

## ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

УДК 629.4.014.76.004.67

*В. И. СЕНЬКО, доктор технических наук; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

### ОБОСНОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В РЕМОНТЕ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Рассматривается ситуация, сложившаяся на Белорусской железной дороге, с парком грузовых вагонов. Приводятся возможные варианты обновления парка вагонов и рекомендуемые зависимости для определения доли вагонов, которая ежегодно должна проходить ремонт. Даются конкретные практические результаты.

Эффективность функционирования железнодорожного транспорта во многом определяется техническим и коммерческим состоянием подвижного состава, частью которого являются грузовые вагоны.

В настоящее время наблюдается выраженная тенденция старения каждого из типов грузовых вагонов. Многие вагоны отслужили регламентированный срок службы, что не даёт возможности эффективно эксплуатировать их в перевозочном процессе. Например, на 1.01.2004 г. отслужили установленный для них срок службы: крытые вагоны – 18,74 %, платформы – 18,86, полувагоны – 39,34, цистерны – 33,75 % (проценты к наличному парку Белорусской железной дороги). Обновление парка вагонов возможно тремя путями: закупкой новых, восстановлением их ресурса через капитальный ремонт с продлением срока службы (КРП), закупкой новых и проведением для части вагонов КРП. Экономическая ситуация в Республике Беларусь и на Белорусской железной дороге указывает на определяющий вектор – третий путь обновления парка вагонов. Вагоны, которым будет проведен КРП, в дальнейшем будут эксплуатироваться по сложившейся схеме, т. е. им будут выполняться ремонты в объёме деповского (ДР) и капитального (КР) ремонта. В связи с этим весьма важная роль в обеспечении перевозочного процесса надёжным подвижным составом отводится качеству выполнения всего комплекса восстановительных (по работоспособности) мероприятий: техническое обслуживание (ТО), текущий ремонт (ТР-1, ТР-2), деповской ремонт (ДР) и капитальный ремонт (КР). Для успешного решения этой задачи прежде всего необходимо ответить на три основополагающих вопроса:

1 Какая величина парка вагонов (по типам) необходима для обеспечения перевозочного процесса?

2 Какое количество вагонов (по типам) необходимо отремонтировать каждым из видов плановых ремонтов (ДР и КР)?

3 Какая по пропускной способности инфраструктура должна быть создана для своевременного и качественного ремонта (ДР и КР)?

Ответ на первый вопрос дан в исследованиях, выполненных младшим научным сотрудником отраслевой научно-исследовательской лаборатории «ТТОРЕПС» Гурским Е. П. Он доказал необходимость применения множественных корреляционно-регрессионных моделей оптимальной сложности для определения потребного рабочего парка по каждому из рассматриваемых типов грузовых вагонов. Им получены конкретные модели по каждому из типов вагонов.

Весьма важным является второй вопрос, от грамотного решения которого во многом зависит рациональное использование выделяемых (значительных) затрат на функционирование инфраструктуры.

В бытность Министерства путей сообщения СССР существовала строгая плано-предупредительная система проведения плановых мероприятий по поддержанию парка вагонов в рабочем состоянии. В рамках этой системы по каждому типу вагонов были определены доли из них, которые ежегодно должны были пройти, в частности, деповской ремонт ( $Z_i$ ). В настоящее время на Белорусской железной дороге функционирует плано-предупредительная система ремонта вагонов (в ДР) по пробегу. Например, норматив пробега между ДР для полувагонов составляет 110 000 км ( $[nl]$ ).

Суть предлагаемой автором методики заключается в следующем.

Количество суток, которое необходимо вагону  $i$ -го типа для выполнения показателя  $[nl]$ , предлагается определить по следующей зависимости:

$$[D]_i = \frac{[nl]_i}{v_{уч.i} t_{сут} \eta_i \Phi_i}, \quad (1)$$

где  $v_{уч.i}$  – средняя участковая скорость движения;  $t_{сут}$  – продолжительность суток;  $\eta_i$  – коэффициент нахождения вагона в движении;  $\Phi_i$  – коэффициент приведения различных отчётных показателей к сравниваемым величинам.

Выполненные исследования позволили установить, что коэффициент  $\eta_i$  колеблется от года к году в широких пределах (0,165–0,245). Поэтому автор предлагает определить показатель  $[D]_i$  через среднесуточный пробег  $S_{ср.i}$ . Тогда формулу (1) можно записать так:

$$[D]_i = \frac{[nl]_i}{S_{ср.i}} \quad (2)$$

Величина  $S_{ср.i}$  по каждому типу вагона различная: 137,5 км – для крытого вагона, 105,0 – платформы, 153,7 – полувагона, 218,0 – для цистерны. В целом по парку вагонов эта величина на 2003 г. составляла 171,0 км. Для полувагонов, например, величина  $[D]_i$  получилась равной 715 дней, это примерно 2 года. Автор привёл пример для полувагонов с той целью, чтобы показать достаточную сходимость результатов расчётов с нормативными документами, согласно которым отбор в ДР осуществляется по пробегу, равному 110 000 км (для полувагонов), но не более чем через два года.

Величину  $Z_i$  предлагается определять по формуле

$$Z_i = \frac{D_k}{[D]_i}, \quad (3)$$

где  $D_k$  – число календарных дней в году.

Для рассматриваемого случая (полувагон) на 2003 г. получим

$$Z_{п/в} = \frac{365}{715} = 0,51.$$

Показатель 0,51 указывает на то, что 51 % парка полувагонов должен ежегодно пройти деповской ремонт. Выполненные автором исследования позволили спрогнозировать величину  $Z_i$  по каждому типу вагона во временном интервале до 2014 года. Например, для цистерн показатель  $Z_{ц}$  изменится от величины 0,74 в 2003 г. до 0,87 в 2014 г. У специалистов эта динамика может вызвать отрицательную реакцию: из года в год надо всё больше ремонтировать вагонов. Следует иметь в виду, что эти результаты базируются на сложившейся динамике работы Белорусской железной дороги в период с 1993 по 2003 г. Необходимо принимать организационно-технические мероприятия, чтобы остановить негативные тенденции: старение парка вагонов, рост оборота вагона, снижение участковой скорости и т. д. И сегодня на Белорусской ма-

гистрала разработаны такие мероприятия, теперь слово за их реализацией.

Имея значение  $Z_i$ , можно определить и количество вагонов, которое необходимо отремонтировать ДР:

$$N_{деп.i}^{рем.} = N_{р.i} Z_i \quad (4)$$

где  $N_{р.i}$  – рабочий парк вагонов  $i$ -го типа.

С учётом сложившейся динамики изменения основных показателей использования вагонов за период 1993–2003 гг. величину  $[D]_i$  предлагается рассчитать так:

$$[D]_i = \frac{[nl]_i}{v_{уч.i} t_{сут} \eta_i \Phi_i} K_{v_i}^t K_{\eta_i}^t K_{\Phi_i}^t, \quad (5)$$

где  $K_{v_i}^t$  – коэффициент, учитывающий прогноз изменения участковой скорости на время  $t$  (горизонт прогнозирования);  $K_{\eta_i}^t$  – коэффициент, учитывающий изменение показателя нахождения вагона  $i$ -го типа в движении на время  $t$ ;  $K_{\Phi_i}^t$  – коэффициент приведения различных показателей (в нашем случае  $N_{р.i}$ ,  $v_{уч.i}$ ,  $[nl]_i$ ) к сравниваемым величинам.

Например, показатель  $K_{v_i}^t$  предлагается определить так:

$$K_{v_i}^t = \frac{v_{уч.i}^o}{v_{уч.i}^t} \quad (6)$$

где  $v_{уч.i}^o$ ,  $v_{уч.i}^t$  – соответственно участковые скорости  $i$ -го типа вагона к моменту разработки прогноза и к моменту времени  $t$ . Для получения коэффициентов  $K_{v_i}^t$ ,  $K_{\eta_i}^t$ ,  $K_{\Phi_i}^t$  автором использовалась теория временных рядов. Выбор аппроксимирующих зависимостей (из возможных) производился по наименьшей остаточной дисперсии.

Для варианта расчёта величины  $[D]_i$  по среднесуточному пробегу был исследован временной ряд  $S_{ср.i}$  в интервале 1993–2003 гг. Например, в среднем по рабочему парку вагонов аппроксимирующая зависимость имеет вид

$$S_{ср} = -4,29 \cdot t + 8752,60. \quad (7)$$

Имея зависимость (7) для каждого типа вагонов, на любой горизонт прогнозирования, определив заранее  $S_{ср.i}^t$ , можно определить величину  $[D]_i$ . Здесь весьма важно ответить на два вопроса: какой длины должен быть ретроспективный временной ряд и на какой горизонт прогнозирования следует производить расчёты. Выполненные автором исследования показали, что рациональная глубина ретроспекции определяется 12–15 годами.

Сложнее дело обстоит с горизонтом прогнозирования. Чтобы в оптимальном режиме функционировала вся инфраструктура, обеспечивающая восстановительные (по работоспособности) процессы для вагонов, необходимо учитывать продолжительность разработки проекта депо для выполнения ДР, время от начала строительства до сдачи в эксплуатацию и период стабильной его работы. Ранее автором было доказано, что этот период упреждения прогноза должен быть не менее 10 лет. Но чем дальше от исходного находится год упреж-

дения прогноза, тем с большей неопределенностью получается прогноз. Поэтому предлагается ежегодно проводить необходимые расчёты и корректировать прогноз.

Внедрение предложенной методики в практику работы Белорусской железной дороги позволит отыскать наиболее экономически обоснованные пути распределения выделяемых средств на развитие вагонного хозяйства, обеспечивающего безопасное функционирование перевозочного процесса.

Получено 12.12.2003

**V. I. Senko.** Grounds for need of freight carriages repair.

The situation arose on the Belarusian Railway with freight carriages fleet is considered. There given possible variants of rolling stock renovation. Recommended dependences for determination of rolling stock quota for annual repair are given. Concrete practical results are also given.

---

**Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2003. № 2(7)**

---

УДК 621.4.028.122.001.24

*Б. Г. КЕГЛИН, доктор технических наук; А. В. ЯКОВЛЕВ, кандидат технических наук; С. В. МАКЕЕВ; аспирант; Брянский государственный технический университет, г. Брянск*

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ НАДРЕССОРНОЙ БАЛКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА**

Приводятся результаты теоретического (МКЭ) и экспериментального исследования напряженно-деформированного состояния наддрессорной балки грузового вагона. Показаны преимущества теоретического расчета.

**Н**а этапе проектирования, доводки и модернизации изделия важным является выбор такого метода исследований напряженно-деформируемого состояния (НДС), который обеспечивал бы минимальные затраты времени и средств, достаточную точность получаемых результатов, что позволяет рационально использовать резервы прочности материала и, следовательно, снизить массу и стоимость детали.

Объектом исследования является наддрессорная балка тележки грузового вагона, определение НДС которой в связи со сложными условиями эксплуатации требует детального рассмотрения.

Возможны два направления исследования НДС наддрессорной балки: либо аналитическим, либо экспериментальными методами.

Благодаря развитию вычислительной техники метод конечных элементов (МКЭ) получил наибольшее распространение среди аналитических методов. В настоящее время МКЭ и графические программы представления информации составляют единое целое в системах автоматизации научных исследований и проектирования, что позволяет существенно улучшить качество этих расчетов. Одним из таких программных комплексов является

MSC/NASTRAN for Windows [1], с помощью которого был произведен расчет наддрессорной балки.

Среди экспериментальных методов наибольшее распространение получило тензометрирование.

Для проведения экспериментальных исследований в качестве объекта исследования была взята серийная наддрессорная балка тележки грузового вагона выпуска 2002 года, принятая ОТК. Тензометрирование балки выполнялось на испытательном стенде ЦДМ-200. В качестве экспериментальной нагрузки была принята вертикальная статическая нагрузка.

Величина вертикальной статической нагрузки в условиях эксперимента  $P = 42$  т. Балка опирается на жесткие опоры.

Измерение деформаций производилось при помощи тензорезисторной розетки, образованной из трех проволочных тензодатчиков базой  $l = 20$  мм. Тензодатчики наклеивались по трем сечениям 1, 2 и 3-й балок (рисунок 1). Наклейка тензодатчиков выполнялась в строгом соответствии с методикой, изложенной в [2]. Места установки тензодатчиков показаны жирными точками (рисунок 1).