

Список литературы

- 1 Поул, Ч. Нанотехнологии / Ч. Поул-мл., Ф. Оуэнс. – М. : Техносфера, 2006. – 336 с.
- 2 Гаркунов, Д. Н. Триботехника / Д. Н. Гаркунов. – М. : Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.
- 3 Скиба, А. Ф. Характеристики используемых в узлах автомобилей технических жидких сред, модифицированных наноразмерными добавками / А. Ф. Скиба, А. И. Сидорчик, П. И. Шупан // Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения : сб. науч. ст. по материалам II Междунар. науч. конф. молодых ученых (Гродно, 25 мая 2018 г.) ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол.: А. А. Скаскевич (отв. ред.) [и др.]. – Гродно, 2018. – С. 134–136.
- 4 Скиба, А. Ф. Модифицирование, используемых в узлах автомобилей, технических жидких сред наноразмерными добавками / А. Ф. Скиба, П. И. Шупан, В. В. Кузьмин // Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения : сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч. конф. молодых учёных (Гродно, 25–26 мая 2017 г.). – Гродно : ГрГУ им. Я. Купалы, 2017. – С. 148–150.
- 5 Лещик, С. Д. Исследование частиц, генерированных лазерной абляцией твердых тел в жидкости / С. Д. Лещик, К. Ф. Зноско, Ю. К. Калугин // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2014. – № 4. – С. 6–10.
- 6 Синтез наночастиц методом лазерной абляции металлических материалов в жидкости в режиме наносекундных импульсов / С. Д. Лещик [и др.] // Весн. ГрДУ імя Я. Купалы. Сер. 6, Тэхніка. – 2016. – Т. 6. – № 2 (212). – С. 44–53.

УДК 625.42:629.4.015

ВЛИЯНИЕ СИЛЫ ТЯГИ И СКОРОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ КОЛЕСА ЛОКОМОТИВА НА ТЕМПЕРАТУРУ В ПЯТНЕ КОНТАКТА РЕЛЬСА И КОЛЕСА

Н. Н. ЛЯПУШКИН, А. А. ЧУЧИН, Е. В. АНДРИАНОВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Сила тяги и скольжение колеса по рельсу – причина повышения температуры в пятне контакта «колесо локомотива – рельс».

Найдем температуру в зоне контакта. При этом рассмотрим движение колеса по рельсу с продольным крипом и скоростью качения. В этом случае точки поверхности соприкосновения рельса и скользящего колеса являются источниками тепла, частично поступающего в рельс и повышающего температуру поверхностных слоев рельса. Время поступления тепла в точки, расположенные в рельсе на площадке контакта равно времени перемещения колеса на величину продольной оси контакта.

Выделенное тепло идет на нагревание поверхности бандажа и рельса. Теоретическим обоснованием тепла, выделявшегося на поверхность пятна контакта, колеса с рельсом, является теория дислокационно-пластической деформации.

На основании теории дислокационно-пластической деформации достигнуты успехи в технологии сварки металлов трением, на основании теоретических и экспериментальных достижений физики металлов.

В основе этой технологии лежит теоретически и экспериментально установленный факт образования активных центров на поверхности деталей при наличии нормального давления, действующего на них. Образование активных центров является результатом выхода дислокаций на поверхность деталей, вызванных нормальным давлением, что приводит к пластической деформации и движению дислокаций с выходом их на соприкасающиеся поверхности. Размер активных центров на соприкасающихся поверхностях составляет десятые и сотые доли миллиметра, и они устанавливают физическую связь между двумя соприкасающимися телами.

Пайрлс [2] оценил энергию активации обменного процесса (т. н. захват) – при объединении квазисвободных атомов на поверхности в $0,6–0,8$ Дж.

Примем, что энергия, выделяемая при выходе одной дислокации, равна $0,6$ Дж, тогда суммарная тепловая энергия, выделяемая в пятне контакта,

$$\Delta E = N_B N_3 \Delta E_i = 2,4 \cdot 10^{15} \text{ Дж.} \quad (1)$$

Как отмечалось ранее, большая часть этой энергии распространяется внутрь рельса. Примем, что $0,01$ % от этой энергии идет на выделение тепла при движении колеса локомотива по рельсу в пятне контакта.

Учитывая выражение (1), можно представить суммарную энергию, выделяющуюся при движении колеса, как

$$A = F_x (S_{\text{дв}} + r\varphi_{\text{ск}}) = F_x (v + v_{\text{ск}}) t_{\text{дв}}, \quad (2)$$

где F_x – сила тяги локомотива; $s_{\text{дв}}$ – путь, пройденный колесом под воздействием силы тяги; r – радиус колеса локомотива; $\varphi_{\text{ск}}$ – угол поворота колеса при скольжении.

Теплоту, равную совершенной работе ΔQ , выделявшуюся при этом в зоне контакта «колесо – рельс», выразим как $\Delta Q = Cm\Delta T$, где C – удельная теплоемкость металла колеса, $C = 450$ Дж/кг·град; m – масса среды, в которую поступает тепло, $m = \rho S\delta$; ρ – плотность среды (металла колеса), $\rho = 7,7 \cdot 10^3$ кг/м³; S – площадь контакта колеса и рельса [1] $S = 1,5 \cdot 10^{-4}$ м²; δ – глубина поступления тепла в рельс, равная толщине слоя контакта колеса и рельса, $\delta \approx 10^{-3}$ м.

Окончательно

$$C\rho 2bv t_{\text{дв}} \delta \Delta T = F_x (v + v_{\text{ск}}) t_{\text{дв}}. \quad (3)$$

После подстановки в выражение (3) приведенных значений C , ρ , b найдем разность температур ΔT , считая, что половина выделившегося тепла перейдет в колесо и что начальная температура бандажа колеса близка к нулю в градусах Цельсия.

$$T \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{F_x (v + v_{\text{ск}})}{34,65v}.$$

При температуре 850 °С, происходит рекристаллизация металла бандажа колеса.

На рисунке 1 приведена поверхность зависимости величины силы тяги, развиваемой локомотивом при данных значениях скорости движения и скольжения при температуре пятна контакта $T = 850$ °С. Расчеты были выполнены в математическом пакете Matlab.

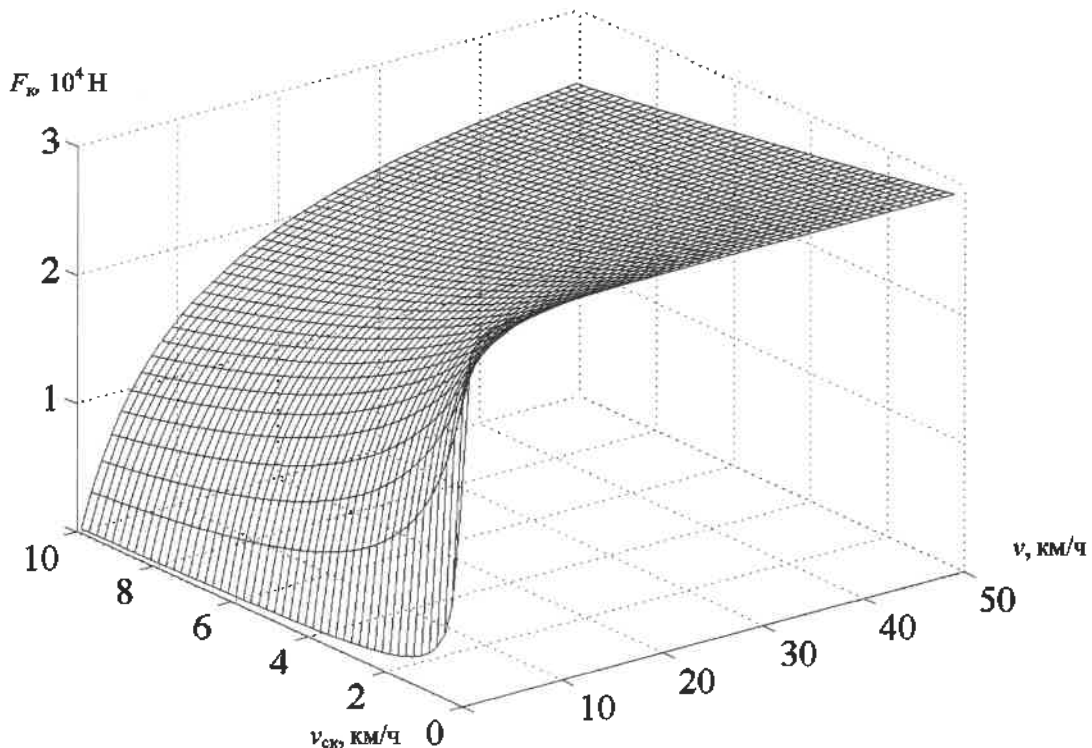


Рисунок 1

Список литературы

- 1 Ляпушкин, Н. Н. Расчет температуры в контакте «колесо – рельс» при скольжении / Н. Н. Ляпушкин, А. Н. Савоськин // Мир транспорта. – 2005. – № 1. – С. 28–30.
- 2 Пайерлс, Р. Квантовая теория твердых тел / научное издание / Р. Пайерлс. – М.: Ин. лит, 1956. – 131 с.