

УДК 629.464.2

К. В. МАКСИМЧИК, магистр, Р. И. ЧЕРНИН, кандидат технических наук, В. Л. МОЙСЕЕНКО, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## СНЕГОУБОРОЧНЫЙ ПОЕЗД СМ-2. ОБОБЩЕННАЯ МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РАМ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ

Рассмотрены вопросы измерений рам снегоуборочного поезда СМ-2. Проанализированы средства измерений и их погрешности. Описаны методы выполнения измерений и порядок их проведения.

**Введение.** Вопрос борьбы со снежными заносами в условиях климата Республики Беларусь является актуальным в зимний период. Особенно актуальна задача для железнодорожного транспорта, ведь из-за снежным заносов нарушается график движения поездов, затрудняется перевозочный процесс.

Согласно [1], 96 % снегоуборочных поездов СМ-2 (далее – машина) выработали свой нормативный ресурс, и невозможно разом обновить весь парк снегоуборочной техники, а это значит, что в Республике Беларусь складывается неблагоприятная ситуация с обновлением парка снегоуборочной техники. Решением вопроса могут стать мероприятия по продлению срока службы при проведении регламентных ремонтных работ.

В нашей стране ремонт машин осуществляют следующие предприятия: эксплуатационное республиканское унитарное предприятие «Центр механизации путевых работ Белорусской железной дороги» (ст. Пинск), Локомотивное депо Лунинец транспортного республиканского унитарного предприятия «Барановичское отделение Белорусской железной дороги» (г. Лунинец), открытое акционерное общество «Минский вагоноремонтный завод» (г. Минск), закрытое акционерное общество «Гомельский вагоностроительный завод» (г. Гомель).

В соответствии с [2] продление срока службы машин осуществляют на основе анализа нормативных значений толщин несущих конструкций элементов рам и кузова, устанавливаемых по конструкторской документации с учетом утонения конструктивных элемен-

тов за срок эксплуатации вследствие коррозионного износа от фактических значений.

Измерения проводят с целью проверки линейных размеров и деформаций балок рам машин и соответствия нормативным документам перед выполнением планового ремонта. Их измеряют в координатных осях  $X$  (вдоль машины),  $Y$  (поперек машины) и  $Z$  (вертикальные размеры).

**Погрешности и средства измерений.** В данном случае диапазон измеряемых размеров колеблется от 0 до 18 000 мм и в силу малочисленности измерений по каждому элементу машины не требует вероятностных методов их оценки. Поэтому точность измерения определяют погрешностью средств измерения (СИ) и личной составляющей погрешности измерения оператора (ОП). Учёт влияния температурного и других метеорологических факторов (относительной влажностью и др.) на погрешность результатов измерений не производят, так как их доля в сравнении с погрешностью от СИ и ОП ничтожно мала [3, с. 92].

В этом случае абсолютную погрешность измерения определяют двумя слагаемыми [4, с. 4]:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{СИ} + \Delta_{ОП}, \quad (1)$$

где  $\Delta_{СИ}$  – погрешность средств измерения, определяемая паспортными данными и результатами поверки СИ;  $\Delta_{ОП}$  – погрешность, допускаемая оператором при измерении, информацию о которой получают из опыта проведения подобных измерений [4].

В таблице 1 приведены сведения о погрешности используемых средств измерения.

Таблица 1 – Пределы погрешностей средств измерений

| Порядковый номер и измеряемая величина                             | Средства измерения (СИ) | В миллиметрах                             |
|--|-------------------------|---|
|  |                         | Пределы погрешности средств измерений, мм |
| Измерение длин в координатных осях $X$ , $Y$ , $Z$ с размерами до: | Линейка                 | $\pm 0,45$                                |
|  | Рулетка                 | $\pm 0,6$                                 |
|  | Дальномер лазерный      | $\pm 3$                                   |

При известном законе распределения случайной погрешности  $\Delta_i$  (при  $n > 20$ ) за истинную величину измерения  $x_n = A$  принимают среднее арифметическое значение (оценка измерения  $m$ ) [4, с. 50].

$$m = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = X_n + \Delta_c + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n \Delta_{oi}, \quad (2)$$

где  $x_1, x_2, x_3, x_n$  – текущие значения результатов измерения;  $\Delta_c$  – постоянная систематическая погрешность;  $\Delta_{oi}$  – случайная систематическая погрешность.

При малом числе измерений  $\Delta_c = \Delta_{СИ}$ , а  $\Delta_{oi} = \Delta_{ОП}$ .

В нашем случае при трехкратном измерении оценка результатов измерений

$$m = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = X_n + \Delta_{оп} + \Delta_{си}. \quad (3)$$

То есть оценка измерения  $m$  включает в себя случайную систематическую погрешность измерения, допускаемую оператором, и погрешность средств измерения, но в связи с малочисленностью измерений и базовых размеров погрешности, допускаемые оператором,

не учитывают, и в итоге истинный размер будет составлять только погрешность средств измерений в соответствии с таблицей 1.

При выполнении измерений применяют средства приведенные в таблице 2. Средства измерений и оборудование должны пройти метрологическую оценку в соответствии с законодательством Республики Беларусь в области единства измерений.

Таблица 2 – Средства измерения линейных размеров

| Наименование и тип средств измерений | Стандарт  | Измеряемая величина   | Обозначение измеряемой величины |
|--------------------------------------|-----------|---|---------------------------------|
| Линейка металлическая                | ГОСТ 427  | Расстояние между внутренними стенками двутавровых хребтовых балок (рисунок 2) | $l_x$                           |
|                                      |           | Прогиб боковой балки (рисунок 4)  | –                               |
|                                      |           | Прогиб хребтовой балки (рисунок 4)  | –                               |
| Рулетка измерительная                | ГОСТ 7502 | Ширина рамы (рисунок 1)   | $2B_{max}$                      |
| Дальномер лазерного типа             | –         | Длина диагоналей по осям шкворневых балок (рисунок 1, а, в)                   | $l_{д1}, l_{д2}$                |
| Лазерный нивелир                     | –         | Плоскость для измерения прогиба балок   | –                               |
| Приёмник лазерного луча              | –         | Прогиб балок при яркой солнечной погоде                                       | –                               |

Допускается использовать отличные от указанных в таблице 2 средства измерений, но с такими же метрологическими характеристиками, выбранными из Государственного реестра средств измерений Республики Беларусь или узаконенными для применения через проведение метроло-

гической экспертизы и удовлетворяющими по точности.

**Методы выполнения измерений.** Измерения выполняют двумя исполнителями, каждое из измерений производят трижды, по ним выводят среднее значение (таблица 3) и заносят в протокол измерений.

Таблица 3 – Контролируемые линейные размеры машины (головного, промежуточного, концевого вагонов)

| Измеряемая величина   | Обозначение | Измерение |   |   |                   |
|---|-------------|-----------|---|---|-------------------|
|   |             | 1         | 2 | 3 | Итоговое значение |
| Ширина рамы   | $2B_{max}$  |           |   |   |                   |
| Разность диагоналей по осям шкворневых балок (для головного вагона рисунок 1, а, для концевого вагона рисунок 1, в) |             |           |   |   |                   |
| Расстояние между внутренними стенками двутавровых хребтовых балок (рисунок 2)                                       | $l_x$       |           |   |   |                   |
| Разность в уровне верхних полок хребтовых и боковых балок рамы (рисунок 3)  |             |           |   |   |                   |
| Прогиб боковой балки:<br>левой<br>правой  |             |           | – |   |                   |
| Прогиб хребтовой балки  |             |           | – |   |                   |
| Искривление рамы в горизонтальной плоскости   |             |           | – |   |                   |

Для измерения продольных размеров рам машины предварительно наносят контрольные точки (КТ) по середине верхних листов шкворневых балок, по середине машин и по вертикальной стенке швеллера концевых балок (см. рисунок 1).

Контрольные точки наносят керном, маркером, мелом: на шкворневых балках – по продольным осям шкворневых балок, по середине машин – на боковых балках рамы, на концевых балках – по середине вертикального листа швеллера. Положение контрольных точек определяют:

а) на шкворневых балках – на половине ширины верхних горизонтальных листов и половине ширины боковой балки;

б) на боковых балках рамы – по середине машины по середине боковой балки;

в) на концевых балках – по середине вертикального листа швеллера концевой балки.

**Проведение измерений.** Измерительной рулеткой замеряют три раза размер  $2B_{max}$  в соответствии с рисунком 1, вычисляют среднее значение ширины рамы машины.

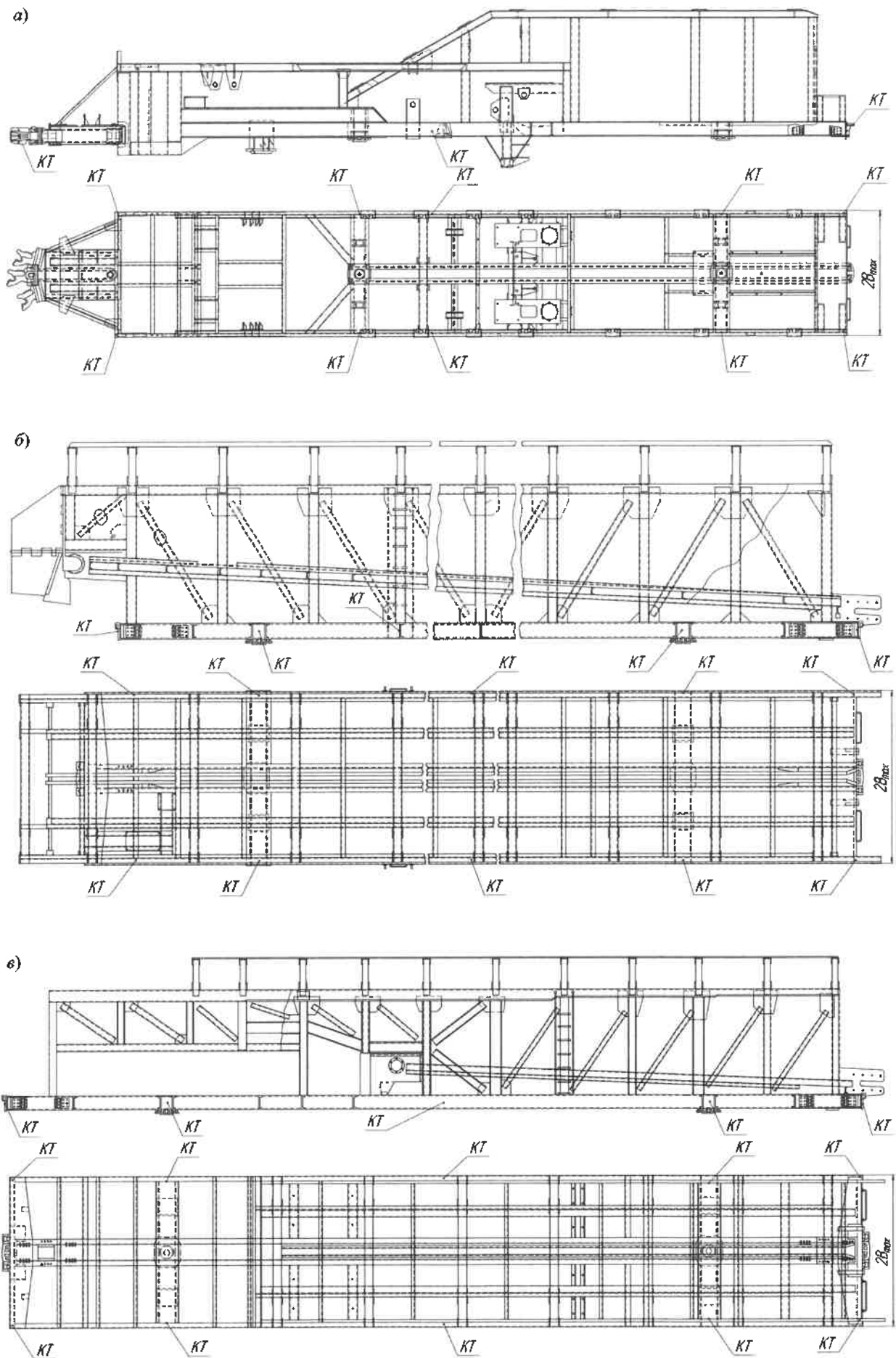


Рисунок 1 – Схемы измерения линейных размеров рамы головного (а), промежуточных (б) и концевого (в) вагонов

Измерительной рулеткой выполняют измерение согласно рисунку 2 в сечениях через каждые 1500–2000 мм длины рамы машины.



Рисунок 2 – Схема измерения расстояния между внутренними стенками двутавровых хребтовых балок

Через каждые 1500–2000 мм длины рамы машины провести измерения согласно рисунку 3, за базовую поверхность принимать верхний лист шкворневой балки.

Для определения прогиба балок машин с использованием лазерного нивелира: базовая плоскость проходит через контрольные точки на серединах верхних листов шкворневых балок. Нивелир устанавливают в плоскости уровня головок рельсов.

Измеряют расстояние от контрольных точек на ближайшей шкворневой балке к нивелиру ( $L01_{изм}$ ) и дальней ( $L02_{изм}$ ), после чего в плоскостях, расположенных через каждые 1500–2000 мм базы машины производят

замеры расстояния от верхней полки боковой балки до лазерного луча металлической линейкой ( $Li_{изм}$ , где  $i$  от 1 до  $n$ ) рисунок 4.

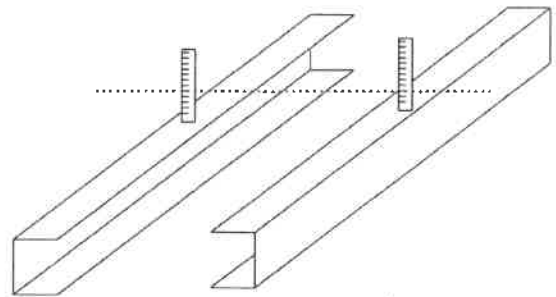


Рисунок 3 – Схема измерения разности в уровне верхних полок хребтовых и боковых балок рамы

Определение прогибов производят согласно методике, приведенной на рисунке 5. Строят прямоугольный треугольник, где прилежащий катет к острому углу равен проекции базы машины на ось  $x$  (луч нивелира) машины ( $x$ ), а противолежащий – разнице измерений ( $L02_{изм} - L01_{изм}$ ).

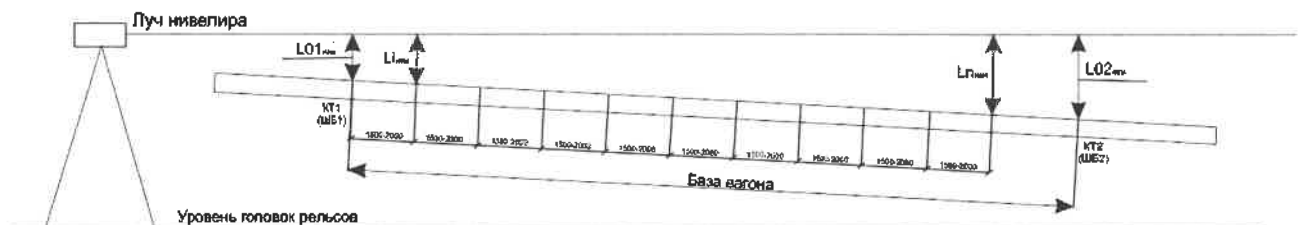


Рисунок 4 – Схема проведения замеров для определения прогиба балок машины



Рисунок 5 – Методика установления прогиба балок машины

Далее, используя подобие прямоугольных треугольников по острому углу, определяют противоположный катет в каждом сечении  $k$  по формуле

$$k_i = \frac{(L02_{изм} - L01_{изм})x_i}{x} \quad (4)$$

Величина прогиба в каждом сечении

$$Li = Li_{изм} - L01_{изм} - k_i \quad (5)$$

Общий прогиб оценивают сравнением значения величины максимального прогиба по модулю с допусковым значением согласно следующим требованиям [5].

Для определения искривления рамы в горизонтальной плоскости луч нивелира пропускают параллельно боковой балке на расстоянии от 50 до 100 мм от нее (базовая линия), далее производят три измерения расстояния от луча до контрольных точек на концевых балках и от контрольной точки по середине базы маши-

ны. За искривление принимают максимальную величину по модулю от луча до контрольной точки с учетом положения базовой линии. Производят аналогичные замеры для второй боковой балки, при записи в таблицу принимают максимальное значение изгиба в горизонтальной плоскости одной из двух боковых балок.

**Вывод.** Таким образом, по результатам измерений, формируют карту геометрических размеров рам машины, которую применяют при ее ремонте. Кроме того, сбор статистической информации о геометрических параметрах существующей техники позволяет разработать методику оценки технического состояния машин и, в конечном итоге, методику оценки их остаточной несущей способности. В результате можно спрогнозировать остаточный ресурс рам, предложить рекомендации по улучшению несущих элементов и увеличить средний срок эксплуатации машин.

### Список литературы

1 Максимчик, К. В. Снегоуборочный поезд СМ-2. Анализ текущего состояния парка техники в Республике Беларусь / К. В. Максимчик, В. Л. Моисеенко // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2022. – № 2 (45). – С. 52–54.

2 СТП 56.428–2021. Специальный железнодорожный подвижной состав. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт : утв. приказом зам. нач. Бел. ж. д. от 09.07.2021, № 621НЗ. – Минск, 2021. – 94 с.

3 Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Л. : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1991. – 304 с.

4 Методология, стандартизация и сертификация : учеб. / Ю. И. Борисов [и др.] ; под ред. проф. А. С. Сигова. – М. : Форум; ИНФРА-М, 2005. – 336 с.

5 РК.СМ-2.31.001–2022. Руководство по капитальному ремонту снегоуборочной машины СМ-2 и ее модификаций. 2022. – 276 с.

Получено 07.04.2023

**K. V. Maksimchyk, R. I. Chernin, V. L. Moiseenko.** Snow removal train SM-2. Generalized method of measuring the load-bearing structures of frames during major repairs.

The issues of measuring the frames of the SM-2 snowplow train are considered, measuring instruments and their errors are analyzed. The methods of performing measurements and the procedure for their implementation are described.