

# Улучшенная модель ловителя вагонеток с плавным торможением для уклонов

Описано изделие, созданное на базе модернизированного ловителя вагонеток для уклонов с укладкой тормозного каната на пол опорной рамы вместо навивки на тормозную бобину. Упрощение конструкции позволяет угледобывающему предприятию изготавливать ловители.

Согласно действующим нормативам состав грузовых вагонеток, перемещающийся по уклону, должен оснащаться улавливающим устройством, удерживающим его при обрыве подъемного каната, разрыве сцепок между вагонетками или отсоединении прицепного устройства от головной вагонетки, что позволяет предотвращать аварии с тяжелыми последствиями в виде разрушения крепи горной выработки, размещенного в ней оборудования и коммуникаций, а также устраняется угроза для жизни людей, работающих на нижнем горизонте.

Наиболее перспективны улавливающие устройства с плавной остановкой состава, что значительно уменьшает динамические нагрузки, вызывающие при жестком торможении сход вагонеток с рельсового пути, их разворот поперек выработки или капонирование.

Проблема плавного торможения решается разными способами, но самый простой — гашение скорости за счет протягивания тормозного каната сквозь амортизационное устройство, выполненное по типу амортизатора парашютной установки для клетей.

Институт «Южгипрошахт» разработал ловитель с плавным тор-

можением для уклонов, оснащенный канатным инициатором торможения [1]. Однако это устройство, надежное в эксплуатации, требовало переналадки при каждом цикле подъема, т.е. большую часть рабочего времени занимали вспомогательные операции, а иницирующий канат, протянутый через верх всего состава, оказывался незащищенным от внешнего воздействия.

Рассматривая перспективу дальнейшего усовершенствования ловителя, специалисты ГП «Южгипрошахт» пришли к выводу, что тормозная бобина, предназначенная для навивки тормозного каната, сложна как в изготовлении, так и в эксплуатации, поэтому ее можно исключить. Был принят вариант с укладкой каната (в несколько рядов) на пол несущей рамы ловителя, который в большей степени отвечал требованиям технического задания. Фиксация каната предусматривалась к специальным элементам узкой пластиковой лентой с малым усилием на разрыв (рис. 1).

Основой для создания улучшенной модели ловителя (рис. 2) послужил модернизированный ловитель вагонеток для уклонов, ранее разработанный ГП «Южгипрошахт» [2]. Взаимодействие



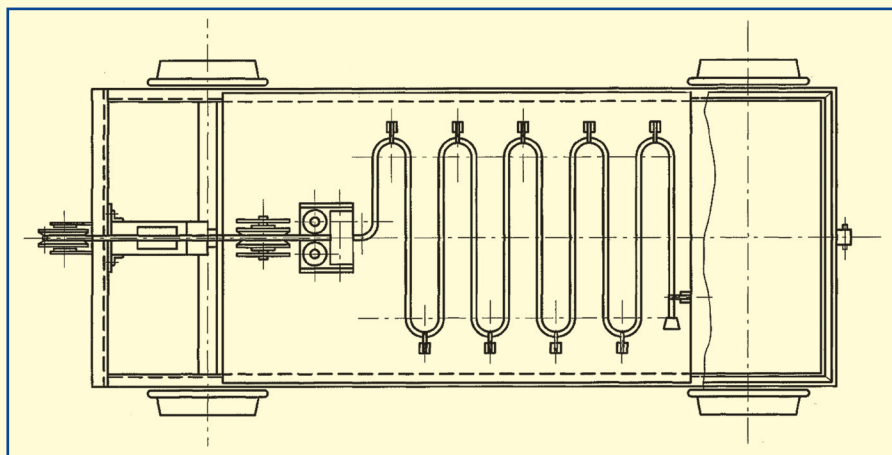
**Г. Ф. ЛЕЩЕНКО,**  
инж.  
(ГП «Южгипрошахт»)



**А. М. КОРОВИН,**  
инж.  
(ГП «Южгипрошахт»)



**Е. Г. ЛЕЩЕНКО,**  
инж.  
(ООО «Трудовой контракт»)



где  $G$  — гравитационная сила притяжения;  
 $N$  — реакция наклонной плоскости;  
 $F$  — сила трения;  
 $T$  — статическое сопротивление амортизатора;  
 $a$  — замедление;  
 $m$  — масса состава вагонеток.

Определим действующие силы. Состав вагонеток представим в виде материальной точки  $O$ , которая является началом отсчета для прямоугольной системы координат  $XU$  (рис. 3).

**Рис. 1.** Схема укладки тормозного каната.

механизмов ловителя аналогично приведенному в статье [2]. Различие лишь в том, что тормозной канат не сматывается с фрикционной бобины, как предусмотрено на базовой модели, а постепенно сходит с пола опорной рамы по мере его протягивания сквозь тормозной амортизатор.

Первоначальную настройку амортизатора можно рассчитать, воспользовавшись уравнением второго закона Ньютона [3]. Для рассматриваемого случая в векторной форме закон будет иметь вид

$$\vec{G} + \vec{N} + \vec{F} + \vec{T} = \vec{am}, \quad (1)$$

Согласно основному уравнению динамики гравитационная сила притяжения

$$G = mg, \quad (2)$$

где  $g$  — модуль ускорения свободного падения.

Спроектируем обе части уравнения (1) на выбранные направления осей  $X$  и  $Y$ .

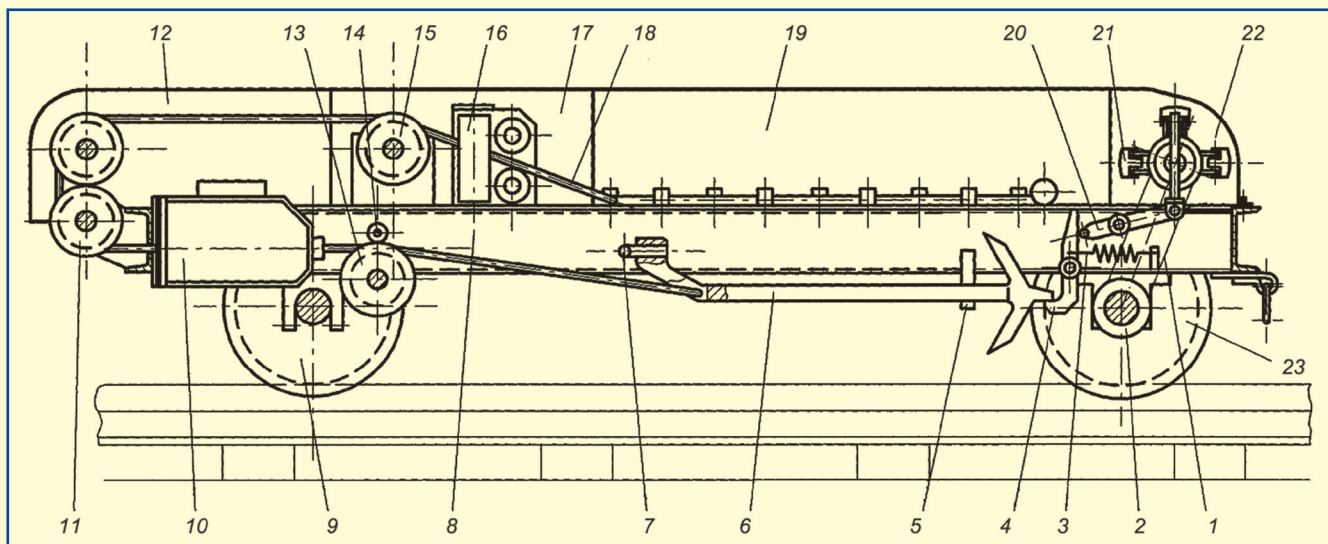
Проекция на ось  $X$  в скалярной форме

$$-mgsina + F + T = am, \quad (3)$$

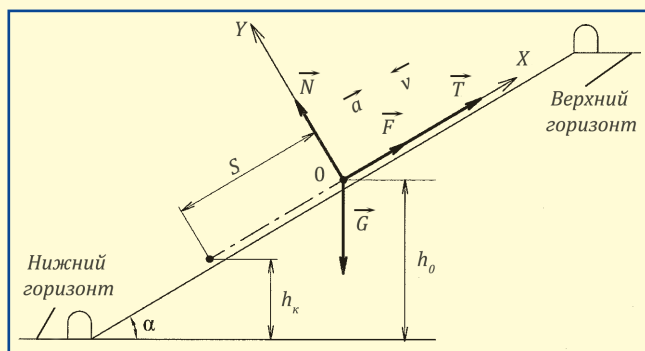
где  $\alpha$  — угол наклона плоскости к горизонту.

Проекция на ось  $Y$ :

$$-mgcosa + N = 0. \quad (4)$$



**Рис. 2.** Схема улучшенной модели ловителя вагонеток с плавным торможением: 1 — клиновые ремни; 2 — ведущий шкив; 3 — пружина; 4 — фиксатор; 5 — ограничитель бокового смещения; 6 — штанга; 7 — шарнирный шип; 8 — опорная рама; 9 — колесная пара; 10 — тормозной амортизатор; 11, 13, 15 — отклоняющие блоки; 12, 17, 19, 22 — укрытия; 14 — устройство, предотвращающее сход амортизационного каната; 16 — батарея направляющих роликов; 18 — тормозной канат; 20 — рычаг; 21 — инерционный механизм; 23 — головная колесная пара.



**Рис. 3.** К определению тормозного пути  $S$  состава вагонеток.

Из уравнения (4) следует, что

$$N = mg \cos \alpha. \quad (5)$$

Силу трения  $F$  определим по формуле

$$F = \mu N = \mu mg \cos \alpha, \quad (6)$$

где  $\mu$  — коэффициент сопротивления движению.

Уравнение (3) запишем в виде

$$-mgs \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha + T = am. \quad (7)$$

Выполнив алгебраические преобразования, получим формулу для определения статического сопротивления амортизатора:

$$T = m [a + g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)]. \quad (8)$$

Вычислим тормозной путь состава вагонеток  $S$ . Воспользуемся законом динамики, согласно которому изменение полной механической энергии системы тел равно работе внешних сил [4]. Запишем его в виде равенства

$$\left( \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_k^2}{2} \right) + (mgh_0 - mgh_k) = TS, \quad (9)$$

где  $v_0$  и  $v_k$  — скорость состава в начале торможения и в конце;

$h_0$  и  $h_k$  — высота состава над нижним горизонтом в начале торможения и в конце.

Подставив в формулу (9) значение  $T$  из уравнения (8), получим

$$\left( \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_k^2}{2} \right) + mg(h_0 - h_k) = m [a - g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)] S. \quad (10)$$

Алгебраически преобразовав формулу (10) с учетом того, что в конце торможения скорость состава  $v_k = 0$ , а выражение  $(h_0 - h_k) = S \sin \alpha$ , получим уравнение

$$v_0^2/2 + gS \sin \alpha = [a + g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)] S, \quad (11)$$

откуда формула тормозного пути примет вид

$$S = v_0^2 / [2(\alpha - g\mu \cos \alpha)]. \quad (12)$$

Общая длина тормозного каната складывается из максимальной длины тормозного пути и участка, необходимого для присоединения к штанге с учетом его укладки в металлоконструкции ловителя (см. рис. 2).

**Выводы.** Улучшенная модель ловителя вагонеток для уклонов обладает достоинствами базового образца, перечисленными в публикации [2]. Конструкция устройства стала проще и дешевле в изготовлении и эксплуатации. Обслуживание не требует специально подготовленного персонала высокой квалификации, как в случае с ловителями, оборудованными маслостанциями высокого давления. Ловитель, разработанный ГП «Южгипрошахт», можно изготовить на угледобывающем предприятии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лещенко Г.Ф. Ловитель с плавным торможением для уклонов / Г.Ф. Лещенко, А.М. Коровин, Е.Г. Лещенко // Уголь Украины. — 2011. — № 7. — С. 24–25.
2. Лещенко Г.Ф. Модернизированный ловитель вагонеток для уклонов / Г.Ф. Лещенко, А.М. Коровин, Е.Г. Лещенко // Уголь Украины. — 2012. — № 2. — С. 21–23.
3. Мясников С.П. Пособие по физике / С.П. Мясников, Т.Н. Осанова. — М.: Высш. шк., 1981. — 391 с.
4. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения / В.А. Балаш. — М.: Просвещение, 1983. — 432 с.