемую методику и соблюдая требуемые межпроверочные интервалы;
- суммарное время поверки всех весов ОЖД, применяя предлагаемую методику, составит 9 месяцев.

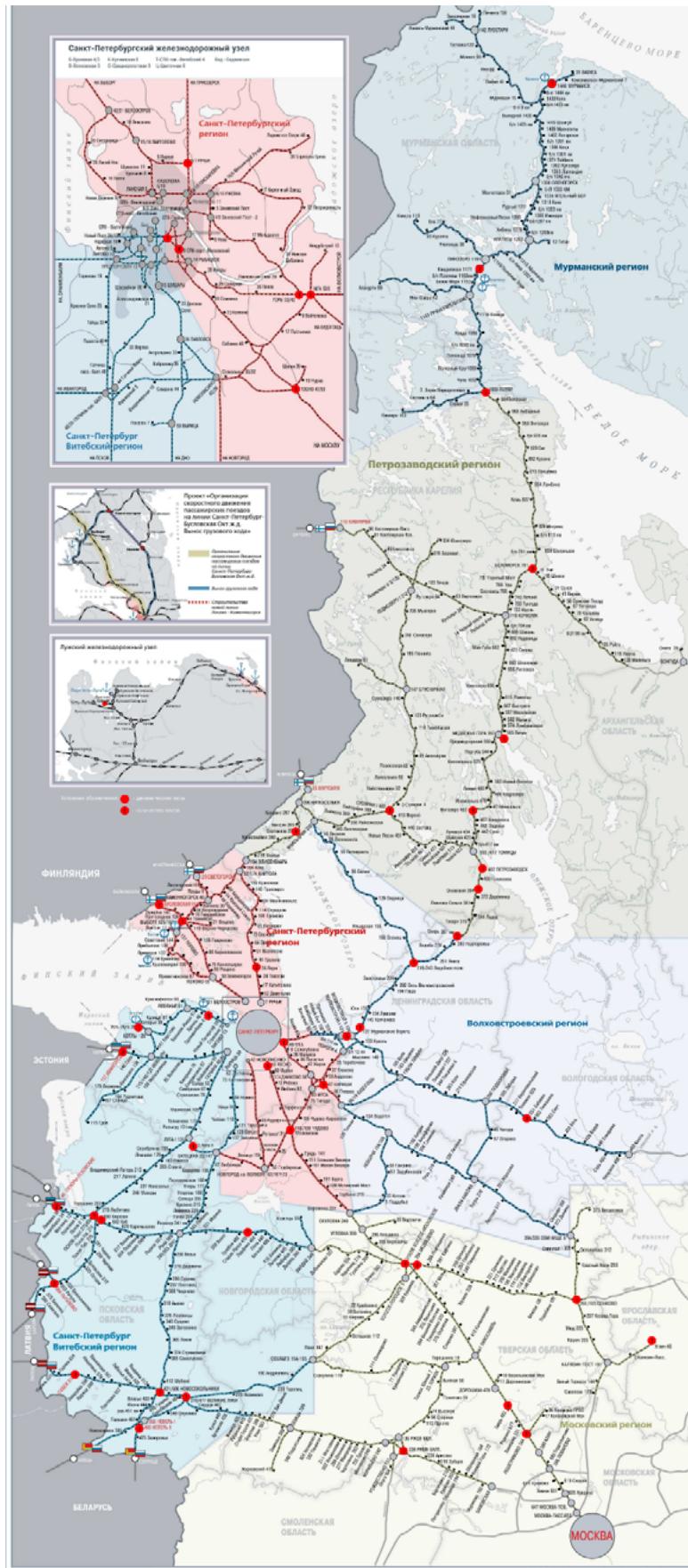


Схема расположения и количество динамических весов на ОЖД

## График поверки динамических весов ОЖД

№ п/п	Место установки	Тип весов	Изготовитель	Заводской/ приписной №	Год ввода в эксплу- атацию	Дата следующей проверки	Дата текущей проверки
1	ст. Невель-2	РТВ-Д	АСИ	171608	2017	01.02.2025	17.05.2024
2	ст. Невель-2	Веста-СД	АСИ	292	2007	02.02.2025	10.02.2024
3	ст. Великие Луки	ВТВ-Д	АСИ	8-24(98)	2000	05.02.2025	29.05.2024
4	ст. Новосокольники	ВТВ-Д	АСИ	345	2007	09.02.2025	18.07.2024
5	ст. Себеж	РТВ-Д	АСИ	181329	2018	14.02.2025	14.12.2024
6	ст. Себеж	РТВ-Д	АСИ	181335	2018	15.02.2025	17.04.2024
7	ст. Себеж	ВТВ-Д	АСИ	208	2003	16.02.2025	09.03.2024
8	ст. Старая Русса	Веста-СД	АСИ	395	2008	22.02.2025	05.06.2024
9	ст. Березки	РТВ-Д	АСИ	181300	2019	29.02.2025	27.04.2024
10	ст. Псков	ВТВ-Д	АСИ	205	2003	01.03.2025	23.01.2024
11	ст. Печоры	РТВ-Д	АСИ	181138	2018	06.03.2025	20.11.2024
12	ст. Печоры	ВТВ-Д	АСИ	152	2002	07.03.2025	28.08.2024
13	ст. Пыталово	РТВ-Д	АСИ	181137	2018	13.03.2025	21.12.2024
14	ст. Пыталово	Веста-СД	АСИ	121361	2013	14.03.2025	26.05.2024
15	ст. Ржев	РТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	181301	2019	20.03.2025	30.10.2024
16	ст. Ржев	ВТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	300	2005	21.03.2025	11.04.2024
17	Тверь	ВТВ-Д	ООО «Инженерный центр «АСИ», г. Кемерово	237	2004	26.03.2025	03.11.2024
18	Ст. Решетниково	РТВ-Д	ООО «Инженерный центр «АСИ», г. Кемерово	141374	2014	28.03.2025	23.03.2024
19	ст. Углич	ВТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	8-24	1992	02.04.2025	15.12.2024
20	ст. Сонково	РТВ-ДВ	ООО «АСИ», г. Кемерово	191552	2019	05.04.2025	15.03.2024
21	ст. Медведево	РТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	191749	2020	11.04.2025	07.04.2024
22	ст. Бологое	ВТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	299	2005	12.04.2025	12.09.2024
23	Бабаево	ВТВ-СД	АСИ	8-52	2001	22.04.2025	12.07.2024
24	Бабаево	РТВ-Д	АСИ	66	2006	23.04.2025	12.05.2024
25	Бабаево	РТВ	АСИ	161293	2017	24.04.2025	24.01.2024
26	Кириши	Веста СД	АСИ	376	2005	30.04.2025	21.12.2024
27	Чудово-Московское	ВТВ-Д-200	АСИ Кемерово	10-14/4	2002	03.05.2025	10.03.2024
28	Луга-2	ВТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	200	2000	08.05.2025	13.09.2024
29	ст. Ивангород- Нарвский	РТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	181330	2019	13.05.2025	20.04.2024
30	ст. Ивангород- Нарвский	РТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	181331	2019	14.05.2025	20.04.2024

№ п/п	Место установки	Тип весов	Изготовитель	Заводской/ приписной №	Год ввода в эксплу- атацию	Дата следующей проверки	Дата текущей проверки
31	Ивангород-Нарвский (пограничная)	ВЕСТА-СД-100-У-4/2	АСИ Кемерово	121331	—	15.05.2025	24.11.2024
32	Лужская-Южная	ВЕСТА-СД-150/У2	ООО «АСИ», г. Кемерово	111533	2008	20.05.2025	12.07.2024
33	Ораниенбаум	ВТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	175	2000	24.05.2025	05.04.2024
34	Выборг	ВТВ-Д-200	АСИ Кемерово	157	2002	28.05.2025	29.03.2024
35	Бусловская	РТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	171820	2018	30.05.2025	21.07.2024
36	Бусловская	РТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	161301	2016	31.05.2025	21.07.2024
37	Пери	РТВ-Д X/200-Х-2	АСИ Кемерово	181299	2018	06.06.2025	06.03.2024
38	Пери	РТВ-Д X/200-Х-2	АСИ Кемерово	181299	2018	07.06.2025	06.03.2024
39	ст. Ручьи	ВЕСТА-СД100	ООО «Инженерный центр «АСИ», г. Кемерово	243	2006	11.06.2025	16.05.2024
40	Волковская	РТВ-Дв	АСИ Кемерово	171821	2017	14.06.2025	12.12.2024
41	Санкт-Петербург-Товарный-Московский	ВЕСТА-СД150	АСИ Кемерово	332	2007	17.06.2025	13.03.2024
42	Санкт-Петербург-Сортировочный-Московский	РТВ-Д	АСИ Кемерово	171609	2017	18.06.2025	18.01.2024
43	Санкт-Петербург-Сортировочный-Московский	РТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	171609	2017	19.06.2025	18.01.2024
44	Санкт-Петербург-Сортировочный-Московский	РТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	132-01	2006	20.06.2025	04.07.2024
45	ст. Горы	РТВ-Д	ООО «АСИ», г. Кемерово	191748	2020	24.06.2025	06.12.2024
46	ст. Мга	ВТВ-Д	ООО «Инженерный центр «АСИ», г. Кемерово	353	2007	26.06.2025	14.06.2024
47	Тосно	ВТВ-Д-200	АСИ Кемерово	272	2005	28.06.2025	19.01.2024
48	Волховстрой	РТВ	АСИ	211122	2022	01.07.2025	31.01.2024
49	Волховстрой	ВТВ-Д	АСИ	8-24/93	2000	02.07.2025	27.03.2024
50	Волховстрой	РТВ	АСИ	201128	2020	03.07.2025	28.04.2024
51	Волховстрой	РТВ	АСИ	201129	2020	04.07.2025	07.02.2024
52	Волховстрой	РТВ	АСИ	201130	2020	05.07.2025	31.01.2024
53	Мурманские Ворота	РТВ-Д	АСИ	131200	2014	09.07.2025	04.09.2024
54	Лодейное Поле	ВТВ-Д	АСИ	264	2005	12.07.2025	11.04.2024

№ п/п	Место установки	Тип весов	Изготовитель	Заводской/ приписной №	Год ввода в эксплуатацию	Дата следующей поверки	Дата текущей поверки
55	Сортавала	РТВ-Д	«АСИ»	248	2005	18.07.2025	02.11.2022
56	Свирь	РТВ-Д	«АСИ»	211110	2021	24.07.2025	13.07.2024
57	Свирь	ВТВ-Д	«АСИ»	298/1298	2005	25.07.2025	11.05.2024
58	Онежский	ВЕСТА-СД	«АСИ»	249/1249	2006	29.07.2025	02.06.2021
59	Петрозаводск	ВТВ-Д	«АСИ»	141/1141	1997	01.08.2025	18.08.2024
60	Суоярви-1	ВТВ-Д	«АСИ»	17/1117	2004	07.08.2025	24.01.2024
61	Нигозеро	ВТВ-Д	«АСИ»	207/1207	2003	12.08.2025	04.05.2024
62	Мед. Гора	ВТВ-Д	«АСИ»	35/1035	2004	15.08.2025	07.09.2024
63	Беломорск	РТВ-Д	«АСИ»	171610/1061	2005	19.08.2025	27.06.2022
64	Беломорск	ВТВ-Д	«АСИ»	204/1204	2003	20.08.2025	01.02.2024
65	Лоухи	ВТВ-Д	«АСИ»	319/1220	2006	26.08.2025	10.08.2024
66	Лоухи	РТВ-Д	«АСИ»	201050	2020	27.08.2025	24.07.2024
67	Кандалакша	РС-200Д24В	АПКО «Весоизмеритель»	018/247	1989	02.09.2025	11.08.2022
68	Кандалакша	ВЕСТА-СД	«АСИ»	358/1247	2008	03.09.2025	25.08.2024
69	Мурманск	ВЕСТА-СД	«АСИ»	365/1288	2008	06.09.2025	22.05.2024

Так как на данный момент динамические весы на ОЖД поверяются в соответствии с их межповерочным интервалом, для обеспечения непрерывного движения испытательного состава по полигону при первоначальном проезде ряд весов будет необходимо поверить дважды. Это приведет к избыточным затратам в первый год работы испытательного состава. Однако в последующие годы, когда все весы будут поверены согласно составленному графику, затраты будут существенно минимизированы.

## Заключение

Считаем, что внедрение предлагаемой оптимизации поверки динамических весов позволит как сократить время проведения поверочных работ отдельных весов, так и снизить стоимость поверки весового оборудования в рамках ОЖД начиная со второго года внедрения.

Сокращение временных затрат и стоимости работ обусловлено следующими факторами:

- **исключение** необходимости подачи и обработки заявок на поверку;
- **минимизация** затрат на многократный сбор испытательного состава с привлечением дополнительных ресурсов;
- **оптимизация** логистики за счет однократного расчета маршрута движения испытательного состава и его согласования с общим графиком движения поездов.

Основные недостатки оптимизации:

- **увеличение** затрат в первый год внедрения проекта;

– **необходимость** адаптации персонала, участвующего в поверочных работах, к новому процессу.

При успешном внедрении и подтверждении расчетных показателей оптимизации на ОЖД возможно рассмотрение вопроса о распространении данной методики на всю сеть железных дорог Российской Федерации.

## Список источников

1. Справочник «Что такое поверка весов?». — URL: <https://www.smartves.ru/press-center/chto-takoe-poverka-vesov/> (дата обращения: 10.01.2025).
2. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» // Российская газета. — 2008. — № 140.
3. Исаев Л. К. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов / Л. К. Исаев. — М.: КноРус, 2018. — 256 с.
4. Статья «Главное про поверку весов». — URL: <https://dzen.ru/a/ZSTnzcOFhD3-WVDY> (дата обращения: 12.01.2025).
5. ГОСТ Р 8.598—2003. Весы для взвешивания железнодорожных транспортных средств в движении. Методика поверки. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032122> (дата обращения: 10.01.2025).
6. ГОСТ OIML R 76-1—2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания. — М.: Стандартинформ, 2012. — 126 с.
7. ГОСТ Р 53228—2008. Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200076726?ysclid=m7s1rr98jk912018143> (дата обращения: 18.01.2025).
8. ГОСТ 8.647—2015. Весы вагонные автоматические. Часть 1. Метрологические и технические требования. Методы испытаний. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200135535/titles?ysclid=m7s1ngs26u66872479> (дата обращения: 15.01.2025).
9. ГОСТ 8.453—82. Весы для статического взвешивания. Методы и средства поверки. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1982. — 35 с.
10. Приказ № 1622 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений массы». — URL: <https://docs.cntd.ru/document/351048070?ysclid=m7s1ti439b290541878> (дата обращения: 12.01.2025).

Дата поступления: 06.06.2025

Решение о публикации: 12.07.2025

### Контактная информация:

МАКАРОВ Юрий Иванович — ст. преподаватель; [makarov@pgups.ru](mailto:makarov@pgups.ru)

НУРИЕВ Али Гасаналиевич — студент; [informatiks20@gmail.com](mailto:informatiks20@gmail.com)

ГРЕНАДЕР Яна Алексеевна — студент; [yana.grenader@yandex.ru](mailto:yana.grenader@yandex.ru)

ФЕДОРОВА Анастасия Николаевна — студент; [fedorovaan2003@yandex.ru](mailto:fedorovaan2003@yandex.ru)

## Optimization of Metrological Maintenance of Dynamic Wagon Scales

**Yu. I. Makarov, A. G. Nuriev, Ya. A. Grenader, A. N. Fedorova**

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

**For citation:** Makarov Yu. I., Nuriev A. G., Grenader Ya. A., Fedorova A. N. Optimization of Metrological Maintenance of Dynamic Wagon Scales. *Bulletin of scientific research results*, 2025, iss. 4, pp. 157–166. (In Russian) DOI: 10.20295/2223-9987-2025-4-157-166

### Summary

**Purpose:** The aim of the paper is to optimize the metrological maintenance of dynamic scales for railway wagons and trains by applying modern methods of analysis and improving the accuracy and reliability of measurements. The paper studies the methodology for verifying dynamic scales, and presents a table of inspection schedule that ensures timely and systematic metrological maintenance. An analysis of the number of dynamic scales and the stations where they are installed was carried out. This enabled the assessment of the future work scale. Based on the data obtained, recommendations have been developed to improve the verification and calibration processes aimed at reducing measurement errors and improving the efficiency of weighing equipment functionality. The research results can be used to optimize the operation of railway transport and reduce maintenance costs. **Methods:** Analysis of the existing methodology for calibrating dynamic scales; development of a new testing method for calibrating scales; and modelling the verification process using a new test train. **Results:** The shortcomings of dynamic scales verification have been identified. A new method for their verification by a test train has been developed. The simulation has demonstrated that the new test train is capable of significantly reducing the verification time while increasing its accuracy, reducing the logistical burden on locomotives and railways. **Practical significance:** A new method for using a test train to calibrate dynamic scales at railway stations has been proposed. A test train route has been developed to ensure the verification of all scales on the Oktyabrskaya Railway; the frequency and procedure for calibrating the scales have also been determined. The research was conducted by analyzing data acquired from the verification of dynamic scales at railway stations operated by the Oktyabrskaya Railway. Adopting the suggested recommendations would facilitate uninterrupted operations and decrease expenses related to metrological maintenance.

**Keywords:** Wagon scales, test train, metrological maintenance, verification, verification interval.

### References

1. *Spravochnik “Chto takoe poverka vesov?”* [Reference book “What is weight verification?”]. Available at: <https://www.smartves.ru/press-center/chto-takoe-poverka-vesov/> (accessed: January 10, 2025). (In Russian)
2. Federal’nyy zakon ot 26.06.2008 № 102-FZ “Ob obespechenii edinstva izmereniy” [Federal Law № 102-FZ of June 26, 2008 “On ensuring uniformity of measurements”]. *Rossiyskaya gazeta* [Russian newspaper]. 2008, Iss. 140. (In Russian)
3. Isaev L. K. *Metrologiya, standartizatsiya i sertifikatsiya: uchebnik dlya vuzov* [Metrology, standardization and certification: textbook for universities]. Moscow: KnoRus Publ., 2018, 256 p. (In Russian)

4. *Stat'ya “Glavnoe pro poverku vesov”* [Article “The main thing about weight verification”]. Available at: <https://dzen.ru/a/ZSTnzcOFhD3-WVDY> (accessed: January 12, 2025). (In Russian)
5. *GOST R 8.598—2003. Vesy dlya vzveshivaniya zheleznodorozhnykh transportnykh sredstv v dvizhenii. Metodika poverki* [Scales for weighing railway vehicles in motion. Verification methodology]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200032122> (accessed: January 10, 2025). (In Russian)
6. *GOST OIML R 76-1—2011. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy. Vesy neavtomaticheskogo deystviya. Chast’ 1. Metrologicheskie i tekhnicheskie trebovaniya. Ispytaniya* [State system for ensuring uniformity of measurements. Non-automatic scales. Part 1. Metrological and technical requirements. Testing]. Moscow: Standartinform Publ., 2012, 126 p. (In Russian)
7. *GOST R 53228—2008. Vesy neavtomaticheskogo deystviya. Chast’ 1. Metrologicheskie i tekhnicheskie trebovaniya. Ispytaniya* [Non-automatic scales. Part 1. Metrological and technical requirements. Testing]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200076726?ysclid=m7s1rr98jk912018143> (accessed: January 18, 2025). (In Russian)
8. *GOST 8.647—2015. Vesy vagonnye avtomaticheskie. Chast’ 1. Metrologicheskie i tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytanii* [Wagon automatic scales. Part 1. Metrological and technical requirements. Testing methods]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200135535/titles?ysclid=m7s1ngs26u66872479> (accessed: January 15, 2025). (In Russian)
9. *GOST 8.453—82. Vesy dlya staticheskogo vzveshivaniya. Metody i sredstva poverki* [Scales for static weighing. Methods and means of verification]. Moscow: IPK Izdatel’stvo standartov Publ., 1982, 35 p. (In Russian)
10. *Prikaz № 1622 “Ob utverzhdenii gosudarstvennoy poverochnoy skhemy dlya sredstv izmereniy massy”* [Order No. 1622 “On approval of the state verification scheme for mass measuring instruments”]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/351048070?ysclid=m7s1ti439b290541878> (accessed: January 12, 2025). (In Russian)

Received: June 06, 2025

Accepted: July 12, 2025

#### **Author’s information:**

Yury I. MAKAROV — Senior Lecture; makarov@pgups.ru

Ali G. NURIEV — Student; informatiks20@gmail.com

Yana A. GRENADE — Student; yana.grenader@yandex.ru

Anastasiya N. FEDOROVA — Student; fedorovaan2003@yandex.ru