

Оценка остаточного срока службы снегоуборочной техники

А. С. БАЛТАБАЕВ, технический директор АО «Акмолинский вагоноремонтный завод», соискатель кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Петербургского государственного университета путей сообщения



В связи с проблемой обновления парка снегоуборочной техники возникает вопрос о целесообразности капитального ремонта таких вагонов. Комплекс теоретических и экспериментальных исследований головного вагона снегоуборочной машины СМ-2 позволил сделать выводы о запасе прочности и о возможности продления эксплуатационного срока на 10 лет.

Основным поставщиком снегоуборочной техники в парки ОАО «РЖД» (Россия), АО «НК „КТЖ“» (Казахстан) и других дорог стран СНГ и Балтии в настоящее время является ОАО «Трансмаш» (г. Энгельс). При этом следует отметить, что в последние годы новая снегоуборочная техника в парки железных дорог практически не поступала, а старые снегоуборочные машины планомерно исключались из инвентарного парка по истечении нормативного срока службы. Это привело к значительному сокращению парка снегоуборочной техники и вызвало проблемы, связанные с содержанием железнодорожных путей в зимний период.

Так как одновременное обновление всего парка снегоуборочной техники требует больших материальных затрат, были признаны целесообразными меры по увеличению срока службы вагонов-снегоочистителей на основе проведения капитального ремонта с продлением срока полезной эксплуатации (КРП).

Для оценки состояния парка снегоуборочной техники она была подвергнута выборочному обследованию. Анализ проведенных работ показал, что наиболее уязвимыми (поврежденными) узлами вагонов-снегоочистителей являются навесное оборудование, рама вагона и элементы крепления. Повреждения данных узлов укорачивают срок службы вагона и негативно влияют на его остаточный ресурс.

По результатам технического диагностирования снегоочистителей, находящихся в эксплуатации на сети железных дорог стран СНГ и Балтии, был сделан вывод о том, что причинами возникновения повреждений являются циклические нагружения элементов

или единовременные экстремальные нагрузки.

Теоретические исследования

Для теоретического обоснования возможности продления срока службы вагонов-снегоочистителей был проведен комплекс исследований по оценке прочности вагонов-снегоочистителей на примере головного вагона снегоуборочной машины модели СМ-2.

Рама головного вагона представляет собой сварную конструкцию из продольных и поперечных балок. Она выполнена из двух поясов, несущих всю нагрузку машины. Верхний и нижний пояса основной рамы связаны вертикальными стойками и раскосами, образующими каркас машины. По верху боковые стороны каркаса соединены обвязочным поясом. Вваренные впереди рамы четыре стойки служат направляющими для траверсы щеточного питателя. Сзади рамы приварены швеллера, на которые опираются кронштейны рамы транспортера.

При помощи инженерного программного комплекса ANSYS была создана конечно-элементная модель головного вагона-снегоочистителя, состоящая из конечных элементов типа BEAM 189 и MASS21 (рис. 1).

В соответствии с «Нормами расчета и проектирования вагонов железных дорог колеи 1520 мм» прочность вагона рассчитывалась при первом и третьем расчетных режимах нагружения.

Задавая значения продольных нагрузок, приложенных к раме вагона-снегоочистителя, в соответствии с расчетными режимами нагружения были получены величины максимальных напряжений, которые приведены в *таблицах 1 и 2*. Из результатов расчетов видно, что прочность рамы при первом и третьем расчетных режимах не удовлетворяет требованиям норм. Для первого расчетного режима допускаемые напряжения определяются, согласно нормам, как $[\sigma] = 0,95[\sigma]_T = 232,8$ МПа. Для третьего расчетного режима для хребтовой и шкворневой балок рамы допускаемые напряжения принимаются равными 155 МПа, для остальных элементов рамы и кузова — 165 МПа. Полученные в результате расчета величины напряжения превышают допускаемые как при первом, так и при третьем расчетном режиме. Следовательно, возникает необходимость в усилении конструкции в зонах, подвергающихся разрушению.

Техническими условиями на проведение КРП для снегоуборочной машины СМ-2 было предусмотрено усиление несущих конструкций. Повторный расчет на прочность рамы головного вагона снегоуборочной машины СМ-2 с учетом установленных усилений показал, что максимальные эквивалентные напряжения в раме при первом расчет-

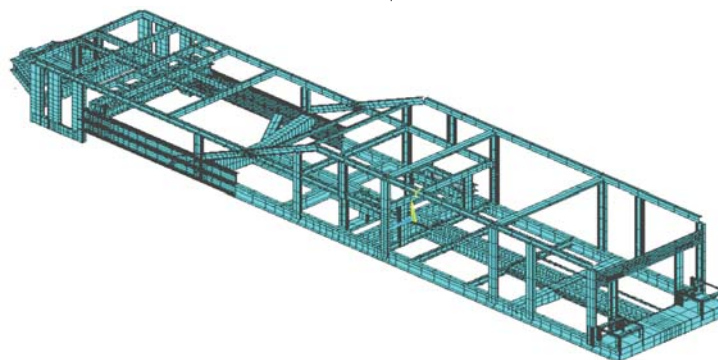


Рис. 1. Конечно-элементная модель головного вагона-снегоочистителя

Таблица 1. Максимальные напряжения при первом режиме

Наименование элемента рамы	Максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу, МПа				
	Удар со стороны хвоста	Удар со стороны головы	Рывок	Сжатие	Растяжение
Шкворневая балка в зоне заделки в хребтовую	306	335	328	246	219
Боковая балка в зоне соединения со шкворневой	234	294	287	198	156

Таблица 2. Максимальные напряжения при третьем режиме

Наименование элемента рамы	Максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу, МПа			
	Удар	Рывок	Сжатие	Растяжение
Шкворневая балка в зоне заделки в хребтовую	204	176	234	182
Боковая балка в зоне соединения со шкворневой	148	121	172	141

ном режиме (ударе со стороны хвоста вагона) возникают в шкворневой балке в зоне заделки в хребтовую и составляют 218 МПа; в боковой балке напряжения возникают в зоне заделки в шкворневую балку и составляют 196 МПа, что не превышает допустимый уровень 232,8 МПа. Максимальные эквивалентные напряжения в усиленной раме при

третьем расчетном режиме (при сжатии), возникающие в шкворневой балке в зоне заделки в хребтовую, составляют 150 МПа, что не превышает допустимое напряжение, равное 155 МПа. При сжатии возникающие напряжения в боковой балке в зоне заделки в шкворневую балку составляют 93 МПа, что не превышает допустимые 165 МПа.

В результате проведенных теоретических исследований были определены зависимости между напряжениями, возникающими в наиболее нагруженных узлах ходовой рамы вагона-снегочистителя, и утонениями элементов шкворневого узла и боковых балок при их коррозионном износе.

Было установлено, что при коррозионном износе более 14% от номинального размера элементов шкворневой балки и при коррозионном износе более 18% от номинального размера боковых балок напряжения в элементах превышают допустимые значения. Следовательно, в вагонах, отбираемых для продления срока службы, коррозионный износ шкворневой балки не должен превышать 14%, а износ боковых балок должен быть не больше 18%.

Экспериментальные исследования

Для экспериментального подтверждения возможности продления срока службы вагона был проведен комплекс испытаний. На примере головного вагона снегоуборочной машины модели СМ-2 (далее — опытный образец) предполагалось произвести оценку прочности и долговечности снегоуборочной техники. А именно: целью испытаний являлась оценка соответствия металлоконструкции рамы опытного образца вагона требованиям ОСТ

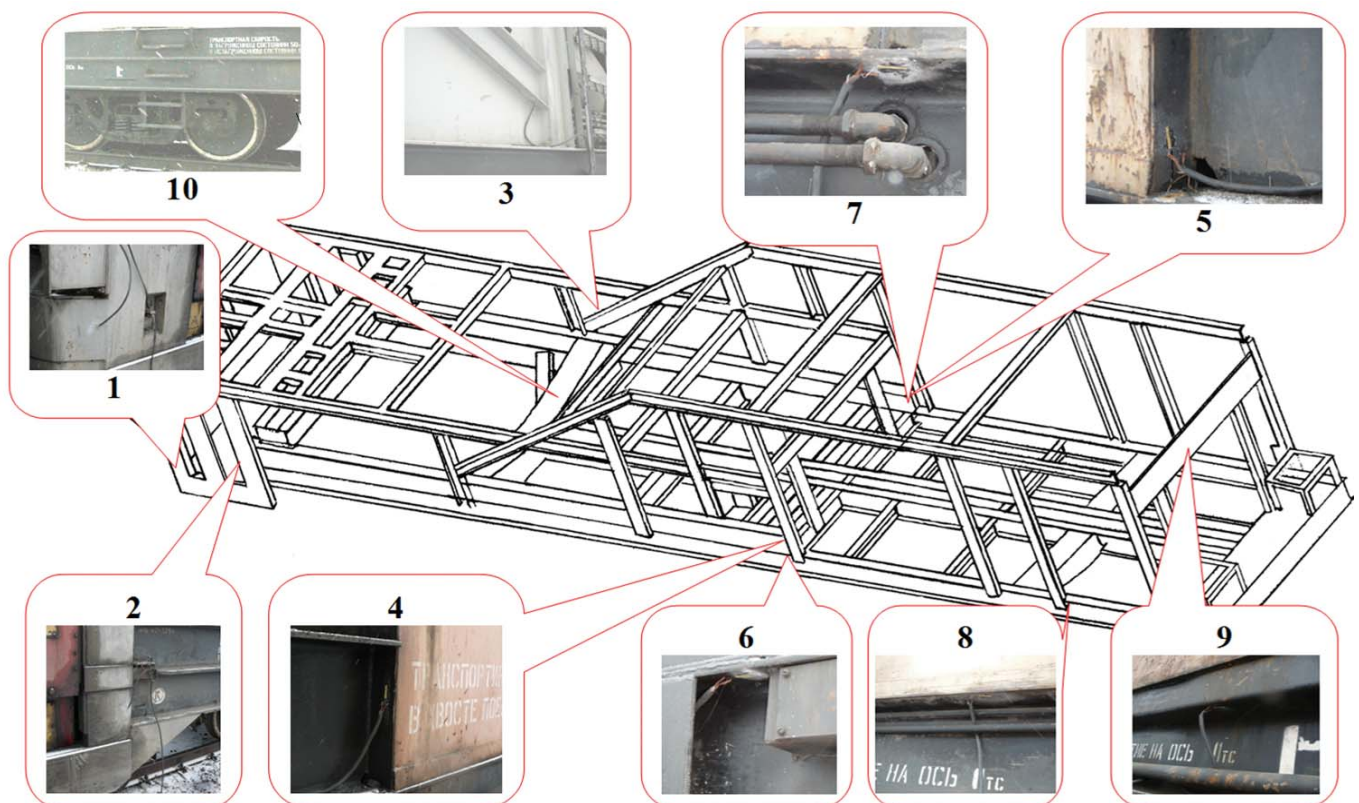


Рис. 2. Схема расположения тензорезисторов

Таблица 3. Результаты исследований динамических напряжений

Сила, МН	Скорость соударения, км/ч	Динамические напряжения в исследуемых зонах, МПа									
		№1		№2		№3		№4		№5	
		-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
3,1	10,5	0	130	-178	0	-32	1	-183	5	-165	7

Сила, МН	Скорость соударения, км/ч	Динамические напряжения в исследуемых зонах, МПа									
		№6		№7		№8		№9		№10	
		-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
3,1	10,5	-34	1	-31	2	-52	3	-77	2	-194	1

Таблица 4. Результаты испытаний по сбросу с клиньев

К _{лв}	Динамические напряжения в исследуемых точках, МПа									
	№1		№2		№3		№4		№5	
	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
0,38	1	-1	1	-2	2	-8	3	-9	3	-11
	№6		№7		№8		№9		№10	
	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
	7	-3	6	-2	7	-1	4	-2	1	-17

Таблица 5. Результаты оценки напряжений от массы брутто

Номер датчика	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Напряжения, МПа	2	-4	-13	-16	-18	13	11	10	8	-24

Таблица 6. Результаты суммирования напряжений

Нагрузка	Суммарные напряжения в исследуемых зонах, МПа									
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
Суммарные	149	-205	-49	-223	-205	-25	-24,3	-48	-79	-243

Таблица 7. Сравнительный анализ результатов при оценке прочности

Номер точки	Первый режим (удар)		
	Испытания	Расчет	% от расчетных значений
Зона соединения боковой балки со шкворневой, датчики № 8, 9	79	234	34
Боковая балка головная часть, датчики № 1, 2	205	220	93
Стойки боковые, датчики № 3, 4, 5, 6, 7	223	230	97
Шкворневая балка в зоне заделки в хребтовую, датчик №10	243	306	79

32.62-96 «Нормы прочности металлоконструкций путевых машин» и «Норм для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов...».

Исследования выполнялись в три этапа. На первом этапе проводились испытания на прочность при соударении. Полученные результаты — величины напряжения в конструкции от нагрузок, приложенных к образцу через автосцепное устройство, — использовались в дальнейшем при оценке прочности по расчетным режимам. Второй этап включал в себя испытания по

сбросу опытного образца с клиньев; их результаты позволили определить напряжения в конструкции при вертикальной динамической нагрузке, а также уровень напряжений в конструкции от массы брутто (собственного веса кузова) опытного образца. На третьем этапе была произведена оценка долговечности по критерию усталостной прочности конструкции опытного образца на основе экспериментально полученных данных о напряженно деформированном состоянии базовых элементов конструкции при испытательных режи-

мах и нормативных данных об эксплуатационной нагруженности.

Для проведения испытаний использовался аппаратно-программный комплекс проведения испытаний на основе микропроцессорной многоканальной тензометрической системы ММТС-64.01 с регистрацией процессов на жестком диске персонального компьютера и тензометрическая автосцепка.

Перед началом испытаний на прочность при соударении и испытаний по сбросу с клиньев производилась наклейка тензорезисторов на исследуемые точки конструкции в соответствии со схемой, представленной на рис. 2.

Информация о динамических напряжениях (для максимального усилия) в исследуемых точках конструкции кузова опытного образца при испытательных режимах представлена в таблице 3.

Данные о динамических напряжениях в конструкции опытного образца, полученные при испытаниях по сбросу с клиньев, приведены в таблице 4.

Напряжения от массы брутто оценивались в соответствии с результатами испытаний по сбросу с клиньев. Эти величины принимались равными амплитудам динамических напряжений при коэффициенте вертикальной динамики, равным единице, и представлены в таблице 5. Результаты оценки напряженного состояния (максимальные суммарные напряжения) по расчетному режиму (удар) приведены в таблице 6.

Допустимые величины напряжений, в соответствии с п. 10.3 «Норм для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов...», при учете сочетания нагрузок по первому режиму ударных продольных нагрузок (удара, рывка), принимались равными пределу текучести материала вагона и составили $\sigma_t = 245$ МПа.

По результатам проведенных испытаний можно сделать вывод о том, что конструкция опытного образца удовлетворяет условиям прочности.

Результаты испытаний для расчетного режима «Удар» в наиболее нагруженных зонах были сравнены с результатами расчета для данного режима. Сравнительный анализ результатов оценки прочности конструкции кузова головного вагона снегоборочной машины модели СМ-2 представлен в таблице 7.

Сравнив результаты расчетов и испытаний, можно сделать вывод, что после проведения КРП конструкция головного вагона снегоборочной машины СМ-2 имеет достаточный запас прочности и срок ее службы может быть продлен на 10 лет.