Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LX, вып. 1, 1970 г.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГРЕБКОВО-РОТОРНЫХ ПОГРУЗОЧНЫХ ОРГАНОВ

В. И. Морозов

Основным показателем шахтной погрузочной машины является ее техническая производительность, которая зависит от многих факторов. К ним относятся в первую очередь факторы, характеризующие саму машину и в особенности ее исполнительный орган: принцип воздействия на штабель, размеры, форма, число циклов в единицу времени. Существенное влияние на производительность оказывают внешние факторы, к которым относятся физико-механические свойства погружаемого материала, характеристика штабеля, размеры выработки, организация и вид последующего за машиной транспорта.

Вопросы определения технической производительности погрузочных машин, в особенности ковшовых, рассматриваются во многих работах. Разбираются они и для машин бокового (нагребающие лапы) и верхнего (одиночный гребок) захватов*. Что же касается гребково-роторных машин непрерывного действия верхнего захвата, то, несмотря на ряд существенных преимуществ, они исследованы мало. Объясняется это тем, что опыт их практического применения ограничивается промышленными испытаниями машины ПМГР-1 и заводскими испытаниями машин ЛГИ-1 и ТПГР-1.

Составной частью как технической, так и теоретической производительности является результат одиночного воздействия захватного органа погрузочной машины на штабель. Это

* Кальницкий Я. Б. Техническая производительность шахтных погрузочных машин. Тр. «Гипроникеля», вып. 11, 1961.

в одинаковой степени касается машин цикличного и непрерывного действия. Последние отличаются только значительно меньшей продолжительностью цикла, а в отдельных случаях наличием нескольких захватных органов. Для исполнительных органов, имеющих определенный объем, теоретическая производительность одного черпания может приниматься равной этому объему.

Значительно сложнее определить производительность за одно черпание (нагребание) исполнительных органов бокового и верхнего захватов, не имеющих определенного объема захватного элемента. Такой захватный элемент представляет собой плоскость различной формы, внедряющуюся в штабель и при обратном ходе толкающую перед собой некоторый объем отделенного от штабеля материала. Объем одиночного нагребания определяется в большей степени данными практики, чем строгим аналитическим расчетом, осуществление которого весьма затруднительно. Для таких исполнительных органов производительность за одно нагребание берется как средний результат погрузки за некоторое время, поэтому действительная картина взаимодействия захватного элемента со штабелем остается не раскрытой. Эффективность захватных органов определяется только по конечному результату погрузки, что затрудняет определение и выбор их рациональных параметров.

Сложный характер взаимодействия со штабелем имеют исполнительные органы верхнего действия, в особенности же гребково-роторный. Степень внедрения его в штабель имеет неопределенный, случайный характер и зависит от положения гребка относительно штабеля, которое, в свою очередь, определяется формой штабеля и характеристикой погружаемого материала, формой и размерами гребков, силой тяжести всей роторной группы, приведенной к гребкам. Неопределенность траектории гребка и периодические подъемы оси ротора при недостаточном внедрении гребков в штабель снижают объем захватываемого материала и осложняют количественное определение.

Визуальные наблюдения и даже запись величины подъема оси ротора осциллографированием не дали ясной картины взаимодействия гребка со штабелем.

Чтобы получить достаточно точное представление о взаимодействии гребка со штабелем, в лабораторных условиях был применен способ записи траектории гребка в штабеле, который может быть определен как метод наложенного бегущего луча. Сущность его заключается в следующем. Штабель с одной

стороны ограничен стеклянной стенкой, на которую нанесена сетка со стороной квадрата 50 *мм*. К стенке примыкает ротор с гребком. На гребке в специальном углублении установлена электрическая лампочка мощностью 1 *вт* с направленным в сторону фотоаппарата световым потоком, такая же лампочка есть на оси вала ротора. Питаются они от батареек, закрепленных на роторе. Штабель и гребок в исходном положении фотографируются через стеклянную стенку, затем на тот же кадр при открытом на все время погрузки объективе (длительная экспозиция) снимается процесс нагребания. Включенные перед началом работы лампочки при вращении ротора оставляют на снимке след в виде сплошной белой линии, которая соответствует траектории движения точки установки лампочек на оси ротора и гребке. В результате получается первоначальный боковой вид штабеля с наложенными на него траекториями движения гребка и оси ротора (рис. 1).

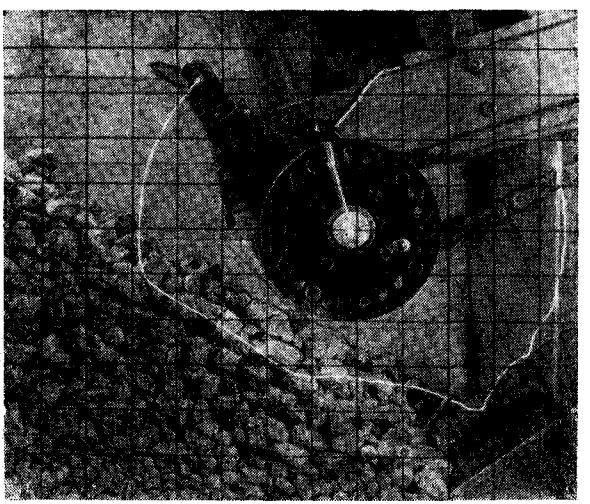


Рис. 1. Пример записи траекторий гребка и оси ротора

Предложенный способ позволяет не только проследить за характером воздействия гребка на штабель и положением ротора относительно него, но и определить объем захваченного за одно нагребание материала. Кроме того, по толщине следа

луча можно судить об изменениях скорости движения точек установки лампочек.

Замерив объем погруженного за одно нагревание материала и определив предложенным способом захваченный из штабеля объем, получим представление об эффективности работы исполнительного органа. Такое сравнение различных форм и размеров гребка позволяет найти рациональную форму исполнительного органа с меньшими затратами средств и времени.

Объем захваченного за одно нагребание материала может быть определен по формуле

$$V_з = \lambda_l^2 F_з B,\ м^3, \qquad (1)$$

где λ_l — масштабный коэффициент линейного уменьшения рисунка по сравнению с натурной установкой, *м/см*; $F_з$ — площадь между линией первоначальной поверхности откоса штабеля и траекторией носка зуба гребка в зоне боковой поверхности штабеля, замеренная планиметром, $см^2$; B — ширина гребка (размер в перпендикулярном к плоскости чертежа направлении), *м*.

Так как закрепить лампочку на зубе гребка невозможно, траектория его носка строится дополнительно (рис. 2). Особой

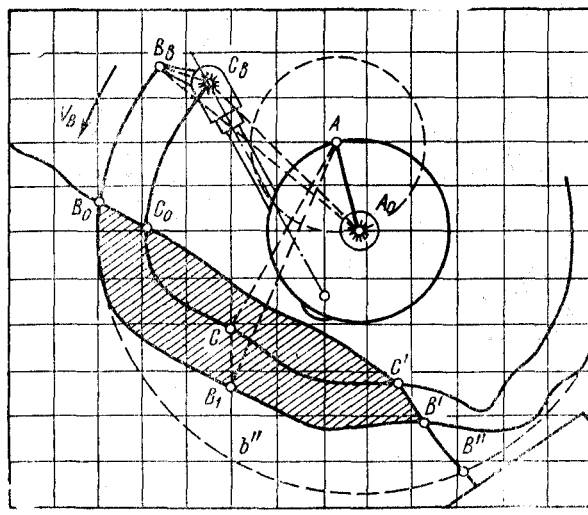


Рис. 2. Схема взаимодействия гребка со штабелем

сложности это не представляет, так как известны все промежуточные положения оси ротора, его радиус, а также траектория точки C гребка. На рис. 2 кривой $B_в B_0 B_1 B'$ показана траектория зуба гребка, построенная по рис. 1. Стрелкой $V_в$ обозначена окружная скорость точки B. Кривая $B_в B_0 b'' B''$ представляет собой дугу, проведенную из точки A_0 радиусом $r = A_0 B_в$ и являющуюся траекторией носка зуба гребка в случае отсутствия подъема оси ротора. Кривые $C_в C_0 CC'$ и $A_0 A$ — записанные траектории точки C гребка и оси ротора (рис. 1). Кривая $B_0 C_0 C' B' B''$ соответствует линии поверхности откоса штабеля.

По записи траектории гребка в штабеле можно определить три весьма существенные показателя работы исполнительного органа: коэффициенты захвата, погрузки и эффективности.

Коэффициентом захвата можно назвать отношение объема материала, захваченного гребками, который определяется фактической траекторией носка зуба гребка, к объему, который мог бы быть захвачен в случае отсутствия подъема оси ротора, т. е. при движении зубьев гребка по круговой траектории. Он выражается формулой

$$K_з = \frac{V_з}{V_в} = \frac{\lambda_l^2 F_з B}{\lambda_l^2 F_в B} = \frac{F_з}{F_в}, \qquad (2)$$

где $F_з$ — фактическая боковая площадь захваченного материала, замеренная на рис. 2 между траекторией зуба гребка в штабеле и наклонной поверхностью последнего ($B_0 B_1 B' C' C_0 B_0$), $см^2$; $F_в$ — боковая площадь возможного объема захвата материала, заключенная между траекторией зуба гребка в штабеле при отсутствии подъема оси ротора и наклонной поверхностью штабеля ($B_0 b'' B'' B' C' C_0 B_0$), $см^2$; $V_з$, $V_в$ — соответственно, объем действительно захваченный и объем возможного захвата.

Объемы захваченного материала и замеренного после погрузки на конвейер отличаются. Это происходит потому, что часть захваченного материала при транспортировании до места погрузки на приемный конвейер осыпается из тела выпирания перед гребками, проходит между гребков, а частично и пересыпается через них. Учесть эти потери в виде оставшегося в забое захваченного, но потерянного гребками материала можно коэффициентом погрузки

$$K_п = \frac{V_п}{V_з}, \qquad (3)$$

где $V_п$ — объем погруженного на конвейер материала, $м^3$.

В качестве общего показателя работы исполнительного органа можно принять коэффициент эффективности

$$K_э = K_з K_п = \frac{V_з}{V_в}\frac{V_п}{V_з} = \frac{V_п}{V_в}. \quad (4)$$

Коэффициент захвата зависит от приведенной к зубу гребка силы тяжести роторной группы, от формы гребков и общей конфигурации исполнительного органа. При значительной приведенной к гребку силе тяжести роторной группы на мелком и даже средней крупности материале он близок к единице, независимо от формы гребков. Но идти по пути увеличения только силы тяжести ротора нерационально, так как потребная на валу ротора мощность прямо пропорциональна силе тяжести ротора.* Увеличения $K_з$ следует добиваться прежде всего за счет рациональной формы гребков и общей компоновки их на валу ротора.

Коэффициент погрузки зависит от формы гребков и крупности погружаемого материала. При мелком материале и такой форме гребков, как на машинах ПМГР-1 и в особенности ЛГИ-1, он довольно низок и находится в пределах 0,3—0,6, что объясняется неполной доставкой к приемному конвейеру захваченного материала.

Коэффициент эффективности, являющийся произведением коэффициентов захвата и погрузки, характеризует степень рациональности исполнительного органа по результирующему эффекту в сравнении с максимально возможным результатом. В связи с этим для гребково-роторного исполнительного органа необходимо отметить три основных периода рабочего цикла: захват, перемещение и передача захваченного материала на приемный конвейер. Требования к форме гребков для этих периодов различны и даже противоречивы.

При захвате материала из штабеля (приведенную к зубу гребка силу тяжести роторной группы считаем неизменной) для лучшего внедрения гребков в штабель желательно иметь длинные зубья, направленные перпендикулярно к поверхности откоса штабеля при возможно меньшем их числе, т. е. в этот период необходима возможно большая удельная нагрузка от силы тяжести ротора на общую ширину внедряющихся в штабель гребков.

---

* Морозов В. И. К методике исследований рабочего органа роторно-гребковой погрузочной машины. Зап. ЛГИ, т. LIV, вып. 1, 1967.

В период перемещения отделенного от штабеля объема материала зубья не только не нужны, но становятся помехой: мелкие куски проходят между ними, что уменьшает коэффициент погрузки. Лучшей формой исполнительного органа на этом этапе являлся бы сплошной лист, перекрывающий фронт гребков по ширине, а по высоте обеспечивающий отсутствие пересыпания перемещаемого материала как под гребком, так и над ним.

Передача материала на приемный конвейер и выход гребка из слоя материала требует формы гребка, обеспечивающей соскальзывание материала. В этом случае желательным углом наклона гребка и его зубьев является отрицательный по отношению к радиальному направлению на носок зуба угол, что полностью исключает переброс отдельных кусков обратно в забой.

Таким образом, последнее требование ставит условия по наклону зубьев прямо противоположные условиям периода захвата. Рациональную форму исполнительного органа следует определять с учетом изложенных выше требований (в особенности это касается периода передачи материала на приемный конвейер).

Все гребково-роторные погрузочные машины (ПМГР-1, ЛГИ-1, ТПГР-1) имели гребки, в которых учитывалась рациональная форма их только в момент внедрения зубьев в штабель, что, конечно, существенно снижало коэффициент их эффективности.

Введение коэффициентов захвата, погрузки и эффективности дает вполне надежный критерий определения степени рациональности и рабочих возможностей исследуемых или рассматриваемых параметров гребково-роторного исполнительного органа.

В заключение следует отметить, что описанный выше способ записи траектории гребка методом наложенного бегущего луча с одновременной записью на осциллографе величины крутящего момента на валу ротора позволяет не только определить эффективность захвата, но и установить взаимосвязь величины крутящего момента на валу ротора с углом его поворота, степенью погружения гребков в штабель и с объемом тела выпирания перед гребками. Предложенный способ записи траектории пригоден не только для исследования взаимодействия исполнительных органов со штабелем, но и в ряде других случаев взаимодействия двух тел, одно или оба из которых при взаимодействии разрушаются или деформируются.