УДК 622.232

Г.В.СОКОЛОВА, *ст. преподаватель, mehanizm49@mail.ru,*
М.А.ВАСИЛЬЕВА, *аспирантка, saturn.sun@mail.ru,*
М.Ю.НЕПРАН, *аспирантка, nepran@rambler.ru,*
С.А.ЛАВРЕНКО, *аспирант, sergey18.09.89@mail.ru., 328-86-32*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

G.V.SOKOLOVA, *senior lecturer, mehanizm49@mail.ru,*
M.A.VASILIEVA, *post-graduate student, saturn.sun@mail.ru,*
M.Y.NEPRAN, *post-graduate student, nepran@rambler.ru,*
S.A.LAVRENKO, *post-graduate student, sergey18.09.89@mail.ru.*
Saint Petersburg State Mining University

РАЗРАБОТКА ПОГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ С ЛАПАМИ АКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ

В статье проведен обзор основных конструкций погрузочных частей горнопроходческих машин, а также анализ физических процессов, происходящих при погрузке горной массы нагребающими лапами. Рассмотрены основные направления совершенствования исполнительных органов с парными нагребающими лапами, предложен принципиально новый вариант конструктивного исполнения исполнительного органа нагребающей части для создания нагребающих лап активного действия.

***Ключевые слова*:** погрузочная машина, нагребающие лапы, ударник, горная масса, грузопоток, производительность.

DEVELOPING LOADING FACILITIES WITH GATHERING-ARM ACTIVE ACTION

Is resulted in the article review basic designs loading parts of mining machines, analysis of physical processes of occurring at loading of rock massive is leaded with gathering-arm, basic directions of perfection of cutting heads with coupled gathering-arm are considered, and also is offered it is basic new variant of constructive execution of executive body of нагребать part for creation gathering-arm of conation.

Key words: Loader, gathering-arm, firing pin, rock massive, freight traffic, productivity.

Вопросы механизации погрузки разрушенной горной массы на забойный конвейер или другие транспортные средства имеют весьма важное значение для обеспечения высокопроизводительной работы проходческой машины и облегчения условий труда шахтеров, так как ручная погрузка горной массы – тяжелый физический труд, применяемый чаще всего в наиболее опасном, незакрепленном пространстве.

Современные проходческие и добычные комплексы, а также погрузочные машины с нагребающими лапами типа ПНБ, эффективно эксплуатируются в различных горно-геологических условиях, но рост добычи и скорости проходки, а соответственно и производительности труда в механизированных лавах, существенно сдерживается недостаточной модернизацией некоторых производственных процессов, к которым в первую очередь относится процесс погрузки.

Погрузочные органы независимо от конструкции исполнительного органа выемочной машины должны удовлетворять следующим условиям:

- обеспечить максимально возможную производительность выемочной машины в данных условиях эксплуатации. Производительность погрузочного органа

$$Q_{\text{гр}} \geq Q_{\text{в.м}},$$

где $Q_{гр}$ и $Q_{в.м}$ – соответственно теоретическая производительность органа погрузки и проходческой машины;

• производить эффективную зачистку призабойной дороги, что устраняет ручные операции. Подштыбовка почвы при плохой зачистке вызывает потерю устойчивости комбайна, увеличивает время и сопротивление при передвижке комбайна и не позволяет визуально контролировать проходку по почве;

• при необходимости дробить крупные куски погружаемого материала на транспортабельные;

• не препятствовать самозарубке комбайна;

• не вызывать при погрузке повышенного пылеобразования, способствовать подавлению пыли, защищать орган разрушения от воздействия вентиляционной струи;

• обладать высокой эксплуатационной надежностью, иметь минимально возможные размеры и массу, быть удобными в эксплуатации, механически (автоматически) переводиться из одного положения в другое.

В проходческих комбайнах получили применение скребковые, лопастные (в виде нагребающих лап), ковшовые, комбинированные – шнековые со скребковыми, шнековые с ковшовыми и другие типы погрузочных органов.

Погрузочные органы машин непрерывного действия совершают движение в плоскости питателя, либо в вертикальной плоскости; при этом характер движения исполнительных органов, как правило, вращательный, возвратно-вращательный, возвратно-поступательный или плоский.

Так, например, погрузочный орган барабанно-лопастного типа представляет собой вращающийся на выносной стреле барабан с зачерпывающими лопатками, которые по мере поворота барабана утапливаются внутрь. Груз поступает на конвейер. Машины с таким исполнительным органом используют при погрузке вязких руд и пород различной крепости, а также для разрыхления и погрузки спрессовавшейся горной массы при уборке выработок. Однако такой исполнительный орган погрузочной машины, разработанный институтом ВНИПИрудмаш (г.Кривой Рог), не получил широкого распространения в горной промышленности.

Исполнительный орган с нагребающим носком используется при погрузке крепких крупнокусковых пород. Он представляет собой рамку с днищем, образующую емкость, передняя стенка которой снабжена клинообразным носком. Возвратно-поступательное движение рамки производится силовым цилиндром выдвижения. При внедрении емкость заполняется материалом, при обратном ходе материал проталкивается обратной стороной клинового носка по приемному лотку до перегрузки на конвейер.

Особое место занимают погрузочные органы с нагребающими барами и рифлеными дисками. Они ранее применялись для погрузочных машин, теперь только в проходческих комбайнах. Погрузчики с рабочим органом в виде вращающихся дисков, дополненных фрезерующими барабанами, предназначены для погрузки мелкого, неслежавшегося и некрепкого груза.

Вследствие конструктивных особенностей и технологических возможностей повсеместное распространение получили погрузочные машины с парными нагребающими лапами, которые успешно применяются для грузов с различными физико-механическими свойствами. Они надежны в работе, обладают высокой производительностью, возможностью грузить породы крепостью $f = 12$ по шкале М.М.Протодьяконова в выработках с углом наклона до 15° (уклонный вариант). Погрузочная машина работает в комплексе с колесно-рельсовым транспортом. Машина применяется в очистных камерах, открытых складах полезного ископаемого.

Исполнительный орган может иметь конструктивное решение в виде кривошипно-кулисного, реже двухкривошипного механизма. Форма передней кромки лапы в значительной степени определяет сопротивление внедрению и нагребанию. Для предотвращения возможности заклинивания кусков породы между лапами боковой поверхности придают спиралевидную форму. Для погрузки крепких абразивных пород применяют лапы, представляющие собой массивную отливку, изготовленную из из-

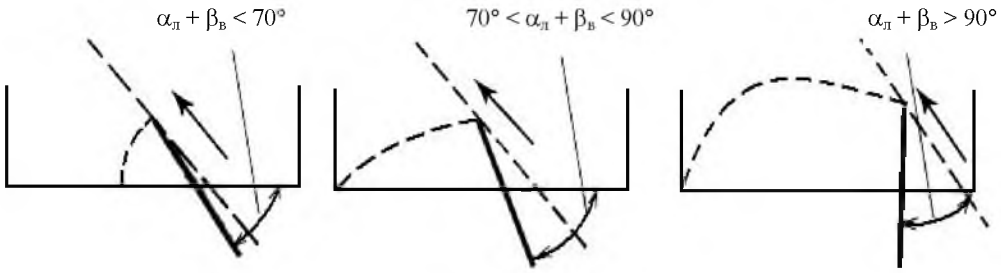


Рис.1. Зоны сдвига в зависимости от различных положений лапы при внедрении в штабель

носостойкой стали. Крепятся лапы к корпусу с помощью шарнира, который позволяет отклоняться ей в вертикальной плоскости. Это исключает заклинивание лапы при попадании кусков породы между зубьями носка питателя.

Однако эксплуатация погрузочных машин с нагребающими лапами показывает, что заклинивание лап все же очень распространено, особенно на крупногабаритных машинах в тяжелых условия работы, при погрузке крупнокусковой абразивной породы, а также негабаритов. Это является также следствием несовершенной конструкции самого исполнительного органа. Машины с парными нагребающими лапами применяются давно, но конструктивное исполнение не претерпело за это время каких-либо кардинальных усовершенствований, а лишь незначительные модернизации, обусловленные требованиями области применения машины. В основной массе распространение получили монолитные кривошипно-кулисные нагребающие лапы, совершающие плоское движение. Они приводятся в движение ведущими дисками и являются «слепым» примитивным механизмом, который не в состоянии реагировать на постоянно изменяющиеся условия при погрузке. Поэтому заклинивание лап в штабеле, а также на подходе к приемному окну конвейера, очень распространенное явление.

Это приводит к резкому возрастанию крутящего момента на валу ведущего диска, соответственно к большим перегрузкам приводного двигателя нагребающей части и выходу его из строя. Замена двигателей – весьма трудоемкая процедура, которая требует много времени, и следовательно, приводит к вынужденному простою и снижению производительности.

Физические процессы, происходящие при взаимодействии исполнительного органа со штабелем насыпного груза, сводятся к следующему.

При внедрении лапы возникают зоны уплотненных частиц и области деформаций, величина которых зависит от высоты и направления движения лапы $\beta_в$, ее положения относительно касательной к траектории $\alpha_л$ и формы передней кромки лапы. С увеличением угла $\alpha_л + \beta_в$ пассивный отпор штабеля возрастает, так как увеличиваются зоны сдвижения насыпного груза (рис.1).

Величина усилий уменьшается, если между осью лапы и направлением ее внедрения сохраняется угол $\alpha = 5 \div 10°$, так как при $\alpha_л = 0$ силы трения действуют по обеим сторонам лапы. В целях предотвращения резкого роста усилий в период внедрения стремятся к соблюдению рациональных соотношений между величинами углов $\alpha_л$ и $\beta_в$, а также применяют лапы со скошенной передней кромкой и с зубьями, направленными назад*.

При нагребании материала сопротивление также зависит от ориентировки оси лапы относительно основания штабеля и величины выхода лапы за линию передней кромки плиты. При значительном вылете лапы усилия нагребания резко возрастают, однако при этом лапа нарушает напряженное состояние

* *Крисаченко Е.А.* Исследование процесса взаимодействия рабочего органа погрузочных машин с парными нагребающими лапами со штабелем насыпного крупнокускового материала: Автореф. дис. … канд. техн. наук., Новочеркасск. 1971. 22 с.

Krysachenko E.A. Research of interaction process between the operating device of the loading machine with pair heaping up legs and a pile of the lumpy bulk material: candidate of technical sciences. Novocherkassk, 1971. 22 p.

штабеля перед кромкой плиты и сопротивление внедрению плиты снижается.

Максимальные значения крутящего момента на валу ведущего диска за один полный оборот наблюдаются, как правило, при внедрении лапы и нагребании материала. Однако большие нагрузки могут возникнуть и при холостом движении лапы, если глубина внедрения питателя в штабель превышает расстояние между участками нагребания и холостого хода*.

Совершенствование исполнительных органов с парными нагребающими лапами ведется в следующих направлениях:

- разработка конструкций, позволяющих изменять ширину фронта захвата в процессе погрузки;
- проектирование вариантов погрузочных органов, обладающих повышенной надежностью и ремонтопригодностью;
- уменьшение угла наклона приемной плиты, что повышает эффективность внедрения и производительность машины.

Одно из направлений совершенствования исполнительных органов – применение клиновых погрузочно-транспортных элементов в виде клиновых лап, совершающих возвратно-поступательное или плоское движение. Такие погрузочные органы просты по конструкции, надежны и имеют большую глубину внедрения плиты. Но при этом имеют ограниченный фронт захвата, что негативно отражается на производительности погрузки.

Также были проведены исследования по применению вибрационных элементов в процессе погрузки. Однако работы остановились на стадии математического моделирования.

Разработка погрузочной части машины с нагребающими лапами с изменяющимся фронтом захвата и дополнительными клиновыми гребками из-за сложности конструкции и привода гребков с помощью гидроцилиндров невозможна для широкого применения при погрузочных работах в различных условиях.

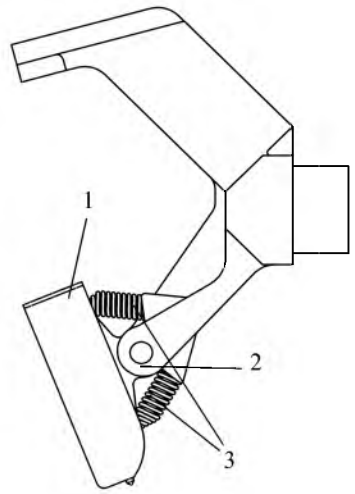


Рис.2. Общий вид активной нагребающей лапы
1 – корпус; 2 – шарнир; 3 – пружины

Принципиально новым направлением совершенствования является создание нового погрузочного устройства с исполнительным органом активного действия. В корпус стандартной нагребающей лапы встраивается малогабаритный электрический ударник, состоящий из следующих элементов: соленоид, поршень, передающий ударный импульс; пика, непосредственно которой осуществляется воздействие на негабаритные фракции породы; боек, создающий эффект дребезга в ударной системе, обеспечивающий дополнительное разрушение породы; наковальня; демпфирующий элемент. Шарнир, пружины обеспечивают оптимальное положение ударника в штабеле.

Ударник электрически связан с системой автоматизации, от которой получает сигнал на включение при возрастании нагрузок на приводном двигателе лапы нагребающей части до установленного верхнего порогового уровня. Отключение работы ударника происходит при уменьшении нагрузок на двигателе приводной части до нижнего порогового значения. Верхний и нижний пороговый уровень нагрузок, при которых происходит срабатывание ударника, определяются расчетным путем из соотношения номинального тока.

Преимущество использования новой конструкции нагребающей лапы в том, что она повышает надежность и ресурс погрузочной части, так как при возникновении боль-

* *Хазанович Г.Ш.* Буровзрывные проходческие системы: Учеб. пособие/ Г.Ш.Хазанович, В.В.Ленченко. ЮРГТУ, Новочеркасск, 2000. 504 с.

Khazanovich E.Sh., Lenchenko V.V. Blast-hole drilling drifting system. Novocherkassk, 2000. 504 p.

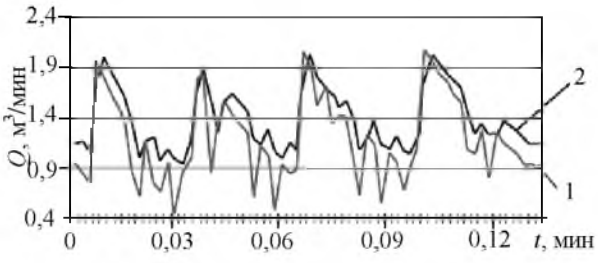


Рис.3. Зависимость производительности $Q_{факт}$ (1) и $Q_{теор}$ (2) от времени

ших крутящих моментов на двигателях приводной части ударник осуществляет воздействие на штабель, изменяя напряженное состояние штабеля, а возникающие при этом вибрации, передающиеся в глубь штабеля, вызывают дополнительное его осыпание и соответственно сокращают время и число маневровых операций. Однако проходка буровзрывным способом или использование манипуляторных проходческих комбайнов с гидромолотом в качестве исполнительного органа ведет к образованию большого числа негабаритных фракций породы, которые вызывают затруднения при их отгрузке. В этом случае применение активных нагребающих лап позволит дробить негабариты на более мелкие фракции, что исключит привлечение для этого дополнительного оборудования, а также сбрасывание породы с плиты питателя при обратном ходе лапы. Это приводит к заштыбовке почвы выработки. Нагребающая лапа с встроенным ударником не только осуществляет отработку штабеля, а также изменяет гранулометрический состав погружаемой горной массы и может подрубать нижнюю кромку забоя, формируя четкий контур подошвы выработки.

Главным параметром погрузочных машин типа ПНБ является техническая производительность, которая определяется частотой черпаний и объемами единичных порций, захватываемых нагребающими лапами. Нагребающие лапы, попеременно внедряясь в материал, преодолевают его сопротивление, захватывают часть объема штабеля (рис.3).

Производительность Q находится по формуле

$$Q = Bndhk_з(t),$$

где B – ширина захвата загребающих лап, м; n – частота гребков (число оборотов диска), 1/мин; d – диаметр вращения ведущего пальца диска, принимаемый равным длине рабочего хода лапы, м; h – высота сдвигаемого лапой слоя погружаемого материала в единичном черпании, м; $k_з(t)$ – коэффициент загрузки лапы; $k_з(t) = 1,0÷2,0$, причем увеличивается с увеличение крупности погружаемого материала.

Для проходческих комбайнов 4ПУ, ПК9, ГПК $k_з(t) = 1,0÷1,25$; при погрузке взорванных пород машинами типа ПНБ $k_з(t) = 1,25÷2,0$.

Анализ изменений мгновенного грузопотока, а соответственно производительности, показывает, что в течение трех единичных черпаний грузопоток остается примерно постоянным, а затем резко снижается и требуется подача машины на штабель (рис.1-3). Этим объясняется циклическое формирование грузопотока поступающего на конвейер. В реальных условиях работы со штабелем с большим содержанием негабаритов производительность снижается из-за частых остановок работы нагребающих лап, вследствие чего в некоторые моменты грузопоток снижается практически до нуля.

Моделирование формирования грузопотока с применением в качестве погрузочного органа активных нагребающих лап иллюстрирует изменение мгновенной производительности.

Применение нагребающих лап, способных активно воздействовать на состояние штабеля, а также на его гранулометрический состав, позволит уменьшить разброс максимального и минимального мгновенного значения грузопотока, а также исключить вынужденный простой вследствие заклинивания лап кусками погружаемого материала. Это приведет к повышению среднеквадратичной производительности машины.

Научный руководитель д-р техн. наук, профессор *Д.А.Юнгмейстер*