

Ю. Я. ВОДЯННИКОВ, Л. С. ОЛЬГАРД, А. В. ГРЕЧКО (УкрНИИВ)

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ГОРОЧНОГО БАШМАКА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ

Наведено результати досліджень взаємодії гіркового башмака і вагона як на площадці, так і на уклони 30 %. Приведені статистичні характеристики осевих зусиль, що діють на башмак. Показано, що взаємодія вагона і башмака характеризується складним коливальним процесом башмака, що містить як низькочастотну, так і високочастотну складові зміни осевих зусиль.

Представлены результаты исследований взаимодействия горочного башмака и вагона как на площадке, так и на уклоне 30 %. Приведены статистические характеристики осевых усилий, действующих на башмак. Показано, что взаимодействие вагона и башмака характеризуется сложным колебательным процессом башмака, который содержит как низкочастотную, так и высокочастотную составляющие изменения осевых усилий.

The article presents the results of study of the interaction processes of a brake shoe and a wagon on the level ground and a 30 % bias during braking operation. The static characteristics of the axial forces, acting upon the brake shoe, as well as their maximum values are defined. It is shown that the car-shoe interaction is characterized by a complex oscillation process of the shoe, containing both low- and high-frequency components of the change of axial effort.

Объектом исследований является башмак тормозной горочный (далее башмак), который изготовлен по ТУ У 35.2-05786152-065-2003. Башмак предназначен для удержания вагонов на уклонах, а также замедления скорости движения при производстве сортировочных работ на горках.

В соответствии с п.п 1.3.2, 1.3.3 ТУ У 35.2-05786152-065-2003 допустимая осевая нагрузка от колеса вагона на башмак на станционных путях с уклоном до 3 % при скорости накатывания вагона 6 км/ч не должна превышать 28 тс (275 кН), при работе на сортировочных горках и маневровых работах с уклоном пути до 30 % – 14 тс (140 кН).

Целью работы являются исследования процессов взаимодействия башмака и единиц подвижного состава, оценка усилий, которые действуют на башмак при их взаимодействии.

Исследованиям подвергались два башмака принятые ОТК и прошедшие приемо-сдаточные испытания.

Перед началом испытаний на башмаки наклеивались четыре тензорезистора типа 2ПКБ-20-200В симметрично относительно действия осевой силы. Тарировка тензорезисторов проводилась на специальном стенде путем приложения осевых усилий 0...294,3 кН (30 тс) с интервалом 19,62 кН (2 тс).

Осевое нажатие на тормозной горочный башмак на уклоне 3 % определялось при накатывании на башмак одиночного вагона массой 90 тс при скорости движения 6 км/ч. Усилия определялись по помощи тарировочных графиков.

Для разгона вагона до необходимой скорости использовался маневровый локомотив.

Запись процессов взаимодействия башмака и вагона проводилась от начала нажатия колеса на башмак до полной остановки вагона.

Осевое нажатие на башмак на уклоне до 30 % определялось как при статическом, так и при динамическом воздействии:

– при исследовании воздействия статической нагрузки под одно из колес заторможенного сцепа (груженный вагон и локомотив), ставился башмак, после чего тормоза полностью отпускаясь;

– при исследовании динамической нагрузки, на башмак накатывался сцеп в составе нагруженного вагона и локомотива, который в начале опыта находился на расстоянии 2 м от башмака.

Количество опытов во всех случаях принималось не менее 5.

Амплитуды показаний прибора подвергались статистической обработке с целью отсева значений, которые не попадают в статистическую закономерность и обусловленные факторами выходящими за границу физического процесса.

Случайная величина отсеивается, если для нее выполняется неравенство [1]:

$$\left[a_i^{\max(\min)} - m \right] / s > T_{p,n}, \quad (1)$$

где $a_i^{\max(\min)}$ – максимальные (минимальные) значения из выборочной совокупности слу-

чайных величин; m – математическое ожидание замеренных значений; s – среднее квадратичное отклонение; $T_{p,n}$ – критическое значение T_p (p – процентная точка нормированного выборочного отклонения), обусловленное критическим значением распределения Стьюдента $d_{p,n-2}$ [2]

$$T_{p,n} = \frac{d_{p,n-2} \sqrt{n-1}}{\sqrt{n-2 + d_{p,n-2}^2}}, \quad (2)$$

где $d_{p,n-2}$ – процентные точки T -распределения Стьюдента.

Статистическая обработка исследуемых процессов состояла в определении:

- математического ожидания

$$\bar{m}_{\Delta_i} = \sum_{j=1}^{n_i} h_{ij} / n_i, \quad (3)$$

где h_{ij} – значения j -й случайного размера в i -ом интервале; n_i – количество измерений в i -ом интервале; m_{Δ_i} – математическое ожидание случайного размера в i -ом интервале;

- среднее квадратичное отклонение

$$S_{\Delta_i} = \sqrt{\left[\sum_{j=1}^{n_i} (h_{ij} - m_{\Delta_i})^2 \right] / n_i - 1}. \quad (4)$$

Случайные размеры в каждом временном срезе группировались на классы (интервалы) по правилу Штюргеса [3]

$$k \approx 1 + \lg(n_{ij}), \quad (5)$$

где k – число классов.

Проверка нулевой гипотезы о равенстве (однородности) средних оценивается с помощью критерия Стьюдента.

Оценкой σ^2 служит выборочная полная (общая) дисперсия S^2 , а интервальной оценкой математического ожидания a – выборочное общее среднее \bar{m}_{Δ_i} . Доверительные интервалы

для a и σ^2 для $p = \sum_{j=1}^{n_i} n_{ij} - 1$ степеней свободы определялись из выражений:

$$\bar{m}_{\Delta_i} - \frac{S_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n_i} n_{ij}}} t_{\alpha,p} < a < \bar{m}_{\Delta_i} + \frac{S_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n_i} n_{ij}}} t_{\alpha,p}; \quad (6)$$

$$\frac{S_i^2 \left(\sum_{j=1}^{n_i} n_{ij} - 1 \right)}{\chi_{P_1}^2} < \sigma^2 < \frac{S_i^2 \left(\sum_{j=1}^{n_i} n_{ij} - 1 \right)}{\chi_{P_2}^2}. \quad (7)$$

Значения $t_{\alpha,p}$, $\chi_{P_1}^2$ и $\chi_{P_2}^2$ определяются по таблицам в зависимости от числа степеней свободы и выборочного уровня доверительной вероятности ($P = 0,95$).

Гистограммы распределения осевых усилий и эмпирическая вероятность их значений приведены на рис. 1–6, а статистические показатели в таблице.

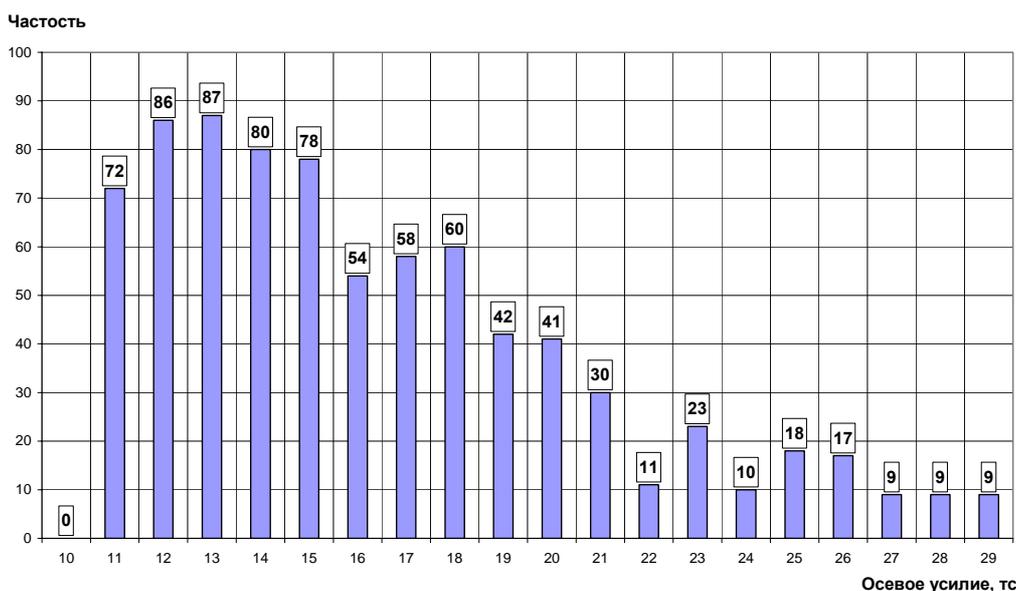


Рис. 1. Гистограмма распределения осевых усилий на уклоне до 3 ‰

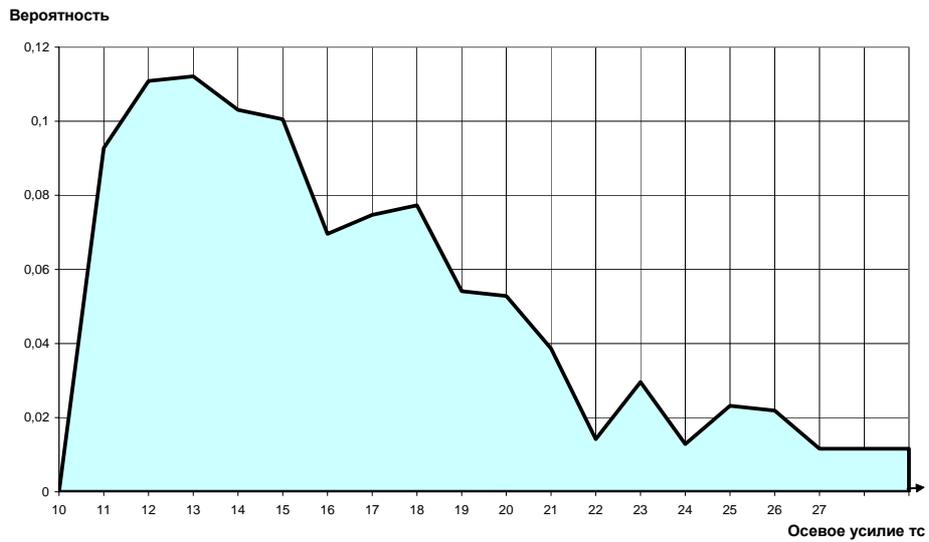


Рис. 2. Эмпирическая вероятность осевых усилий на уклоне до 3 %

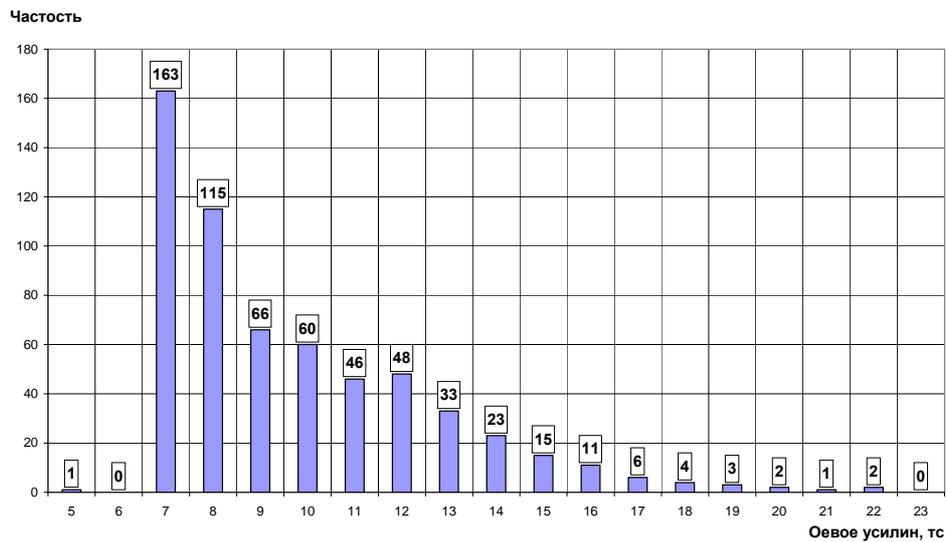


Рис. 3. Гистограмма распределения осевых усилий на уклоне до 30 % при статической нагрузке

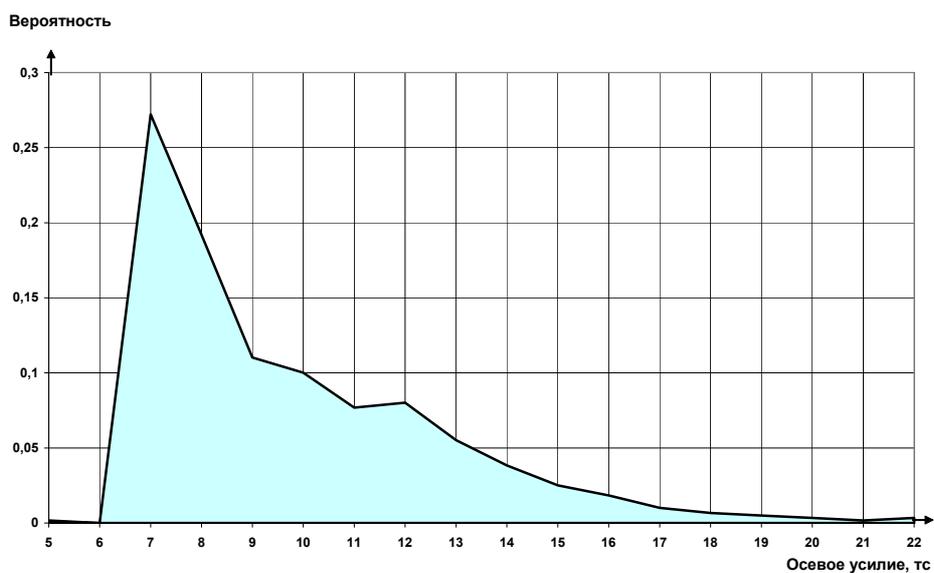


Рис. 4. Эмпирическая вероятность осевых усилий на уклоне до 30 % при накатывании схода

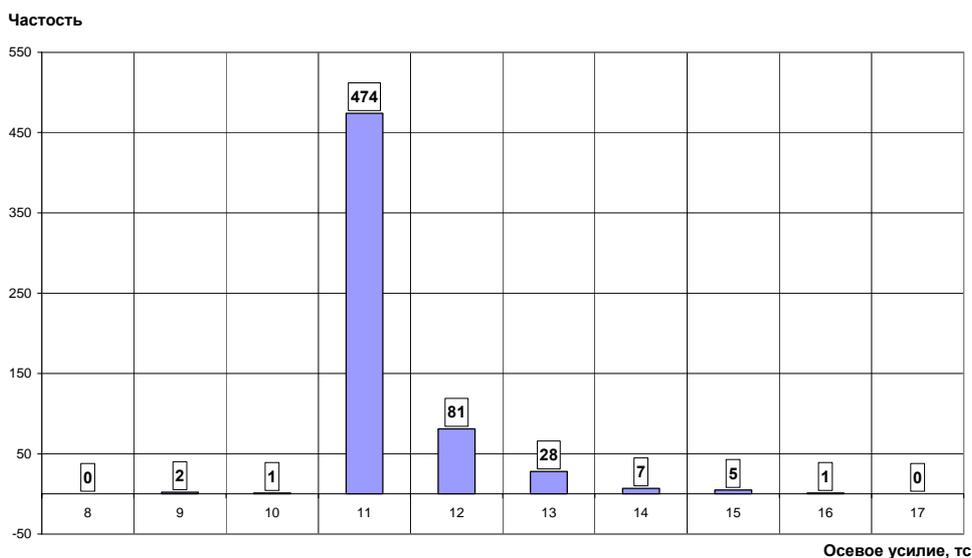


Рис. 5. Гистограмма осевых усилий на уклоне до 30 % при статической нагрузке

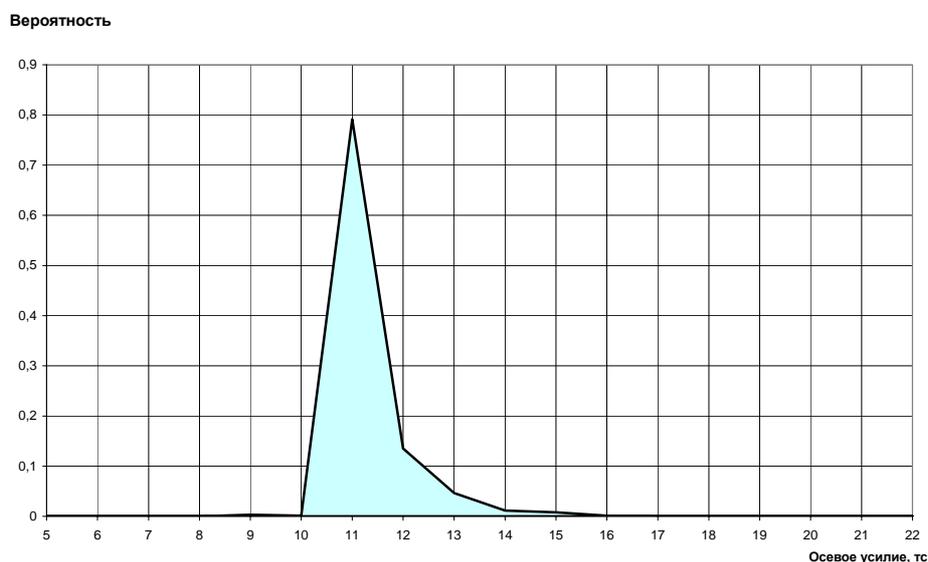


Рис. 6. Эмпирическая вероятность осевых усилий на уклоне до 30 % при статической нагрузке

Таблица

Результаты статистической обработки

| Вид испытания | Математическое ожидание, тс | Среднеквадратическое отклонение, тс | Доверительный интервал математического ожидания (0,95) | Максимальные значения, тс |
|---------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------|
| до 3 % | 16,089 | 4,69 | 15,71...16,46 | 25,48 |
| 30 % | 10,747 | 0,767 | 10,68...10,80 | 13,05 |

Анализ проведенных исследований показал, что взаимодействие башмака и вагона характеризуется высокочастотными колебаниями башмака (рис. 7) и сопровождается нагревом башмака (рис. 8). Характер силового воздействия в случае статической нагрузки на уклоне 30 % представлен на рис. 9, при динамическом – на рис. 10.

После прекращения четвертого опыта температурные напряжения в башмаке составили

150 МПа (рис. 11). Колебательный процесс башмака содержит низкочастотные (до 2 Гц) и высокочастотные (до 800 Гц) составляющие (рис. 12).

Максимальные напряжения в башмаке при силовом воздействии со стороны вагона не превысили 100 МПа, однако, с учетом температурных напряжений составили около 250 МПа.

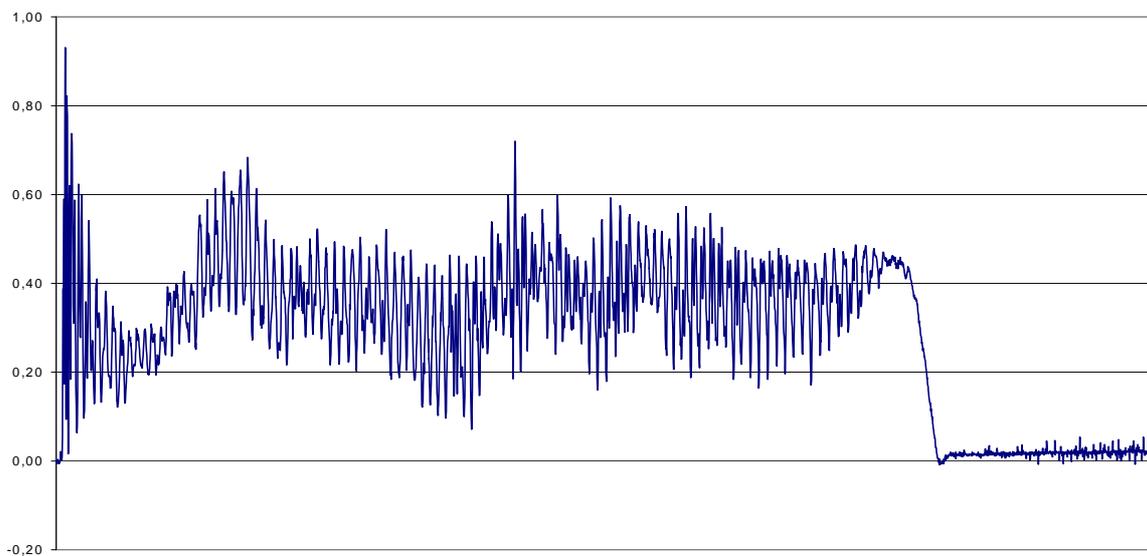


Рис. 7

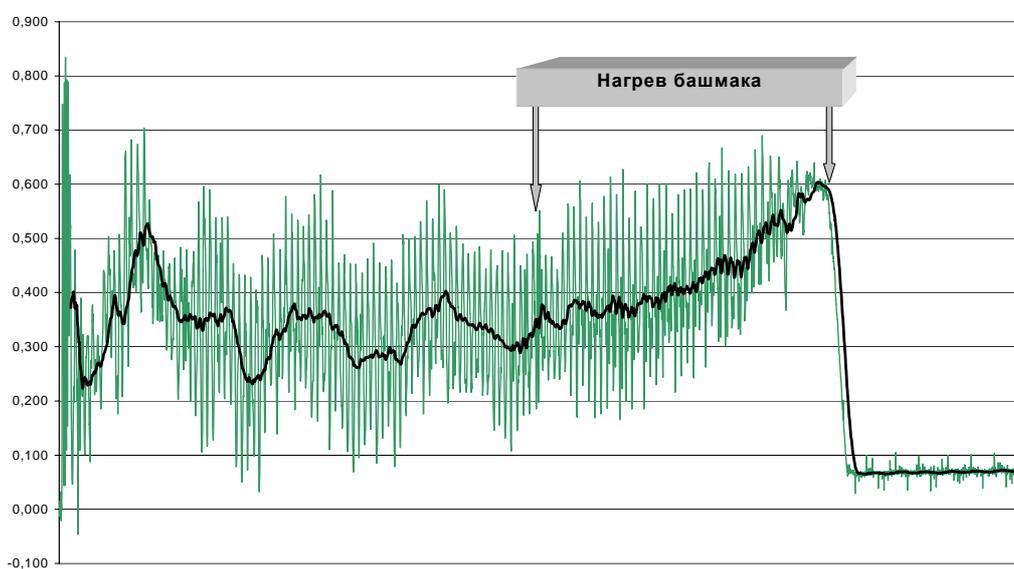


Рис. 8

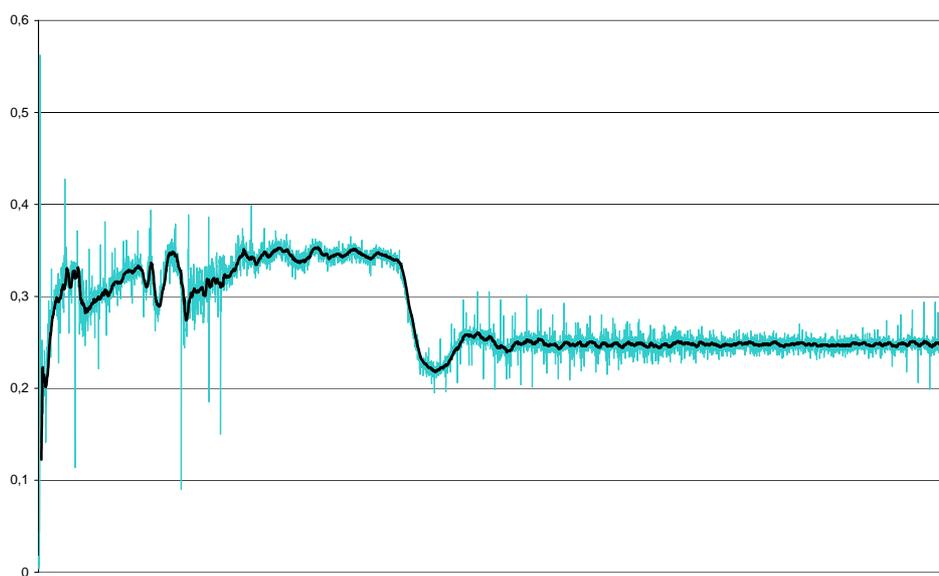


Рис. 9

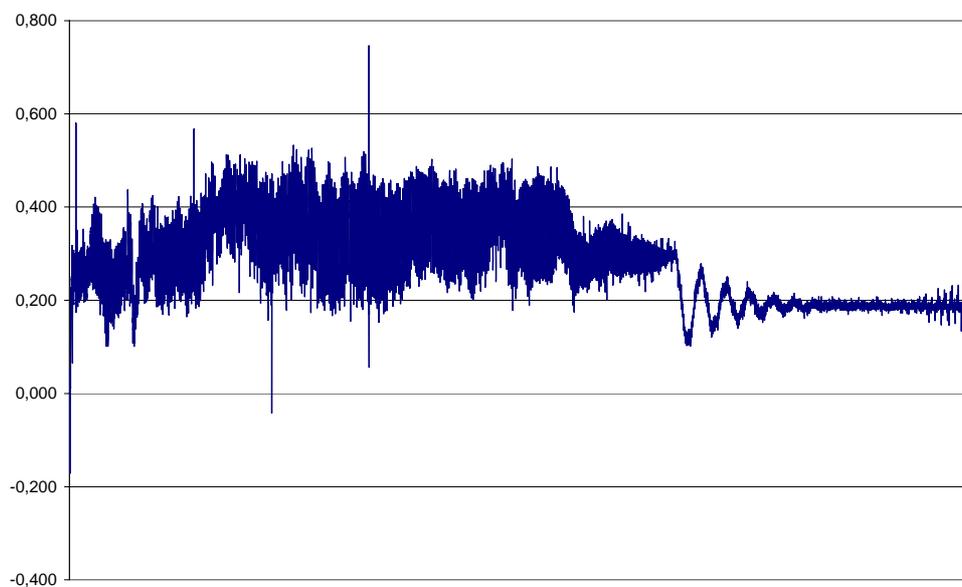


Рис. 10

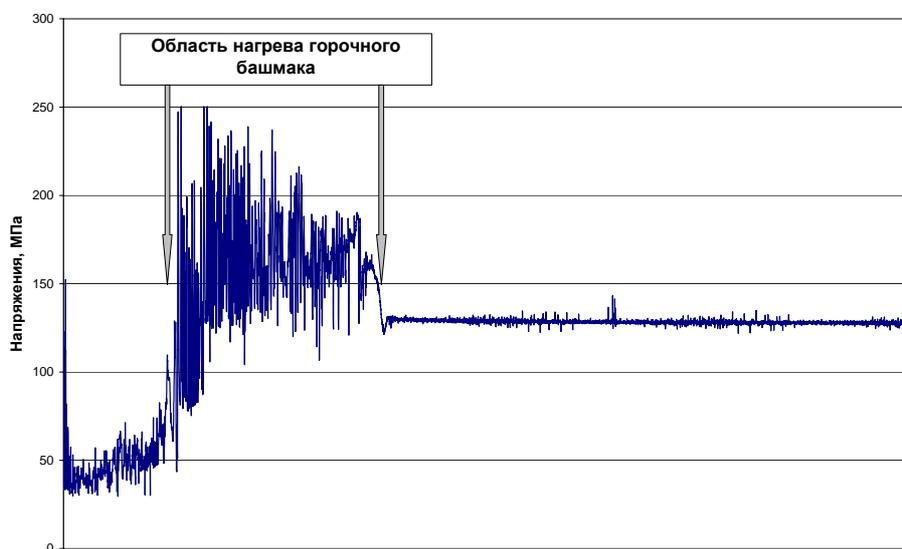


Рис. 11

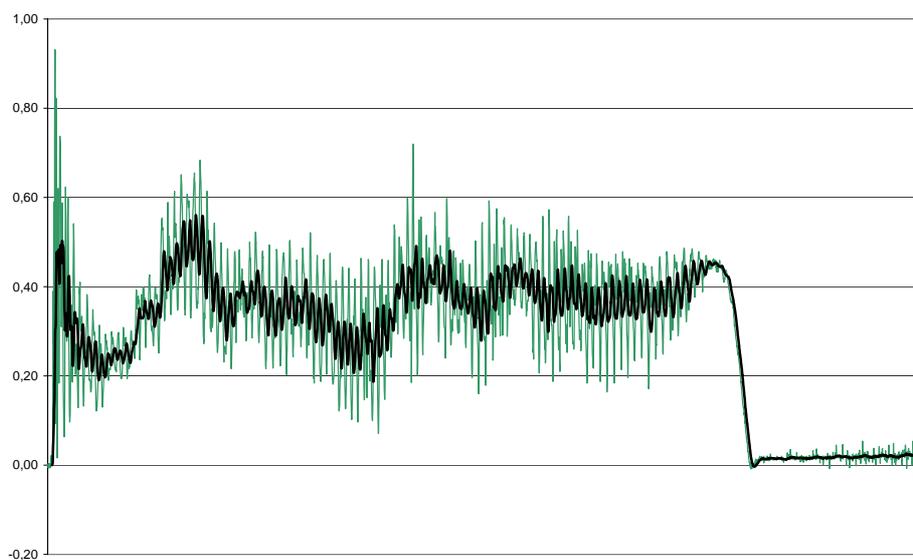


Рис. 12

На основании выполненных исследований установлено:

1. Взаимодействие вагона и башмака характеризуется сложным колебательным процессом, который содержит низкочастотные и высокочастотные составляющие амплитуд осевых усилий, действующих на башмак.

2. При определенных условиях температурные напряжения могут превысить динамические.

3. Максимальные осевые усилия не превышают 26 тс и 13 тс соответственно на уклонах до 3 и 30 ‰.

4. Максимальные динамические напряжения от осевых усилий не превышают 100 МПа,

однако, с учетом температурных могут составить значительную величину, что может привести к деформации башмака.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. М. Н. Степнов. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. – М.: Машиностроение, 1985.
2. Е. Н. Львовский. Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Высш. шк., 1988.
3. Закс Лотар. Статистическое оценивание. – М.: Статистика, 1976.

Поступила в редколлегию 09.09.2005.