

тью. При диагностировании выбраковка боковых рам составляет 0,00478, а надрессорных балок — 0,0046.

3. Усталостные характеристики низколегированных сталей 20ГЛ, 20ГФЛ и 20ГТЛ на 20–30 % выше, чем углеродистой стали 20Л.

ЛИТЕРАТУРА

1. Повышение надежности несущих деталей тележек /Сендеров Г. К., Ступин А.П., Власова Н. Н. — Серия: Вагоны и вагонное хозяйство. Ремонт вагонов.: Экспресс информация ЦНИИТЭП МПС, 1990, вып. 2. — С.1–8.
2. Пастухов М. И. Анализ статистического материала о неразрушающем контроле литых деталей тележек грузовых вагонов / Тезисы докладов международной конференции. Ч.1 — Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса. Гомель, 2003. — С. 36–39.
3. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ГосНИИВ–ВНИИЖТ, 1996. — 319 с.
4. Отчет «Оценка остаточного ресурса боковых рам и надрессорных балок тележек 18-100». Гомель, 1999. — 55 с.
5. Отчет о НИР «Разработка методики диагностирования литых несущих деталей (надрессорных балок и боковых рам) тележек ЦНИИ-ХЗ (18-100), проработавших более 30 лет и порядок продления срока их службы». ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 2000. — 88 с.

УДК 629.4.023.14

В.И. Сенько, А.В. Пигунов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ПРИ ПЕРВОМ РАСЧЕТНОМ РЕЖИМЕ НАГРУЖЕНИЯ

*Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь*

Важнейшей составляющей частью вагона является кузов. Его физическим состоянием и ремонтпригодностью определяется срок службы вагона. Основным видом разрушения кузова, не считая аварий и пожаров, является коррозия металла. Поэтому для прогнозирования остаточного срока службы

вагона необходима информация о техническом состоянии кузова в зависимости от времени его работы.

Для исследования влияния степени коррозионных повреждений на несущую способность кузовов пассажирских вагонов была разработана методика прогнозирования технического состояния кузова пассажирского вагона за период жизненного цикла вагона. Она базируется на модели скоростей коррозионных повреждений для различных участков кузова, позволяющей смоделировать техническое состояние вагона на любой момент времени, и расчетной конечно-элементной модели кузова, дающей возможность с помощью метода конечных элементов оценить его остаточную несущую способность.

Блок-схема процесса моделирования состояния вагона представлена на рис. 1.

Последовательность выполнения операций моделирования следующая.

1. Вводится исходная информация по расчетной конечно-элементной модели, по значениям скоростей коррозионных повреждений элементов кузова, по начальному текущему сроку службы вагона.

2. Проверяется, не истек ли установленный период моделирования T ($t \leq T$). Если текущий срок службы вагона t превысил величину T , то управление передается блоку 17.

3. Производится сравнение текущего срока службы t и срока службы антикоррозионного покрытия кузова $t_{AKП}$. Если $t > t_{AKП}$, то переход к блоку 4. Если нет — к блоку 6.

4. Текущий срок службы t сравнивается со сроком проведения капитального ремонта вагона t_{KP} . При выполнении равенства управление передается блоку 7, в противном случае — блоку 5.

5. Производится уменьшение толщины элементов кузова на величину коррозионных повреждений

$$d_t = d_0 - (t - t_{AKП}) \cdot V$$

6. Рассчитываются геометрические характеристики сечений элементов кузова.

7. Текущий срок службы t совпал со временем поступления поступления вагона в капитальный ремонт t_{KP} . Принимается решение о восстановлении или замене элементов металлоконструкции кузова в соответствии с правилами ремонта.

8. Изменяется толщина элементов кузова. Для элементов, которые в процессе ремонта восстанавливаются или заменяются, толщина увеличивается. Для остальных — уменьшается в результате коррозионных повреждений.

9. Рассчитывается остаточный ресурс t_p основных элементов кузова

$$t_p = \frac{d_t - d_{\text{пред}}}{V}$$

10. Производится оценка остаточной несущей способности (остаточной прочности и устойчивости) элементов кузова по МКЭ.

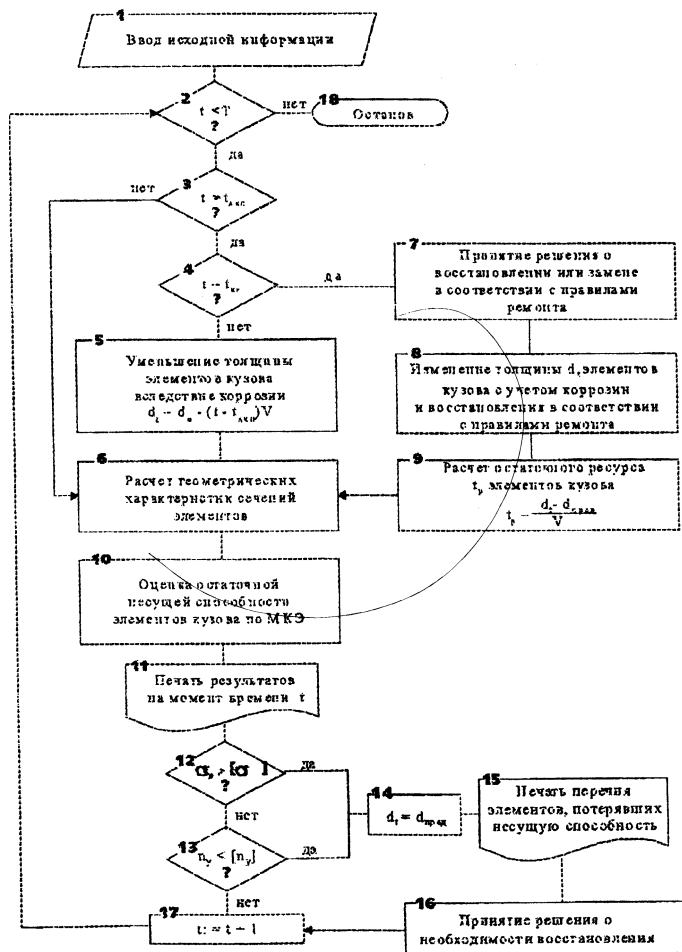


Рис. 1. Блок-схема процесса моделирования состояния кузова за период жизненного цикла вагона

11. Результаты расчетов выводятся на печать.

12. Расчетные напряжения σ , сравниваются с допускаемыми $[\sigma]$. Если условие прочности выполняется, то осуществляется переход к блоку 13.

13. Производится проверка устойчивости продольных элементов кузова. Если $n_y < [n_y]$, то условие устойчивости не выполняется и управление передается блоку 14. В противном случае — переход к блоку 16.

14. Фиксация предельной толщины $d_{\text{пред}}$ для элементов, потерявших несущую способность.

15. Выдача на печать перечня элементов, потерявших несущую способность на момент времени t .

16. При необходимости принимается решение о восстановлении или замене элементов, потерявших несущую способность.

17. Увеличивается на единицу текущий срок службы вагона, т.е. $t := t + 1$.

18. Текущий срок службы t превысил установленный для вагона срок службы T . Процесс моделирования прекращается.

Используя описанную выше методику прогнозирования технического состояния кузова вагона, было проведено исследование влияния степени коррозионных повреждений на несущую способность металлоконструкции кузова пассажирского некупежного вагона модели 61–425 при I-ом расчетном режиме нагружения.

Руководствуясь схемой коррозионных износов, основывающейся на нормативных значениях скоростей коррозионных повреждений и сроках службы антикоррозионных покрытий на различных участках конструкции, для каждого шага расчета производилось изменение толщины обшивки и подкрепляющих элементов кузова. Таким образом, моделировалось техническое состояние металлоконструкции кузова с учетом износов, соответствующих определенному сроку эксплуатации вагона.

Всего было проведено 12 шагов расчета.

На первых двух шагах расчета (срок эксплуатации 6 и 7 лет), учитывалось уменьшение за счет коррозионных износов толщины поперечных сечений элементов каркаса и обшивки боковой стены и настила пола (расположенных в зоне туалета). Максимальные напряжения по конструктивным группам не изменились, за исключением дверных стоек, гладких участков обшивки простенков боковой стены рабочей стороны и надоконных гофров этой же стены вагона. По первым двум группам наблюдается незначительное снижение величин максимальных напряжений, а по третьей — увеличение.

После разрушения антикоррозионного покрытия в консольных частях вагона, там начался процесс коррозионного износа. В результате этого (шаги расчета 3, 4, 5) произошло увеличение максимальных напряжений по всем

конструктивным группам, которые подверглись влиянию коррозии, а также по тем, которые остались не подверженными износу (хребтовая и шкворневая балки, торцовые стены). По многим группам произошло уменьшение значений максимальных напряжений. Сюда входят противоударные стойки, концевые балки, дуги крыши, гофрированная обшивка межоконных простенков и надоконного пояса боковой стены.

Параллельно прочностным расчетам проводились расчеты на устойчивость обшивки боковых стен. Как видно из рис. 2 после первых четырех шагов расчета коэффициент запаса устойчивости, несмотря на износ консольных частей вагона, незначительно возрастал. Это можно объяснить перераспределением напряжений в элементах боковой стены и даже снижением их максимального значения. После пятого шага расчета коэффициент запаса устойчивости обшивки боковой стены служебной стороны снизился до 0,87 и, следовательно, обшивка боковой стены в районе туалета потеряла устойчивость, то есть достигла предельного состояния.

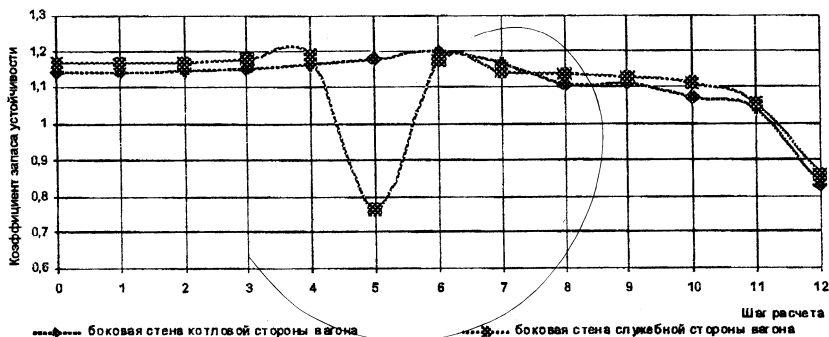


Рис. 2. Изменение коэффициента запаса устойчивости боковых стен

Расчет вагона с восстановленными консольными частями (6 шаг расчета) показал, что значения максимальных напряжений практически не изменились по сравнению с предыдущим шагом расчета. Незначительное увеличение напряженного состояния наблюдается в гофрированной обшивке межоконных простенков и в дверных стойках боковой стены служебной стороны, а уменьшение — на гладких участках обшивки подоконного пояса и в нижней обвязке этой же стены.

При дальнейших расчетах (7–12 шаги) процессу коррозионного износа подверглась средняя часть кузова вагона. С увеличением величин коррози-

онных износов происходило как увеличение, так и снижение максимальных напряжений в различных элементах, а в некоторых — напряженное состояние осталось неизменным.

Так, в нижних горизонтальных полках и в нижней части примыкающих к ним вертикальных стенок швеллеров хребтовой балки, а также в горизонтальном усиливающем листе, наблюдается рост максимальных напряжений при всех шагах расчета. В средней части вертикальных стенок швеллеров хребтовой балки напряженное состояние остается практически неизменным, а в верхних горизонтальных полках и верхней части вертикальных стенок — незначительно снижается.

По всем группам элементов шкворневых балок происходит снижение максимальных значений напряжений. В нижних обвязках боковых стен наблюдается устойчивый рост, а в концевых балках — стабильное напряженное состояние.

В гофрах металлического настила пола происходит наибольшее увеличение максимальных значений напряжений (около 50 МПа), одновременно в гладкой его части и в настиле пола в тамбурах — незначительное снижение.

Напряжения в элементах обеих боковых стен в основном возросли, за исключением гофрированной обшивки надоконного пояса, дверных стоек и гофров межоконных простенков.

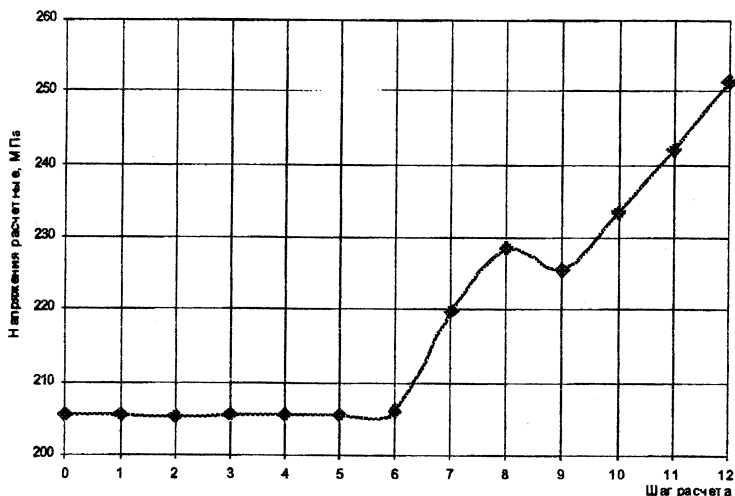


Рис. 3. Изменение значений максимальных напряжений в поперечных Z-образных балках настила пола

Максимальные напряжения снизились в дугах крыши, а в гофрированной обшивке остались неизменными.

После 8-го шага расчета напряжения превысили допускаемые в 4-х стойках боковых стен, которые находятся в зоне примыкания шкворневых балок, то есть они достигли предельного состояния по условию прочности. Напряженное состояние остальных элементов кузова по условию прочности находится в допускаемых пределах, а коэффициент запаса устойчивости обшивки боковых стен находится в пределах нормы.

По результатам проведения 12-го шага расчетные напряжения превысили допускаемые (250 МПа) в поперечных балках настила пола (рис. 3). При этом коэффициент запаса устойчивости обшивки боковых стен составил 0,85 (см. рис. 2), что ниже допускаемого значения. В результате мы получили состояние конструкции, при котором дальнейшая ее эксплуатация невозможна, так как элементы, подверженные коррозионному износу, достигли предельного состояния или по условию прочности, или по условию устойчивости. Величины износов, соответствующие данному шагу расчета, можно принимать в качестве предельно допустимых по элементам кузова вагона, включая предельные состояния элементов кузова, расположенных в зоне туалета, и стоек боковых стен кузова, которого они достигли после 5 и 7 шагов расчета.

Выполненные исследования по моделированию на ПЭВМ технического состояния кузовов пассажирских некупейных вагонов в зависимости от степени коррозионных повреждений позволили установить предельные значения толщин сечений основных элементов кузова, при которых теряется их несущая способность. Расчеты показали, что критерий максимального износа 30% нуждается в корректировке и должен быть не унифицированным, а дифференцированным для основных элементов кузова по критериям прочности и устойчивости. В частности, в результате проведенных экспериментов установлены предельные состояния наиболее подверженных коррозионному износу элементов, определяющих несущую способность кузова. Потеря несущей способности наступает при уменьшении площади поперечного сечения от 10 до 50%, по сравнению с исходной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). — М.: ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1983. — 260 с. 2. Сенько В. И., Пигунов А. В. Об оценке предельного состояния металлоконструкции пассажирского вагона // Трибофатика: Тр. Междунар. симпозиума по трибофатике.: В 2 т. / ТДТУ. — Тернополь, 2002. — Т. 2. — С. 567–570.