

УДК 629.4.077-592.117.001.4

Ю.Я. Водяников, С.В. Кукин, С.А. Павлов, Д.А. Донченко

ТОРМОЗНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БУНКЕРНЫХ ВАГОНОВ С РАЗДЕЛЬНЫМ ТОРМОЖЕНИЕМ НА КАЖДУЮ ТЕЛЕЖКУ

Приведен анализ основных недостатков рычажной передачи бункерных вагонов с одним тормозным цилиндром. На основе исследований сил нажатия тормозных колодок на колеса при торможении показано, что при изношенных колодках силы нажатия уменьшаются и, следовательно, снижается тормозная эффективность. Аналогичные исследования тормозной системы с раздельным торможением свидетельствуют о более стабильных тормозных коэффициентах. Приведены результаты статистических расчетов для двух тормозных систем.

Бункерные вагоны относятся к специализированным видам железнодорожного транспорта и предназначены в основном для перевозки сыпучих грузов. Отличительной особенностью бункерных вагонов является наличие в подвагонном пространстве бункеров с люками, позволяющие автоматизировать разгрузку вагонов. По данным исследований /3/ в эксплуатации находится около двадцати моделей вагонов бункерного типа (рис. 1, 2, 3).



Рис. 1. Бункерный вагон для перевозки зерна

© Ю.Я. Водяников, С.В. Кукин, С.А. Павлов, Д.А. Донченко, 2012

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 2. Бункерный вагон для перевозки цемента



Рис. 3. Хоппер-дозатор

Ограничение свободного пространства под вагоном между стенками бункеров обуславливает необходимость установки воздухораспределителя (ВР), запасного резервуара (ЗР) и тормозного цилиндра (ТР) сверху на одной из консольных частей рамы вагона. Такое расположение тормозных приборов определяет несимметричность рычажной передачи (рис. 4) и является отличительной особенностью от типовой тормозной системы.

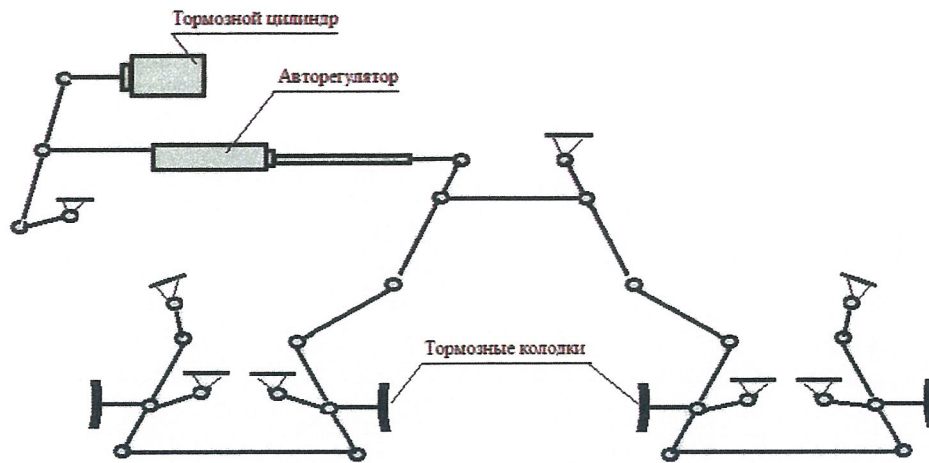


Рис. 4. Рычажная передача бункерного вагона

Исследования показали, что большинство вагонов бункерного типа имеют существенные недостатки, причем в тормозной системе этих специализированных вагонов в эксплуатации возникают как общеизвестные неисправности, проявляющиеся во всех типах грузовых вагонов, так и другие, характерные только для вагонов, где в механической части автотормоза используется дополнительные передаточные узлы.

Обследование технического состояния тормозного оборудования вагонов бункерного типа [1, 2] выявили ряд существенных недостатков, так у цементовозов с несимметричной тормозной рычажной передачей во многих случаях выход штока превышал максимально допустимое значение, а также имели место разрывы колец отводящих устройств. у окатышевозов наблюдались износы и изгиб большой поддерживающей скобы, вызванные взаимодействием с элементами ТРП, у полувагонов бункерного типа для перевозки горячего агломерата имели место случаи потери их тормозной эффективности, приводящие к нарушению безопасности движения поездов, у вагонов - хопперов с увеличением выхода штока ТЦ более предельно допустимой величины происходило взаимодействие торца промежуточного рычага с хребтовой балкой, что вызывало потерю эффективности, кроме того у некоторых вагонов, таких как цементовоз (мод 19-758) и крытых вагонов-хопперов для перевозки зерна, в механической части тормоза присутствовал недопустимый завал вертикальных рычагов тележки, приводящий к чрезмерному сближению с надрессорной балкой или контакту с осью колесной пары. Вместе с этим у 80 % вагонов присутствовал клиновидный износ колодок, что свидетельствует о плохой работе отводящих устройств. Очевидно отмеченные недостатки могут оказывать влияние на тормозную эффективность бункерных вагонов.

Эффективность тормозной системы определяется величиной расчетного коэффициента силы нажатия тормозных колодок [2]:

$$\delta_p = \frac{K_p \cdot n}{T + Q}, \quad (1)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

где K_p – расчетная сила нажатия тормозной колодки, для композиционных колодок определяется по формуле [2]:

$$K_p = 1,22 \cdot K \frac{K + 20}{4K + 20}, \quad (2)$$

K - действительная сила нажатия тормозной колодки;

n - количество тормозных колодок, установленных на вагоне;

T - тара вагона;

Q - грузоподъемность вагона.

Исследования показали значительное различие в силах нажатия при полномерных и изношенных тормозных колодках (рис. 5 и 6), при этом расчетный коэффициент силы нажатия для порожнего вагона при изношенных колодках ($\delta_p=0,282$) в 1,24 раза меньше, чем при полномерных ($\delta_p=0,351$), для груженого – в 1,17 раза соответственно $\delta_p=0,142$ и $\delta_p=0,166$.

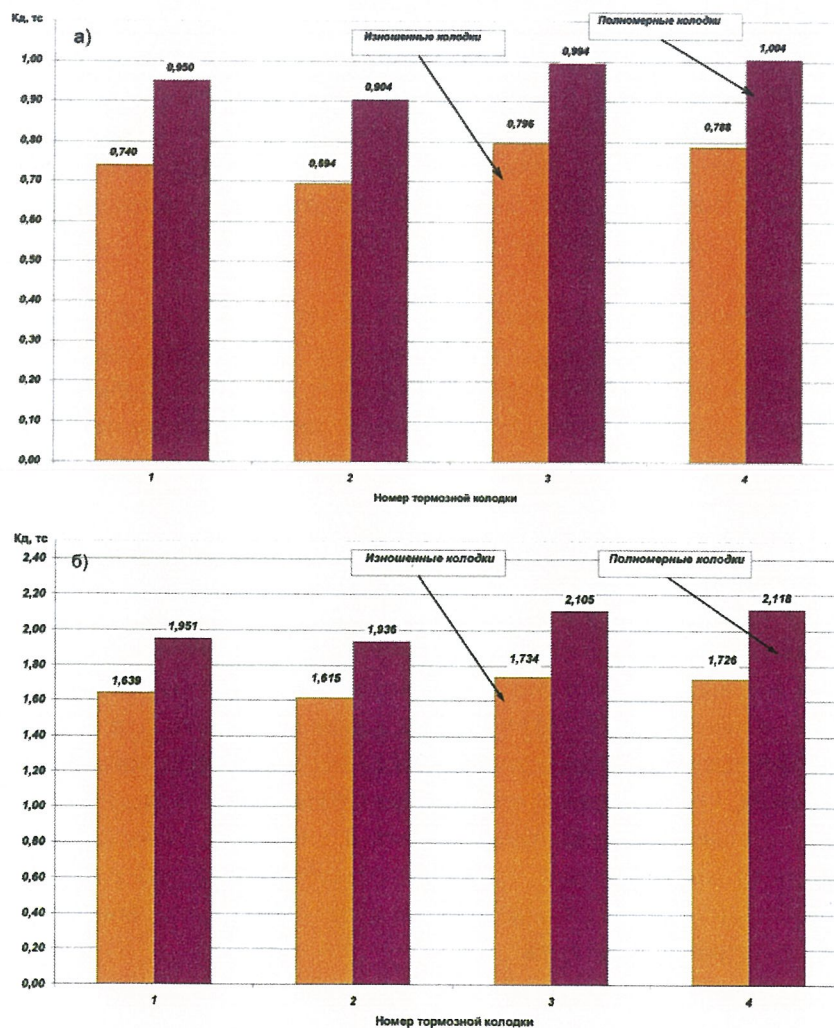


Рис. 5. Действительные силы нажатия тормозных колодок на колеса для
а) порожнего и б) груженого вагонов

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

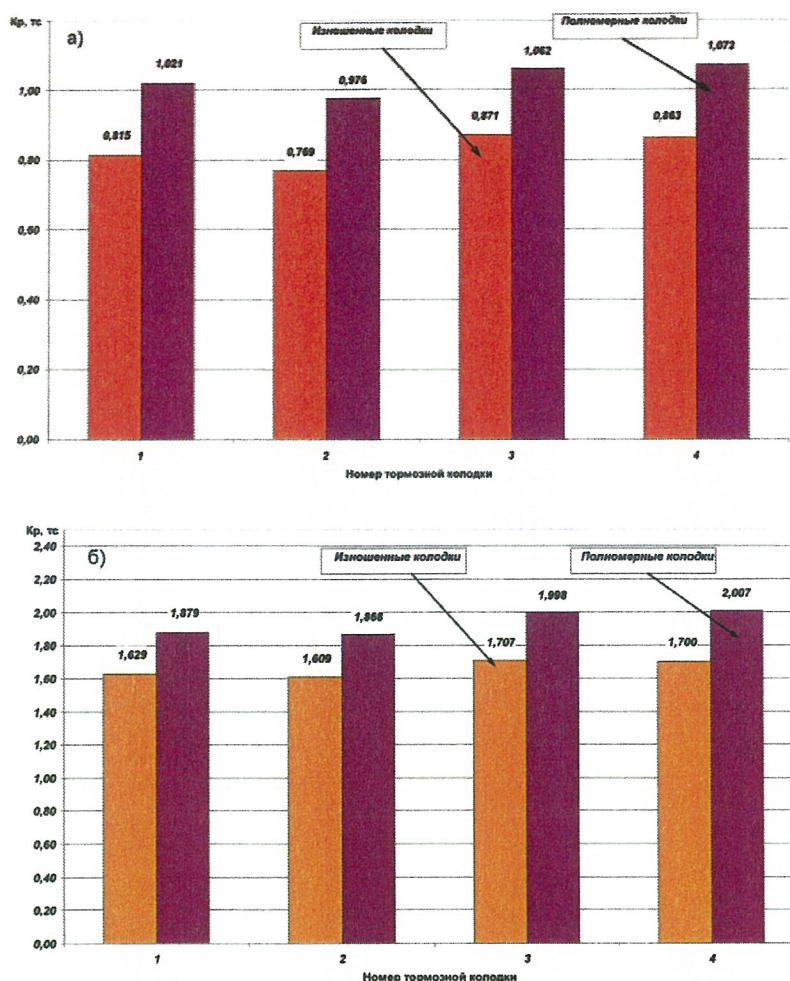


Рис. 6. Расчетные силы нажатия тормозных колодок на колеса для а) порожнего и б) груженого вагонов

Недостатком несимметричной рычажной передачи является повышенный разброс сил нажатия между колодками при торможении вагона.

Результаты измерений сил нажатия подвергались статистическому анализу. В качестве статистического закона распределения сил нажатия колодок на колеса принимался нормальный закон распределения, для которого функции распределения и плотности вероятности имеют вид [3]:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx, \quad (3)$$

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (4)$$

где α і σ^2 – математическое ожидание и дисперсия случайной величины.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Доверительные интервалы для математического ожидания определяются по формуле [3]:

$$\bar{x} - z_{p_1} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} < a < \bar{x} + z_{p_2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}, \quad (5)$$

где $\bar{x}$ – выборочное среднее из n независимых значений;

z_p – квантиль нормируемого нормального распределения.

Результаты статистического анализа представлены на рис. 7 и 8.

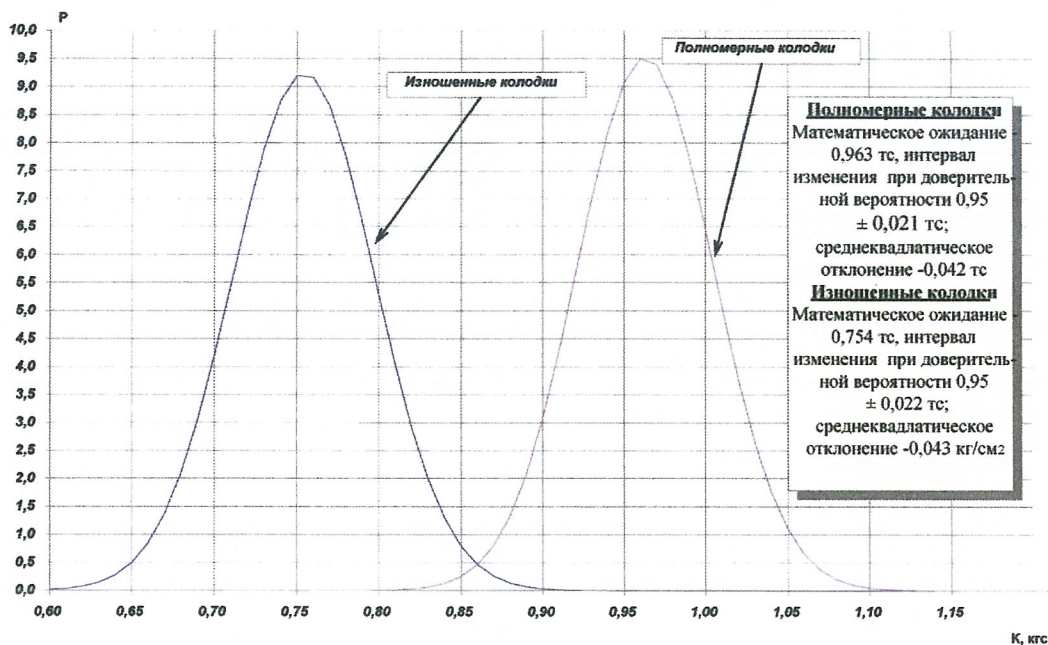


Рис. 7. Статистические характеристики сил нажатия тормозных колодок для порожнего бункерного вагона с типовой рычажной передачей

Очевидно устранение имеющих место недостатков несимметричной рычажной передачи бункерных вагонов невозможно без кардинального ее изменения. Поэтому в последние годы все более широкое распространение получают тормозные системы с раздельным торможением на каждую тележку. Такие системы особенно эффективны для бункерных вагонов, так как при этом в значительной степени упрощается рычажная передача (рис. 9).

Результаты измерения сил нажатия колодок на колеса для бункерных вагонов с раздельным торможением показали (рис. 10 и 11), что различие тормозных коэффициентов для порожнего вагона при полномерных ($\delta_p=0,324$) и изношенных колодках ($\delta_p=0,285$) не превышает 13%, для груженого – не более 2,7 % при расчетных коэффициентах соответственно $\delta_p=0,165$ (полномерные) и $\delta_p=0,161$ (изношенные).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

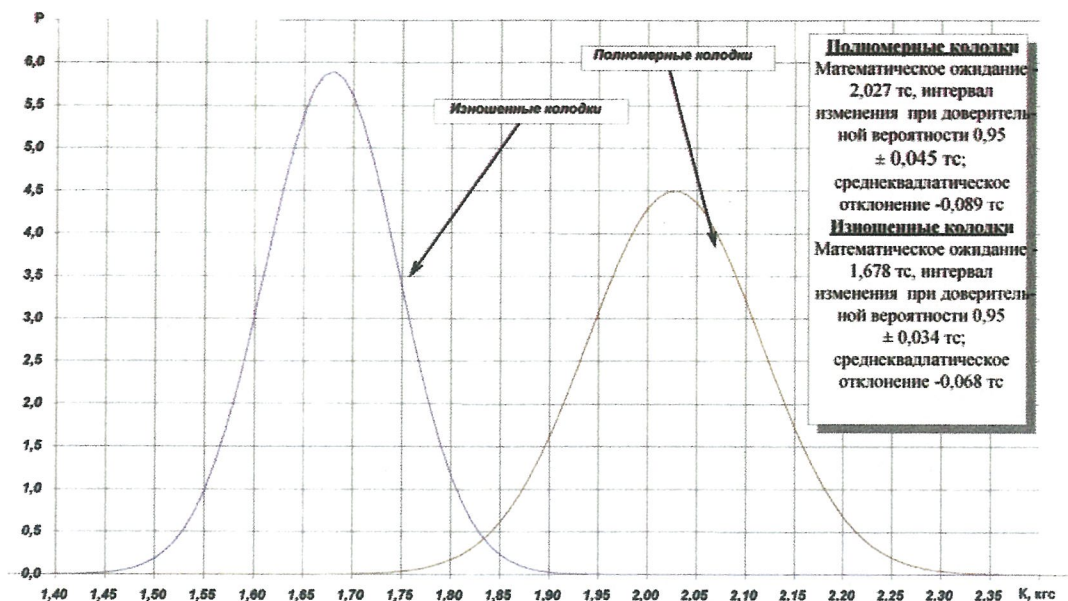


Рис. 8. Статистические характеристики сил нажатия тормозных колодок для груженого бункерного вагона с типовой рычажной передачей

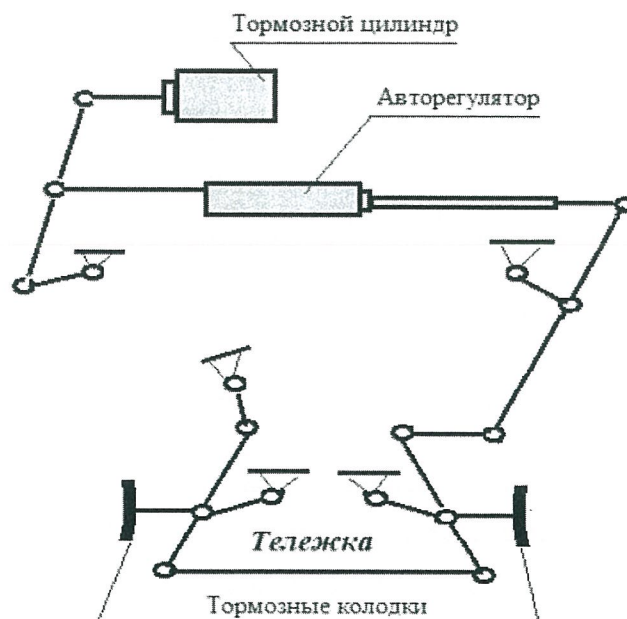


Рис. 9. Рычажная передача тормозной системы бункерного вагона с раздельным торможением

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Статистический анализ показывает, что при раздельном торможении разброс сил нажатия колодок снижается (рис. 12 и 13).

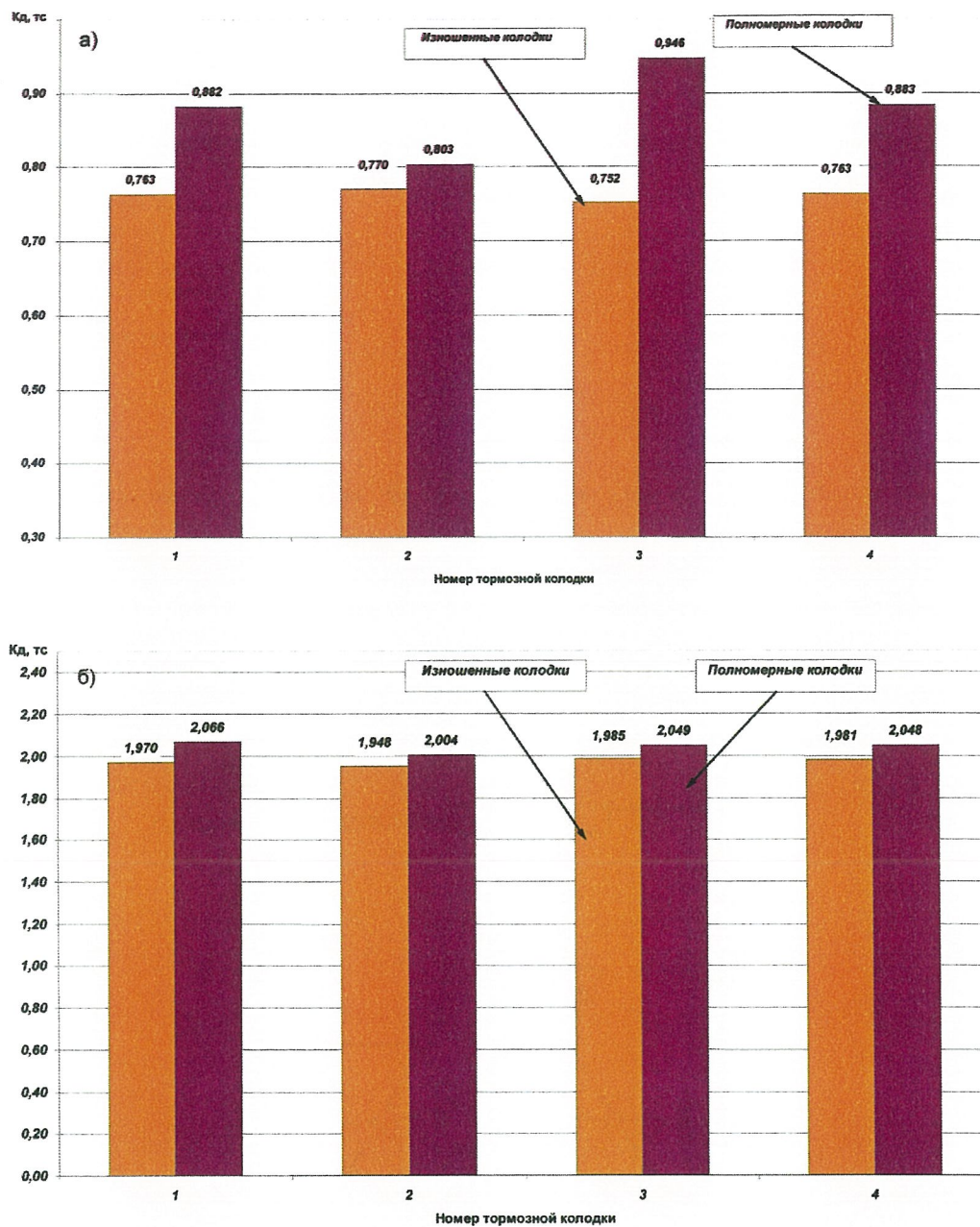


Рис. 10. Действительные силы нажатия тормозных колодок на колеса для а) порожнего и б) груженого вагонов с раздельным торможением

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

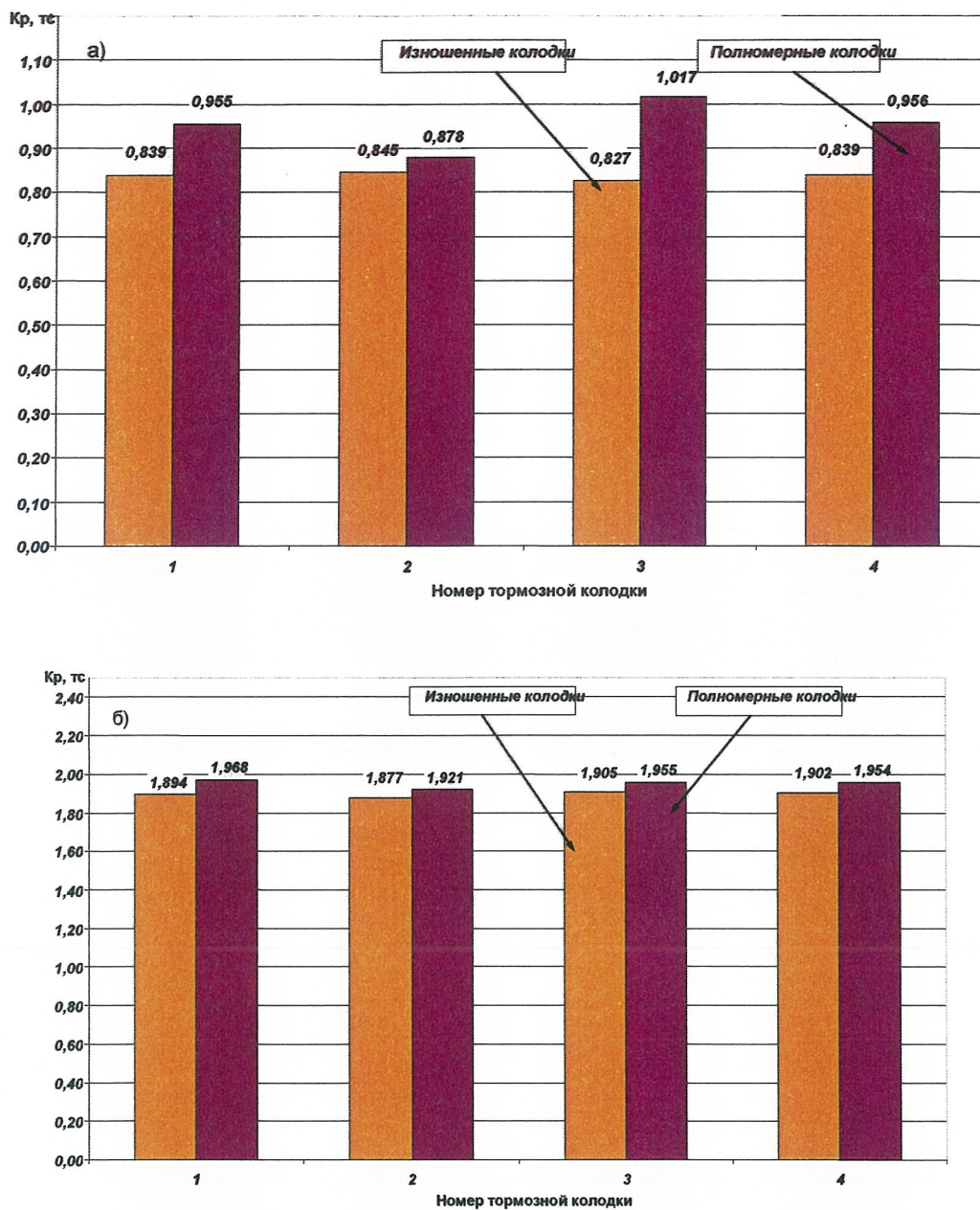


Рис. 11. Расчетные силы нажатия тормозных колодок на колеса для
а) порожнего и б) груженого вагонов с раздельным торможением

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

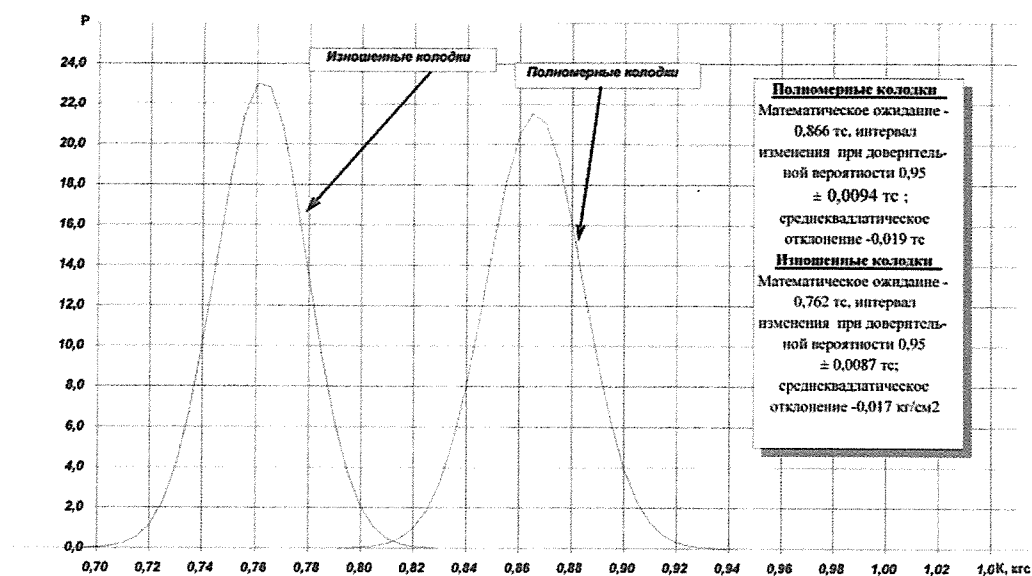


Рис. 12. Статистические характеристики сил нажатия тормозных колодок для порожнего бункерного вагона с раздельным торможением

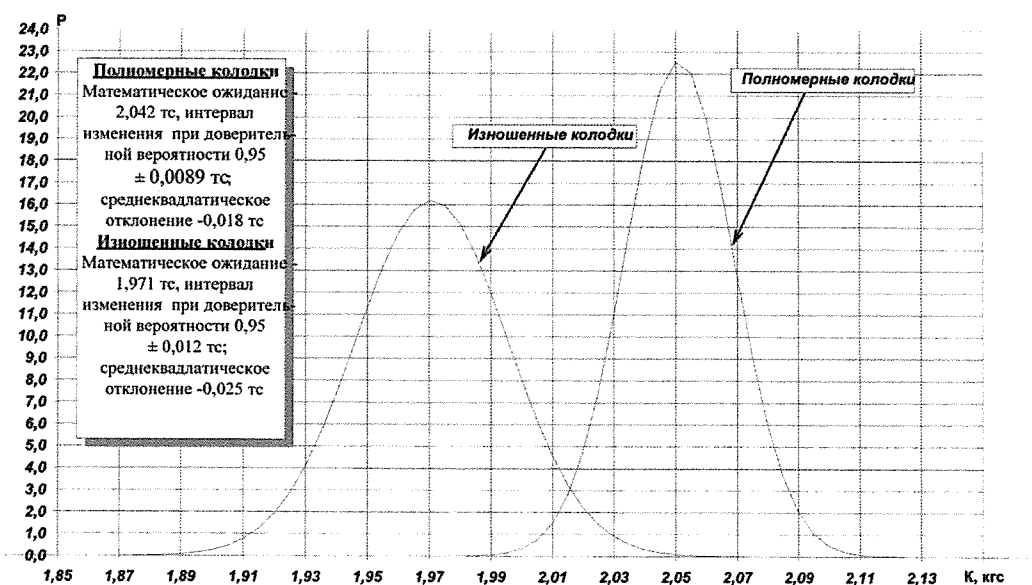


Рис. 13. Статистические характеристики сил нажатия тормозных колодок для груженого бункерного вагона с раздельным торможением

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Выводы

Применение тормозных систем с отдельным торможением на бункерных вагонах позволяет:

- 1 В значительной степени упростить тормозную рычажную передачу и, следовательно, устранить большинство отмеченных недостатков;
- 2 Более равномерно распределить силы нажатия колодок на колеса при торможении;
- 3 Повысить тормозную эффективность при изношенных колодках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Усовершенствование тормозной системы для грузовых вагонов эксплуатационного парка бункерного типа. // Отчет о НИР /ВНИИЖТ, МИИТ.- Рук.: В.А.Юдин.- Шифр:07.01.12.- Те-ма N1.49/92.- 1992.-221 с.
2. Аввакумов А.С. Совершенствование механической части тормоза специализированных вагонов-хопперов бункерного типа: Дис.канд.техн. наук.-05.22.07/МИИТ,-М., 1995.-341 с.
3. П.Т.Гребенюк. Правила тормозных расчетов. – М.: Интекст, 2004 г. - 114 с.
4. Е.Н.Львовский. Статистические методы построения эмпирических формул. - М.: "Высшая школа", 1988 г.