

ющих условия труда лиц пожилого возраста. Созданы специальные кресла улучшенной конструкции, позволяющие варьировать условия поддержки спины и головы, а также высоту сидения. Другое простое решение: вместо погрузки колец в упаковке парами (вес упаковки 25 кг) предлагается погрузка колец поштучно (вес 11 кг).

Андреас Штайн (Andreas Stein), руководитель отдела Еврокомиссии в Брюсселе, рассмотрел в своем докладе вопрос о поощрении участия женщин в производстве. Metallургическая отрасль считается обычно чисто мужской. И не совсем без оснований. В то же время опыт показывает, что участие женщин на определенных позициях весьма полезно. В некоторых вопросах, как, например, проведение анализов и экспериментов, учет и отчетность, женская тщательность и пунктуальность оказываются весьма уместными. В металлургии и переработке металлов женщины составляют около 17 % от всех работающих. В то же время доля женщин среди работников со специальным образованием существенно ниже – менее 12 %. Проблема заключается в том, что в отрасль в настоящее время приходит слишком мало женщин, в связи с чем старение среди женского персонала на предприятиях более выражено. Многие женщины работают на условиях частичной занятости. Из числа всех лиц, частично занятых в отрасли, около 75 % составляют женщины. Налицо разница в оплате труда мужчин и женщин. Даже на инженерных позициях женщины зарабатывают меньше мужчин.

Докладчик считает важным усилить работу среди девушек, в т.ч. в школах, чтобы сделать для них работу в отрасли привлекательной. Но для того, чтобы эта привлекательность поддерживалась, необходима реальная забота со стороны предприятий о том, чтобы для женщины семейная и производственная жизнь не вступали в противоречие друг с другом. Для этого предприятиям рекомендуется разрешать женщинам подвижный график рабочего времени. Некоторые плоды проводимой работы уже налицо. Так, в руководстве концерна ThyssenKrupp участвует одна женщина. Недавно в Дортмунде была проведена специальная конференция, посвященная участию женщин в металлургической промышленности региона. На ней присутствовали две женщины, работающие на дортмундском предприятии ThyssenKrupp, куда они пришли после защиты докторских диссертаций по химии. Одна из них работает руководителем отдела исследований и инноваций, другая руководит лабораторией анализа покрытий. В настоящее время в ряде стран Европы, в частности, в Германии, дискутируется вопрос о целесообразности введения конкретной квоты для женщин на руководящих постах. Автор доклада является убежденным сторонником этой точки зрения. Но ответа на вопрос, насколько такое решение приемлемо для металлургической отрасли, у него нет.

Одержано 25.12.2013

© Д-р техн. наук А. Л. Геллер, д-р техн. наук В. Г. Горелик  
Дюссельдорф, Германия

**Geller A., Gorelik V. Annual international conference of metallurgists in Dusseldorf (Germany) «Steel 2012»**

**РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ТРАКАХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН**

Рассматриваются нагрузки в траках при движении гусеничной машины, вызванные изменением скорости их движения. В общем случае скорость трака (рис. 1) состоит из скорости машины, (переносной, поступательной, постоянной по величине и направлению) и скорости трака относительно машины (постоянной по величине, равной скорости движения машины, и переменной по направлению)

$$\vec{V}_{абс} = \vec{V}_{пер} + \vec{V}_{отн}, \quad |\vec{V}_{пер}| = |\vec{V}_{отн}| \tag{1}$$

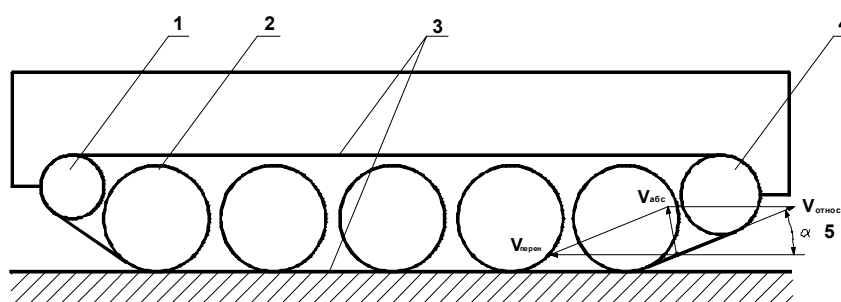


Рис. 1. Кинематическая схема гусеничной машины и скорости трака: 1, 4 – ведомая и ведущие звездочки, 2 – катки, 3 – нижняя и верхняя ветви гусеницы, 5 – скорости ц.м. трака

В этом случае, при контакте с дорогой, абсолютная скорость трака равна нулю  $\bar{V}_{nep} + \bar{V}_{отн} = 0$ , а трака верхней ветви гусеницы равна удвоенной скорости движения машины  $\bar{V}_{nep} + \bar{V}_{отн} = 2 \cdot \bar{V}_{nep}$ . Для любого положения трака гусеницы величина абсолютной скорости равна

$$|\bar{V}_{абс}| = 2 \cdot |\bar{V}_{nep}| \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол наклона вектора относительной скорости к линии вектора переносной скорости ( $0 \leq \alpha \leq 2 \cdot \pi$ , рис. 1).

Таким образом, изменение абсолютной скорости и кинетической энергии трака зависит только от изменения направления его относительной скорости, (рис. 2). При прямолинейном движении машины с постоянной скоростью переносное и кориолисово ускорения трака равны нулю. Относительное ускорение представлено изменяющимися нормальной и тангенциальной составляющими. При отсутствии сил трения, работу выполняют внешние тангенциальные силы, действующие в траках гусениц.

Тогда, производная по времени кинетической энергии трака равна мощности внешних сил дающих это изменение

$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{dA(t)}{dt} = \bar{F}_{танг} \cdot \bar{V}_{абс}, \quad (3)$$

где  $T$  – кинетическая энергия трака гусеницы,  $t$  – время,  $F_{танг}$  – тангенциальная сила в траке,  $V_{абс}$  – абсолютная скорость трака.

По известным данным левой части ( $\frac{dT(t)}{dt}$ , рис. 2, б) а также абсолютной скорости ( $\bar{V}_{абс}$ , рис. 2, а) и направления тангенциальных сил ( $\bar{F}_{танг}$ , рис. 1) правой части уравнения (3) определяются тангенциальные составляющие сил в траках гусениц ( $\bar{F}_{танг}$ , рис. 2, в)

$$F_{танг} = \frac{m \cdot V_{nep}^2}{R \cdot tg \frac{\alpha}{2}},$$

где  $m$  – масса трака,  $R$  – радиусы звездочек, катков.

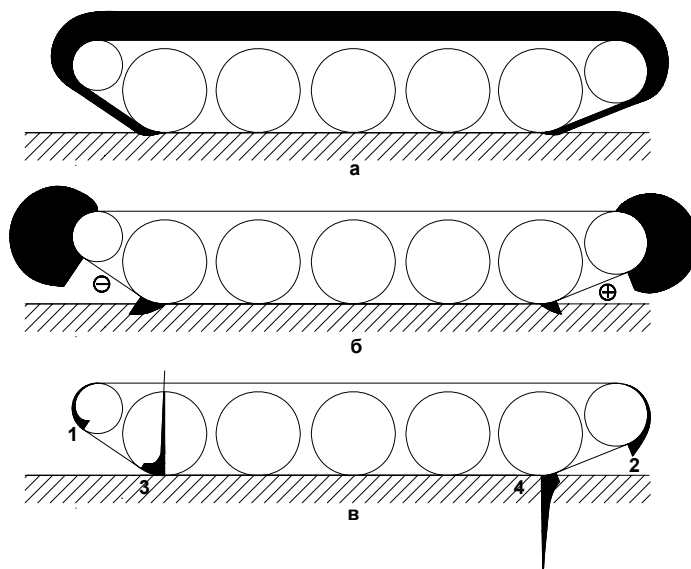


Рис. 2. Изменение величины абсолютной скорости (а), производной по времени кинетической энергии (б) и тангенциальных сил в траках (в)

Изменение тангенциальных сил ( $\bar{F}_{танг}$ ) в траках при изменении скорости их движения ( $\bar{V}_{абс}$ ), полученные расчетным путем по исходным данным ходовой части Т-34-85 и скорости движения машины 72 км/час показано на рис. 2, в. На участках, где скорость движения траков постоянна,  $\bar{F}_{танг}$  равна нулю. Наибольшие значения сил наблюдаются в

местах изменения скорости (1–4, рис. 2, в), особенно при переходе трака к состоянию покоя или движения из состояния покоя (3, 4, рис. 2, в).

Аналогичные расчеты, выполненные для кольцевого катка радиуса  $R$  (рис. 3, а) катящегося по ровной недеформируемой поверхности с постоянной скоростью  $V_{пер}$ .

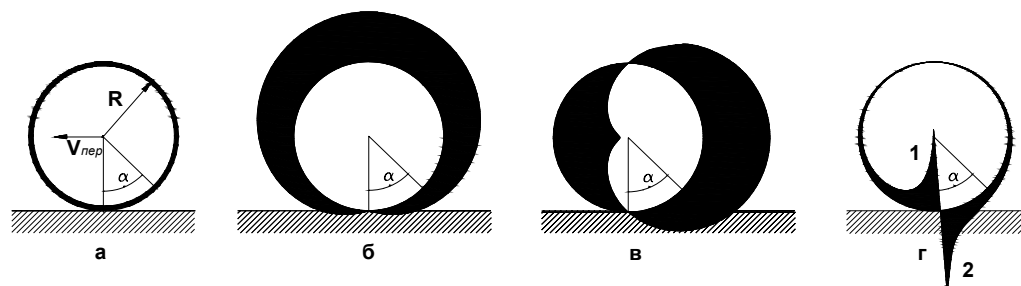


Рис. 3. Изменение величины абсолютной скорости (б), производной по времени кинетической энергии (в) и тангенциальных сил (г) точек катка (а)

Расчеты показали наличие сил в точке контакта, вызванных изменением абсолютной скорости точек кольца (рис. 3, б). Величины этих сил существенно превышают силы в остальных частях кольца. Причем со стороны направления движения кольца они носят характер сжатия (рис. 3, г, 1), после точки контакта – растяжения (рис. 3, г, 2).

Векторный анализ кинематических характеристик точек кольца показал, что величина ускорений постоянна, а его составляющие – нормальные и тангенциальные ускорения – переменные (рис 4, а).

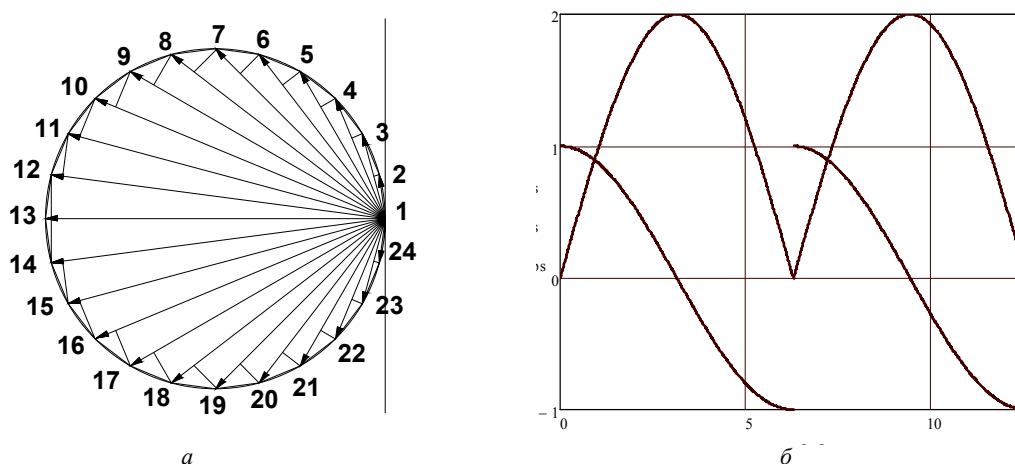


Рис. 4. Годограф скоростей (а, 1 – точка контакта) и графики изменения величин скорости  $V$  и тангенциального ускорения  $dV$  (б) точек катка

В точке контакта тангенциальное ускорение близко к полному ускорению и терпит разрыв по знаку (рис. 4, б).

Таким образом, характер движения точек изменяет их кинетическую энергию, приводит к возникновению сил инерции, которые с учетом энергетического баланса машины (закон сохранения энергии) формируют переменные внешние силы, которые в связи с разрывом ускорения в точке контакта, могут достигать больших величин.

Выполненные расчеты показывают, что энергия траков и элементов катков при переходе их в состояние покоя рассеивается полностью, а с началом движения – увеличивается. Это вызывает удары в элементах движителей. На практике поверхности пальцев, траков и катков имеют упругие покрытия, что приводит к снижению нагрузок и увеличению срока службы.

В природе при передвижении (например, человека) в процессе контакта с поверхностью кинетическая энергия переходит в потенциальную поднятием центра масс тела, а затем снова переходит в кинетическую. При этом рассеивание энергии составляет 30–35 % [1].

Наличие рассеивания энергии в зоне контакта при качении тела приводит к существованию коэффициента трения качения даже при абсолютно гладких поверхностях.

Аналогичные явления могут наблюдаться в силовых сателлитных зубчатых механизмах, где скорости существенно выше и значительно выше жесткость контактных поверхностей.

## Список литературы

1. Витензон А. С. От естественного к искусственному управлению локомоцией / Витензон А. С., Петрушанская К. А. – М. : Научно-медицинская фирма МБН, 2003. – 448 с.

© Канд. техн. наук А. Ф. Коляда, О. М. Турпак

Технический университет, г. Запорожье

**Koliada A., Turpak O. The calculation of dynamic loads in tracked of vehicles**

# ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАЛІЗАЦІЇ ОКАЛИНИ ШВИДКОРІЗАЛЬНИХ СТАЛЕЙ У НАГРІВАЛЬНИХ ПЕЧАХ

Перехід України на ринкову економіку спричиняє проблеми енерго- та ресурсозбереження в металургійній промисловості. Якщо вирішення питань енергозбереження здійснюється на державному рівні, то у ресурсозбереженні актуальною є проблема зниження утворення окалини під час нагрівання сталевих заготовок у полум'яних печах, а також повернення її як вторинної сировини до виробництва.

Відомо, що швидкість нагрівання заготовок у печах під кування, заданий рівень температури, а також тривалість періоду витримки за цієї температури, визначаються маркою сталі та розмірами заготовок. Так, температура кування заготовок із швидкорізальної сталі Р6М5 знаходиться в межах 1100...1200 °С, а тривалість періоду витримки за цієї температури складає 0,5...3,0 год. У той же час передбачено проміжні підігрівання металу в процесі кування за обмеженої швидкості підйому його температури. Як наслідок, наявність значної тривалості періодів підйому температури та витримки заготовок швидкорізальної сталі перед куванням супроводжується вигаром металу, величина якого сягає 3...4%.

Методи зниження вигару металу при нагріванні сталевих заготовок у полум'яних печах зводяться до дії на чинники, які визначають динаміку його високотемпературного окислення, зокрема:

- вдосконалення конструкції нагрівальних печей і пальників;
- раціональний вибір палива та спалювання його з мінімальним надлишком повітря;
- оптимізація теплового та температурного режимів печі з метою досягнення рівномірності нагрівання сталі та зниження тривалості його перебування на ділянці високої температури.

Заходи, що спрямовано на зниження вигару високолегованих сталей за виробничих умов, дозволяють зменшити їх втрати з окалиною, але не виключають їх узагалі. У зв'язку з цим доцільно здійснювати металізацію окалини з поверненням її до виробництва.

Одним з напрямів утилізації окалини високолегованих сталей, як вторинної сировини, що містить дорогі легуючі елементи, є її вуглетермічне відновлення з наступним використанням металізованого продукту під час виплавляння відповідних марок сталей [3,4]. Тому виникає необхідність визначення раціонального складу шихти, що містить окалину, та параметрів теплового режиму її відновлення, а також вибору конструкції пристрою для його здійснення, які забезпечують необхідні умови для реалізації процесів металізації окалини.

За лабораторних умов експерименти виконували на термогравіметричній установці в інтервалі температур ізотермічної витримки 900...1250 °С. Досліджували шихту із вмістом окалини швидкорізальної сталі Р6М5 у межах 83...89% і вуглецевого відновника 11...17%, яке використовували циклонний пил вуглеграфітового виробництва, графіт і деревне вугілля.

Виявлено, що у шихті із вмістом 15% різних вуглецевих відновників міра відновлення окалини при використанні циклонного пилу вуглеграфітового виробництва сягає 90,0%, при використанні графіту – 87,5% та деревного вугілля – 85,0%, а оптимальний діапазон температури ізотермічної витримки складає 1100...1200 °С.

Змінювання залишкового вмісту кисню та вуглецю у металізованому продукті, а також міри відновлення окалини, залежно від початкового вмісту вуглецю в шихті подано на рисунку. Як свідчить аналіз одержаних результатів, раціональне співвідношення «окалина : вуглець у шихті» складає 1,7...2,0, що відповідає вмісту вуглецевого відновника у межах 13...15%.

За вказаним складом шихти, температури її теплової обробки 1150 °С, а також тривалості ізотермічної витримки упродовж 1,5 год, було досягнуто міру відновлення окалини 88,5...90,0% при залишковому вмісті вуглецю 1,4...2,1%. Наступне збільшення вмісту відновника в шихті є небажаним, оскільки різко підвищує вміст залишкового вуглецю в металізованому продукті за незначним зниженням вмісту залишкового кисню та незначним зростанням міри відновлення окалини.