Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LIII, вып. 1, 1966 г.

УДК 622.6

ШАХТНЫЙ ЭЛЕКТРОВОЗ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ТЯГОВЫМ ОРГАНОМ

К. А. Ананьев, А. В. Рысьев

Сила тяги рудничного электровоза определяется мощностью тяговых двигателей

$$F_{дв} = \frac{3600 P_{дв} \eta}{v}, \qquad (1)$$

где $P_{дв}$ — мощность тяговых двигателей, *квт*; v — скорость движения электровоза, *км/ч*; η — к. п. д. передач привода электровоза.

Сила тяги реализуется в полезную работу через сцепление ведущих колес электровоза с рельсами, т. е. через силу тяги на крюке, обусловленную сцепной массой локомотива

$$F_{сц} = 9810 P_{сц} (\psi - \sum w), \qquad (2)$$

где $P_{сц}$ — сцепная масса электровоза, m; ψ — коэффициент сцепления ведущих колес электровоза с рельсами; $\sum w$ — удельные сопротивления собственно локомотива, *н/т* *.

Если сила тяги двигателей превысит силу тяги, обусловленную сцеплением, то наряду с поступательным движением локомотива возникнет пробуксовка колес ведущих полускатов. Скорость на ободе колеса электровоза будет складываться из поступательной скорости проскальзывания. При этом резко увеличится расход энергии двигателями электровоза. Энергия будет дополнительно затрачиваться на истирание бандажей колес и головок откаточных рельсов.

Такой ненормальный режим работы электровозов, когда наряду с поступательным движением локомотива имеет место пробуксовка колес ведущих полускатов, особенно характерен для угольных и сланцевых шахт. В ряде случаев до 40—50% энергии тратится на вредное истирание ходовых частей электровоза и головок откаточных рельсов. Тяговые двигатели практически совершают почти двойную работу. Объясняется это тем, что коэффициент сцепления колес с рельсами ψ на угольных шахтах очень низок, а следовательно мала сила тяги, обусловленная сцеплением колес. Двигатели же, установленные на электровозе, обеспечивают силу тяги значительно большей величины: $F_{дв} > F_{сц}$.

При таком соотношении сил тяги гарантируется безопасность тяговых двигателей от мгновенной перегрузки. Малая величина сцепления

* 1 *н* = 0,102 *кГ*.

колес ведущих полускатов с рельсами ограничивает силу тяги, однако перегрузка двигателей по нагреву при этом не ограничена. С увеличением пробуксовки колес ведущих полускатов поступательная скорость движения состава уменьшается, время работы двигателей под током в течение рейса увеличивается иногда почти в два раза. В связи с этим увеличивается нагрев тяговых двигателей против расчетного и резко сокращается их срок службы.

Наиболее радикальным средством увеличения силы тяги электровоза является увеличение коэффициента сцепления колес электровоза с рельсами электромагнитным способом. Если через точки касания колес с рельсами создать замкнутый контур магнитного поля, то сцепление колес с рельсами значительно возрастает. В этом случае к обычной силе трения добавляется магнитное сцепление, препятствующее пробуксовке колес. Сила тяги электровоза, обусловленная сцеплением колес при подмагничивании,

$$F_{сц} = 9810 P_{сц} (\psi - \sum w) + F_{м}. \qquad (3)$$

В свою очередь сила магнитного сцепления ведущих колес с рельсами

$$F_{м} = 4 \cdot 9{,}8 \left(\frac{B}{10\,000} \right)^2 S, \qquad (4)$$

где B — индукция, *гс*; S — площадь контакта колеса с рельсами, *см*^{2}.

Экспериментально установлено, что для семитонного рудничного электровоза с подмагничивающими катушками, расположенными внутри колес, оптимальна намагничивающая сила 10000—12 000 *ав*. При этом в контакте колес с рельсами достигается индукция поля порядка 19 000 *гс*. Максимальное приращение силы тяги при подмагничивании составляет 59%, или около 10 000 *н* и при прочих равных условиях пробуксовка колес сокращается в три раза. Такое улучшение тяговых характеристик рудничных электровозов на горизонтальных путях в ряде случаев вполне достаточно. Однако на путях с большими уклонами (более 3°) силу тяги электровоза желательно повысить более резко, не увеличивая массы собственно локомотива.

В подмагничивающем устройстве, когда катушки электромагнитов размещены внутри колес, магнитный поток замыкается через маленькие площадки касания колес с рельсами, которые образуются в результате упругого смятия головки рельсов с обода колес. На этих площадках индукция поля быстро достигает своего максимума *. Поле с колеса на рельсы частично замыкается через воздух. Таким образом, суммарное магнитное поле, а следовательно и приращение силы тяги, ограничивается малой площадью сечения магнитопровода в контакте колес с рельсами.

Замерами установлено, что для рудничных электровозов площадь контакта колеса с рельсами не превышает 3—3,5 *см*^{2}. Две трети суммарного магнитного поля при этом вынуждено замыкаться от колеса к рельсу через воздушный зазор.**

Предложенная новая конструкция электровоза с электромагнитным тяговым органом в виде гусеничной цепи позволяет в десятки раз увеличить площадь контакта тягового органа с рельсами (рис. 1). Поле подмагничивающего устройства при этом замыкается с рельсами по всей цепи тягового органа (рис. 2).

---

* А. В. Рысьев, О. М. Янсон. Подмагничивание колес рудничного электровоза. В сб. Горная электротехника. Углетехиздат, 1957.

** А. В. Рысьев и др. Электромагнитный способ повышения силы тяги и промышленные испытания электровоза 7КР-1Э. Горные машины и автоматика, ЦИТИУгля, № 2, 1962.

Как видно из рис. 3, колеса ведущих полускатов электровоза снабжены ведущими звездочками, на которые натянута цепь специальной конструкции. Каждое звено цепи состоит из двух магнитно изолированных друг от друга половин. При движении локомотива эта цепь плотно прижимается к головке откаточных рельсов и несколько подобна гусеничной цепи трактора или танка. К нижней ветви цепи сверху ориентированы специальные электромагниты, расположенные между верхней и нижней ветвями ведущей цепи на всю длину жесткой базы локомотива. Эти электромагниты

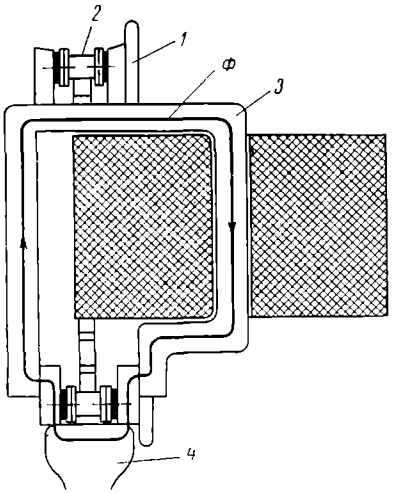


Рис. 1. Распределение потока в электромагнитном тяговом органе.

1 — колесо полуската с ведущей звездочкой; *2* — цепь; *3* — электромагнит; *4* — откаточный рельс.

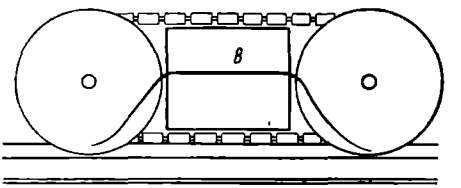


Рис. 2. Распределение индукции на стыке электромагнитного тягового органа с рельсом.

создают замкнутый контур магнитного поля через железо звеньев цепи и головку откаточных рельсов (см. рис. 1).

На рис. 1 показано расположение элементов ведущей цепи тягового органа на головке откаточного рельса и относительно электромагнита,

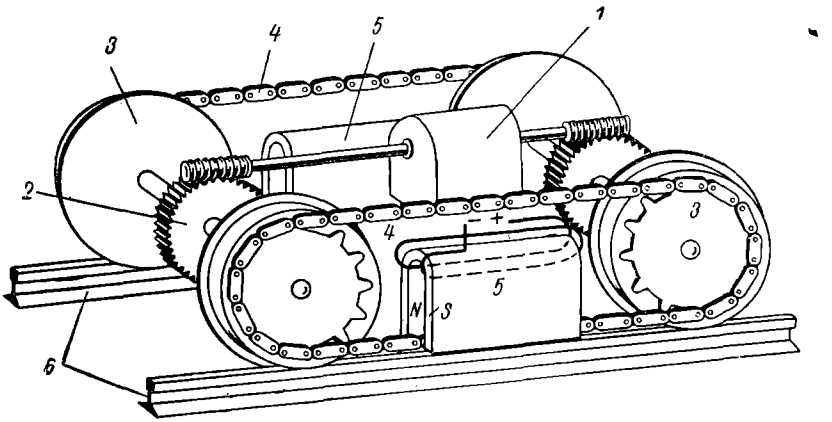


Рис. 3. Принципиальная схема модели электровоза с электромагнитным тяговым органом:

1 — тяговый двигатель; *2* — червячная передача; *3* — колесса электровоза со звездочками; *4* — тяговая цепь; *5* — электромагниты для подмагничивания тяговой цепи; *6* — откаточные рельсы.

подвешенного над цепью. Магнитное поле разноименной полярностью замыкается на головку рельса через щечки звеньев цепи. При этом создается дополнительное электромагнитное притяжение ведущей цепи к от-

каточным рельсам, что увеличивает сцепление цепи с рельсами. Для магнитной изоляции правая и левая щечки каждого звена ведущей цепи соединяются шпильками из диамагнитного материала. При этом момент вращения тягового двигателя локомотива, в отличие от обычного, реализуется в силу тяги не только на ободе колес с рельсами, но и по всей длине нижней цепи тягового органа, касающейся головки рельса. Площадь касания ведущей цепи к головкам рельса определяется шириной элементов цепи и головки рельса и длиной цепи между ведущими полускатами локомотива.

Принцип действия и установления эффекта увеличения силы тяги локомотива при предлагаемом устройстве тягового органа проверен на модели (рис. 3) электровоза (1 5 нормальной величины). В качестве ведущих звездочек, цепей тягового органа (с некоторым усилением звеньев и магнитной изоляцией правых и левых щечек звеньев) использованы мотоциклетные. Ведущие полускаты приводятся во вращение червячной передачей от общего асинхронного короткозамкнутого двигателя мощностью 0,65 *квт*.

Эксперименты показали, что без подмагничивания цепи локомотив создает силу тяги 60 *кГ*, при подмагничивании — до 110 *кГ* Сила тяги с увеличением тока подмагничивания увеличивалась следующим образом:

Напряжение на двигатель, *в*	Напряжение на электромагнитах, *в*	Ток подмагничивания, *а*	Сила тяги на крюке, *кГ*
380	0	0	60
380	25	1,5	78
380	35	2,0	85
380	50	3,5	93
380	70	4,2	110

Как видно из приведенных данных, сила тяги при подмагничивании цепей почти удваивается.

На этой же модели электровоза произведен эксперимент с подмагничиванием колес. При этом увеличение силы тяги достигало 50%.

Выводы

1. Как следует из расчетов и экспериментов, применение электромагнитного органа может значительно увеличить силу тяги локомотива.
2. Локомотив с электромагнитным органом можно использовать на шахтных путях с большим уклоном.
3. Для локомотива с электромагнитным тяговым органом должна быть создана новая конструкция электровоза.