

УДК 004.6

Трехмерная модель обработки данных эксплуатационных параметров фрикционного клина

А.В. Габец¹, И.В. Лёвкин², А.В. Семёнов²

¹ ООО «Алтайский сталелитейный завод» (Барнаул, Россия)

² Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (Барнаул, Россия)

3D Model for Friction Wedge Operational Data Processing

A.V. Gabets¹, I.V. Levkin², A.V. Semenov²

¹ Ltd «Altai steel-casting factory» (Barnaul, Russia)

² Polzunov Altai State Technical University (Barnaul, Russia)

Значительное количество отцепок вагонов, приводящее к простоям, снижению безопасности движения и частым трудоемким ремонтам, происходит по причине неисправностей ходовых частей. Основным узлом грузового вагона, предназначенным для снижения колебаний, уровня динамических вертикальных и горизонтальных сил, является рессорное подвешивание с клиновыми фрикционными гасителями колебаний. Работоспособность деталей, входящих в этот узел, является приоритетной при определении межремонтного пробега тележки. При этом одной из актуальных задач является повышение работоспособности гасителя колебаний, увеличение межремонтных пробегов грузовых вагонов.

Данные получены во время деповского ремонта. Проведены измерения технического состояния 25 000 фрикционных клиньев.

Приведены результаты статистического анализа эксплуатационных первичных данных по клиновому фрикционному гасителю колебаний, определяющие характер влияния на величину суммарного износа наклонной и боковой стенок фрикционного клина средней суммарной остаточной твердости и пробега от планового ремонта. Предложена трехмерная модель визуализации первичных данных для их разведочного анализа.

Ключевые слова: анализ эксплуатационных данных, фрикционный клин, трехмерная модель визуализации.

DOI 10.14258/izvasu(2015)1.1-24

Одним из направлений повышения эффективности работы железнодорожного транспорта является минимизация затрат на обслуживание и ремонт грузовых вагонов. Значительное количество отцепок вагонов, приводящее к простоям, снижению безопасности движения и частым трудоемким ремонтам, происходит по причине неисправностей ходовых ча-

стей. There are significant number of cars uncoupling that leads to downtime, safety reduction, and time-consuming repairs. It happens due to the fault of running parts. The main unit of a freight car designed for reduction of vibration and levels of the dynamic vertical and horizontal forces is a spring suspension with friction wedge shock absorbers. The durability of details is a priority in determining the average runtime of the car truck. In this case, one of the urgent problem is to improve performance of shock absorbers, thus increasing the overhaul life of freight cars.

Roundhouse servicing data include measurements of technical state parameters of 25,000 friction wedges.

Statistical analysis of primary operational data of friction wedge shock absorbers is presented in the paper. The analysis reveals the dependencies between the total wear of angled and side walls, total average residual hardness and runtime between planned maintenance. A 3D visualization model is proposed for primary operational data visualization for further exploratory analysis.

Key words: analysis of operational data, friction wedge, 3d model friction wedge.

Актуальность исследований, направленных на совершенствование тележек грузовых вагонов и их компонентов, определяется задачами, решаемыми железнодорожным транспортом.

Основным узлом грузового вагона, предназначенным для снижения колебаний, уровня динамических вертикальных и горизонтальных сил, является рес-

сорное подвешивание с клиновыми фрикционными гасителями колебаний. Работоспособность деталей, входящих в этот узел, является приоритетной при определении межремонтного пробега тележки. При этом одной из актуальных задач является повышение работоспособности гасителя колебаний, увеличение межремонтных пробегов грузовых вагонов.

В 33 вагоноремонтных организациях во время деповского ремонта были проведены измерения технического состояния 25 000 фрикционных клиньев. Каждое измерение клина включало в себя получение следующих экспериментальных данных:

- величину износа наклонной поверхности клина (z_{i1} , мм);
- величину износа вертикальной стенки клина (z_{i2} , мм);
- величину пробега после последнего планового ремонта (z_{i3} , км);
- остаточную твердость вертикальной стенки в четырех точках ($z_{i4}, z_{i5}, z_{i6}, z_{i7}$, НВ);
- остаточную твердость наклонной стенки в четырех точках ($z_{i8}, z_{i9}, z_{i10}, z_{i11}$, НВ).

Первичные экспериментальные данные (матрица $Z_{(11 \times 25000)}$) использовались для определения характера влияния на величину суммарного износа наклонной и боковой стенок фрикционного клина средней суммарной остаточной твердостью и пробегом от планового ремонта.

Размерность Z была предварительно уменьшена следующей сверткой данных: $z'_{i1} = z_{i1} + z_{i2}$ (величина суммарного износа наклонной и вертикальной стенок клина, мм), $z'_{i2} = z_{i3}/1000$ (пробег от планово-

го ремонта, тыс. км), $z'_{i3} = \frac{1}{8} \sum_{j=4}^{11} z_{ij}$ (средняя суммар-

ная остаточная твердость клина, НВ); исключением z'_{ij} вне интервалов $1 \leq z'_{i1} \leq 11$, $50 \leq z'_{i2} \leq 162$, $190 \leq z'_{i3} \leq 270$ как ошибочных, возникших на этапе измерения значений параметров и их регистрации. Новая матрица $Z'_{(3 \times 20755)}$ нормирована к матрице $X_{(3 \times 20755)}$ выборочными средним и дисперсией.

$$\hat{\mu}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m z'_{ij}, \quad \hat{\sigma}_i = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (z'_{ij} - \hat{\mu}_i)^2, \quad x_{ij} = \frac{z'_{ij} - \hat{\mu}_i}{\hat{\sigma}_i},$$

$$i = 1, 2, 3, \quad j = 1, \dots, 20755.$$

Для пар (x_1, x_2) и (x_1, x_3) соответственно вычислены коэффициенты корреляции $r_{12} = 0,07$ и $r_{13} = -0,17$, что на уровне значимости $\alpha = 0,05$ исключает их зависимость. Уравнение регрессии $z'_1 = 8,685 + 0,007z'_2 + 0,019z'_3$ удовлетворяет критерию Фишера, его коэффициенты – критерию Стьюдента с 5% погрешностью. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,038$ показывает незначительное влияние входных параметров на выходную функцию. Уравнение регрессии $x_1 = 0,09x_2 - 0,18x_3$ позволяет считать параметр x_3 более значимым.

Приведенные результаты дополним визуализацией данных, которая применяется в разведочном анализе [1].

Свертка первичных данных к матрице Z' позволяет визуализировать ее, построив облако точек (рис. 1) в координатах (z'_1, z'_2, z'_3) .

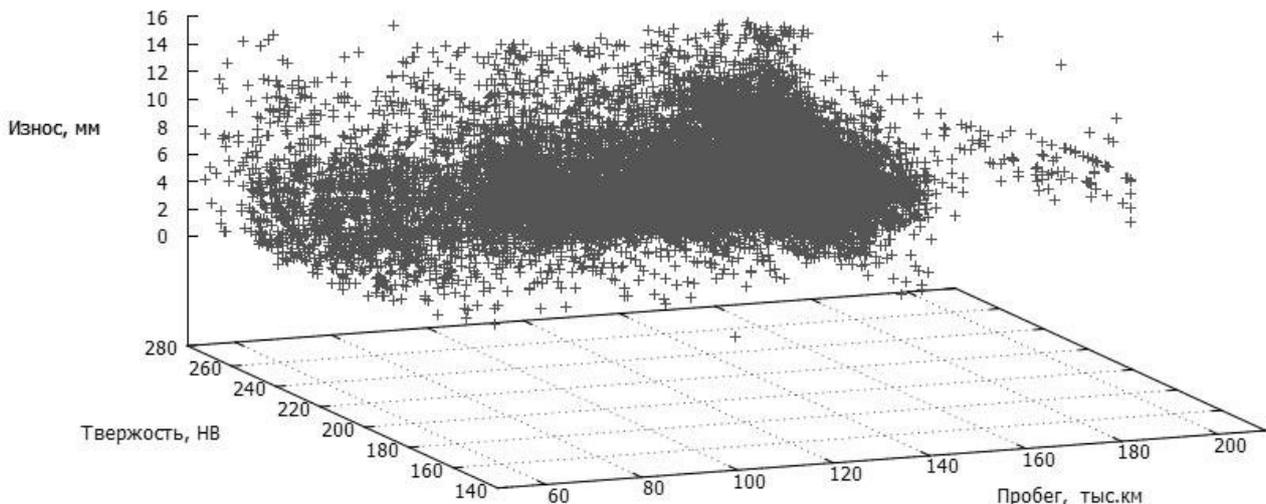


Рис. 1. Визуализация Z'

Применение метода ABOS (Approximation Based On Smoothing) [2, 3] аппроксимации поверхностей

численными методами «натяжения» позволило получить трехмерную поверхность (рис. 2) в координатах

(z'_1, z'_2, z'_3) . Улучшить визуализацию позволили методы сглаживания [2, 3] (рис. 3). Итеративное приме-

нение сглаживающего алгоритма позволяет выявить тренд экспериментальных данных (рис. 4).

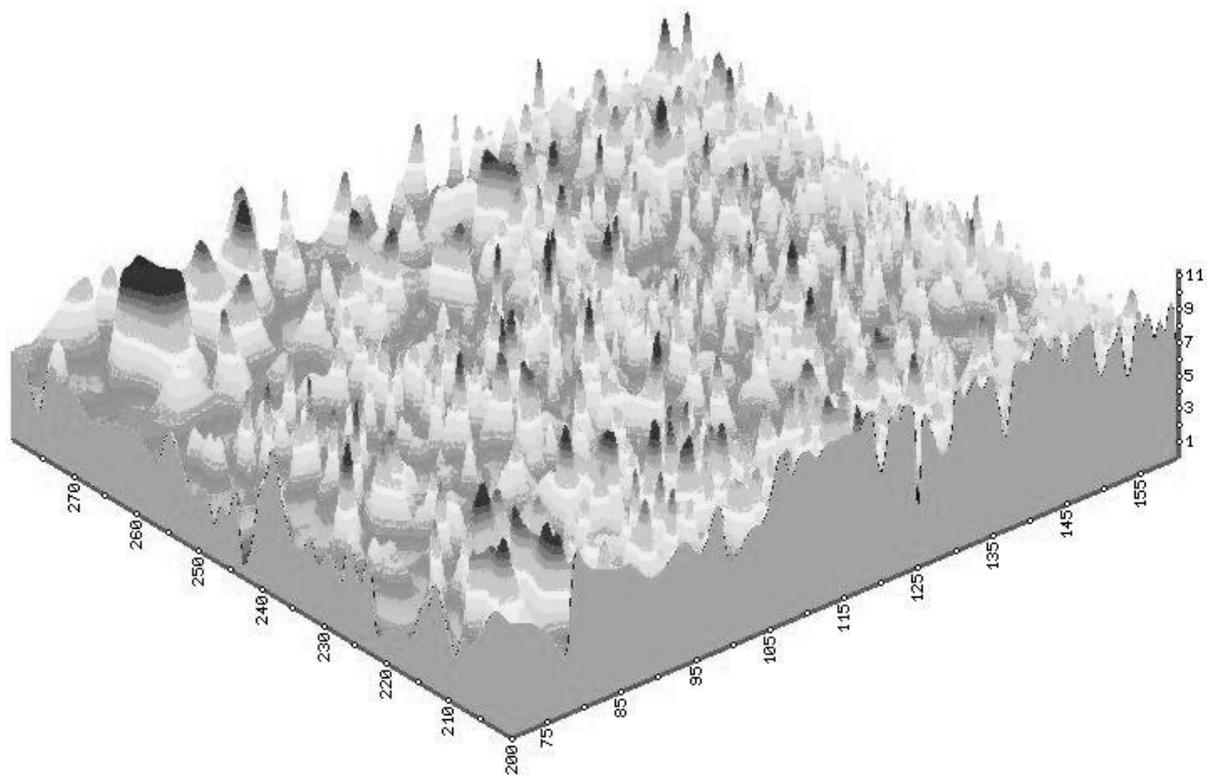


Рис. 2. Поверхность, аппроксимирующая экспериментальные данные

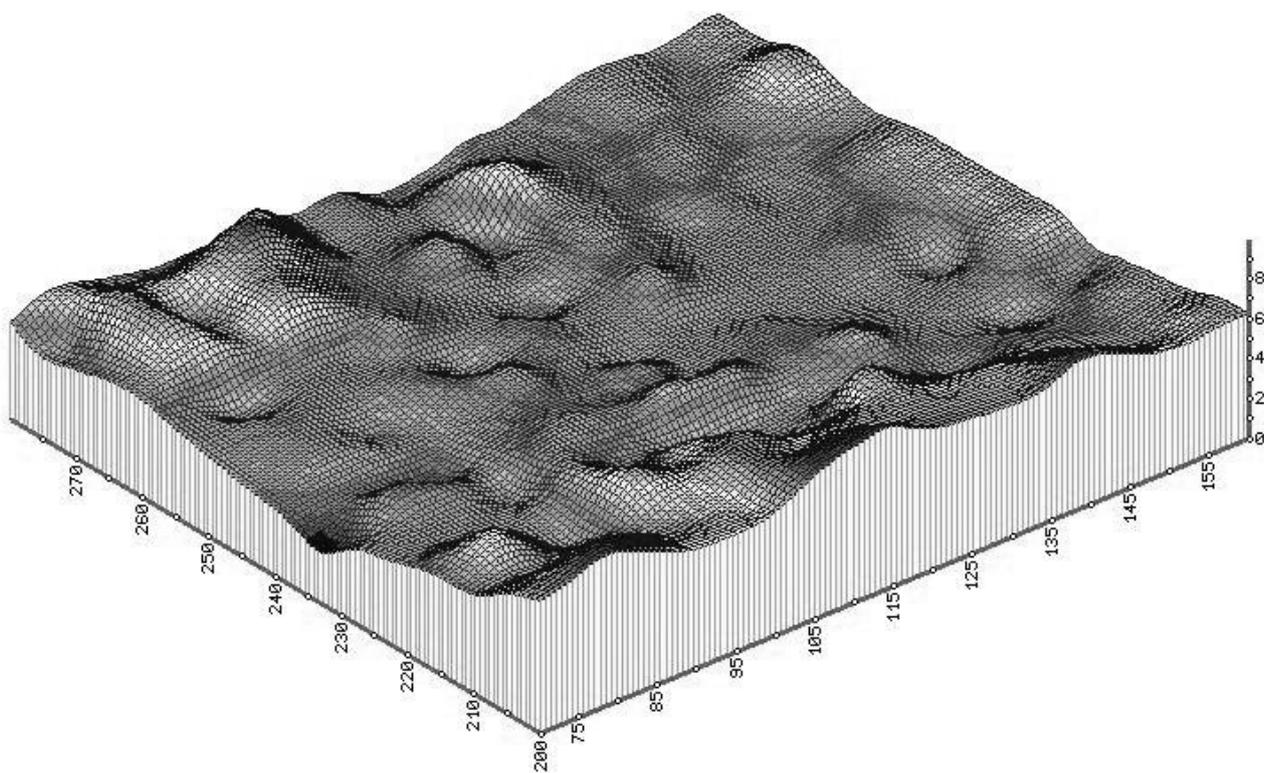


Рис. 3. «Сглаженная» поверхность

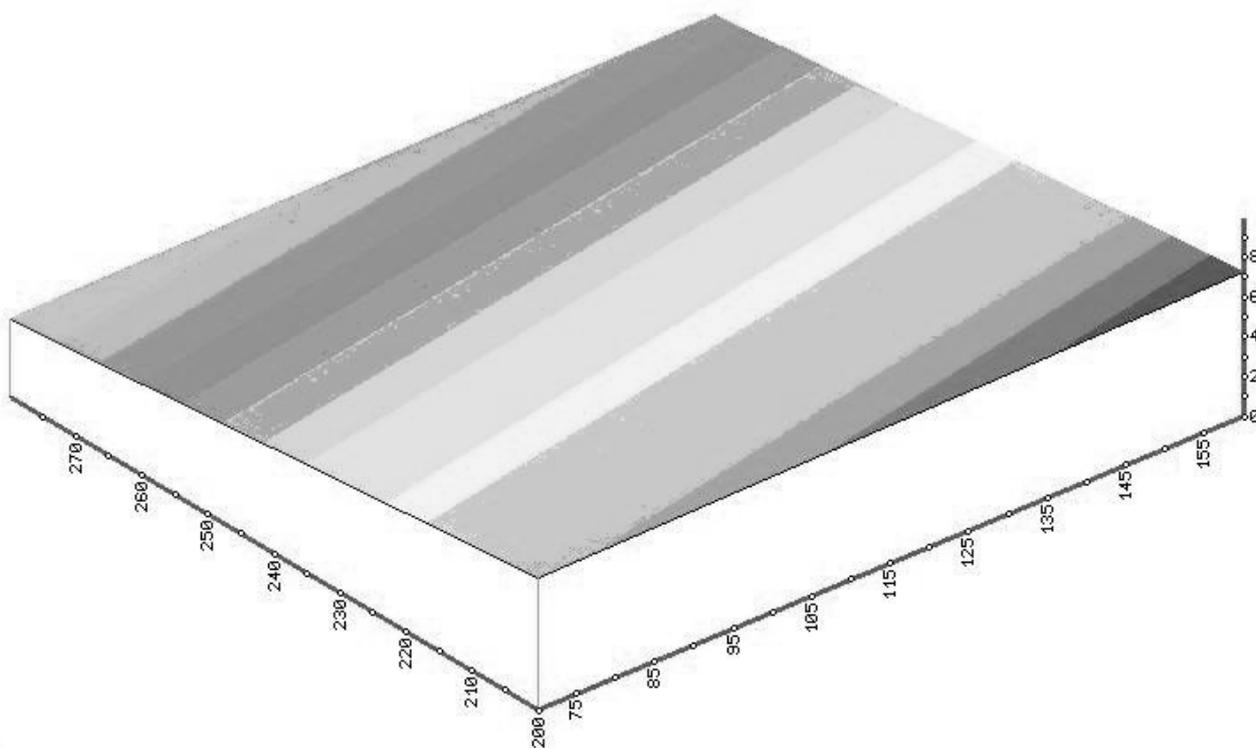


Рис. 4. Поверхность тренда

Таким образом, характер поверхности в пространстве параметров свидетельствует об устойчивой преобладающей тенденции к снижению суммарного износа наклонной и вертикальной стенок фрикционного клина при увеличении твердости материала его отливки. Данная зависимость выражает требование к использованию материала с повышенной твердостью.

Во всем диапазоне варьирования средней суммарной остаточной твердости клина суммарный износ его рабочих стенок характеризуется умеренным увеличением в течение всего межремонтного пробега вагона. Поэтому к трибологическим аспектам нового материала следует подходить по-прежнему в рамках действующих нормативных требований.

Библиографический список

1. Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений. – М., 1981.
2. Dressler M. Art of Surface Interpolation. Kunstat, 2009. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. [Электронный ресурс]. – URL: <http://m.dressler.sweb.cz/AOSIM.pdf>. (дата обращения: 15.11.2013).
3. Dressler M. Approximatio/interpolation of surfaces based on numerical tensioning and smoothing. Adobe Acrobat Reader [Electronic resource]. – URL: <http://www.sweb.cz/M.Dressler/ABOS.htm> (дата обращения: 15.11.2013).