

6. Богатов, Б.А. Прогнозирование предельных состояний в нелинейной геомеханике / Б.А. Богатов, В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин, В.Н. Лотов // Монография. Минск: ОО Белорусская горная академия, 2000. – 340 с.

7. Фаринюк, Ю.Т. Основы мониторинга бизнеса агрофирмы / Ю.Т. Фаринюк, Б.Ф. Зюзин, С.Н. Гамаюнов // Монография. М.: Изд-во РосАКО АПК, 2004. – 248 с.

8. Миронов, В.А. Дистортность в сбалансированной системе показателей эффективности менеджмента / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин // Монография. Тверь: ТвГТУ, 2009. – 240 с.

9. Зюзин, Б.Ф. Дистортность и сакральная геометрия. Избранное / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин // Монография. Ч. I. Тверь: ТвГТУ, 2011. – 400 с.

10. Зюзин, Б.Ф. Дистортность и сакральная геометрия. Избранное / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин // Монография. Ч. II. Тверь: ТвГТУ, 2011. – 416 с.

11. Зюзин, Б.Ф. Инварианты дистортности / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин // Монография. Тверь: ТвГТУ, 2015. – 168 с.

12. Зюзин, Б.Ф. Дистортность – естественнонаучная теория / В.А. Миронов, Б.Ф. Зюзин // Монография. Тверь: ТвГТУ, 2019. – 166 с.

УДК 629.331

О БУКСОВАНИИ ДВИЖИТЕЛЕЙ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Казаченко Г.В., Басалай Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрены некоторые задачи проектирования и эксплуатации мобильных технологических машин при линейной зависимости сопротивления движению от ширины захвата исполнительного органа. Предложена методика нахождения максимальной производительности подобной машины при заданной мощности энергетической установки.

Большинство мобильных машин при выполнении операций самых разных технологических процессов преодолевают значительные сопротивления их передвижению. Природа этих сопротивлений и их величина зависят от условий работы машин, их

конструктивных особенностей, режимов работы и целого ряда внешних условий (ветер, дождь и т. п.). Механизмы перемещения подобных машин преодолевают суммарные силы сопротивления, уравнивая их в стационарных режимах движения. Как правило, работа механизмов перемещения сопровождается явлением буксования, вызывающем потери скорости движения, а в большинстве случаев и снижением производительности подобных машин. Такие машины эксплуатируются в самых различных областях народного хозяйства. Среди них, прежде всего, можно отметить машины, выполняющие операции технологических процессов в сельском хозяйстве, строительстве, добыче полезных ископаемых и ряде других отраслей производства.

В каждой из этих отраслей выполнены исследования, позволяющие находить необходимые параметры мобильных технологических средств. Вместе с тем, целые группы машин, используемых в различных отраслях, имеют ряд общих по физической природе сил сопротивления. К таким силам относятся, в первую очередь, сопротивления перемещению опорных звеньев ходовых устройств. В качестве опорно-ходовых устройств мобильных технологических машин чаще всего используют колесные или гусеничные движители. Потери скорости в теории таких движителей чаще всего оценивают с помощью коэффициента буксования, под которым понимают отношение потерь скорости к теоретически возможной скорости

$$\varepsilon = v_n / v_T, \quad (1)$$

где v_n – потери скорости из-за буксования движителя;

v_T – теоретическая скорость движения, т. е. скорость движения, которую имел бы движитель при отсутствии потерь скорости.

Теоретическая скорость движения для колесных движителей определяется выражением

$$v_T = \omega_k \cdot r_k^c, \quad (2)$$

где ω_k – угловая скорость колеса;

r_k^c – радиус его качения в свободном режиме.

Для обычного гусеничного движителя

$$v_T = \omega_{зв} \cdot r_{зв}, \quad (3)$$

где $\omega_{зв}$ – угловая скорость колеса;

$r_{зв}$ – делительный радиус ведущей звездочки гусеницы.

С учетом этих определений действительная скорость движения для обеих типов движителей

$$v = v_t (1 - \varepsilon). \quad (4)$$

Коэффициент буксования зависит от большого количества параметров, характеризующих работу движителя. В первом приближении важнейшими условиями, определяющими буксование движителя являются:

P_z – нормальная нагрузка со стороны движителя на несущее основание;

f – коэффициент трения между опорной поверхностью движителя и несущим основанием;

P_c – общая сила сопротивления движению.

Анализ взаимодействия колесного или гусеничного движителя с несущим основанием позволил авторам [1] предложить формулу для определения коэффициента буксования колесных и гусеничных движителей

$$\varepsilon = \frac{K_v \cdot \varphi}{K_v \cdot \varphi + \sqrt{1 - \varphi^2}}. \quad (5)$$

где K_v – некоторый обобщенный коэффициент пропорциональности между поперечной составляющей скорости скольжения опорной площадки движителя и действительной скоростью движения машины;

$$\varphi = \frac{P_c}{f \cdot P_z} - \text{коэффициент сцепления.}$$

Коэффициент φ может быть определен по приведенному выражению, на основании значений коэффициента трения f , приводимых в обширной литературе по колесным и гусеничным движителям. Что касается коэффициента K_v , то его значение существенно зависит от физико-технических свойств несущего основания, которые по своим показателям различаются в тысячи раз.

Для определения значений этого коэффициента необходимы специальные эксперименты или обработка имеющихся в информационных источниках данных по величине скоростей и коэффициентов буксования. Это можно сделать, например, по формуле

$$K_v = \frac{\varepsilon \sqrt{1 - \varphi^2}}{\varphi(1 - \varepsilon)}, \quad (6)$$

вытекающей из формулы (5).

Для ориентированных предварительных расчетов предлагаем следующие значения коэффициента K_v : для колесных движителей – $K_v \approx 0,2$; для гусеничных – $K_v \approx 0,1$.

Эти значения весьма грубо приближенные и относятся к машинам, работающим с буксованием порядка десяти процентов при коэффициенте сцепления $\varphi = 0,5$. Для более точных значений коэффициента K_v следует пользоваться формулой (6) и учитывать взаимное влияние параметров φ и ε . Графическое отображение зависимости ε от φ приведено на рис. 1.

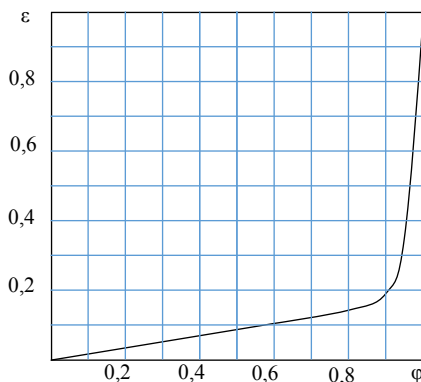


Рис. 1 – Зависимость ε от φ при $K_B = 0,1$

Зависимость, представленная на рис. 1, получена при $K_B = 0,1$. Эта зависимость указывает на то, что наиболее опасными с точки зрения эффективности являются режимы работы движителей при коэффициентах сцепления, больших чем 0,9.

Проведенное в настоящей работе исследование позволяет оценить влияние силы сопротивления движению и коэффициента трения между опорно-ходовым устройством и несущим основанием на буксование движителя. Вместе с тем, необходимо учесть взаимное влияние коэффициентов φ и K_v . Корреляция между этими коэффициентами в настоящее время не изучена и требует исследований, которые могут быть выполнены с помо-

щью результатов этой работы. При этом можно использовать и методы, основанные на полученных результатах.

Библиографический список

1. Казаченко, Г.В. Кинематика увода гусеничного хода вследствие неравенства сил трения между гусеницами и несущим основанием. / Г.В. Казаченко. – Мн. : Горная механика и машиностроение, 2018. – С.
2. Опейко, Ф.А. Колесный и гусеничный ход. / Ф.А. Опейко. – Мн. : Изд-во Академии сельскохозяйств. наук БССР, 1960. – 228 с.
3. Давыдик, И.И. Исследование поворота гусеничного хода. – Дисс. ... канд. техн. наук. – Мн : 1970. – 211 с.
4. Казаченко, Г.В. Опорно-ходовые устройства горных машин. / Г.В. Казаченко, Г.А. Басалай, Е.В. Щерба : под общ. ред. В.Я. Прушака. – Мн. : Энергопринт, 2016. – 207 с.

УДК 622.014.2: 550.835.41

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЙ СЕРЕБРА ПО СТЕНКАМ ЗАБОЕВ НА ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКАХ ТОО «КОРПОРАЦИЯ КАЗАХМЫС»

**Кан А.Н.¹, Сериков А.Е.¹, Ефименко С.А.¹, Ли Е.С.²,
Исатаева Ф.М.²**

¹ ТОО «Корпорация Казахмыс», Жезказган, Казахстан,

² Карагандинский государственный технический университет
г. Караганда, Казахстан,

Статья посвящена аппаратному обеспечению системы online управления попутной добычей серебра на шахтах ТОО «Корпорация Казахмыс». Базовый метод исследований – рентгенофлуоресцентный. Аппаратура - EDXRF спектрометр РПП-12Т с блоком обработки в виде смартфона. Объекты исследований – забои высотой до 8м; руда в навале отбитой горной массы; порошковые пробы руд. Месторождения – Жезказган и Жаман-Айбат. Обеспечено уверенное определение низких (1+ ррт) содержаний серебра.

ТОО «Корпорация Казахмыс», являясь флагманом цветной металлургии Казахстана по производству меди, входит также в число крупнейших производителей серебра в мире (275 т рафинированного серебра в 2015 году). В рудах всех медьсодержащих полиметаллических месторождений, разрабатываемых