

М.А.ВАСИЛЬЕВА, аспирант, *saturn.sun@mail.ru*
А.Ю.КУЗЬКИН, канд. техн. наук., доцент, *kuskinay@bk.ru*
И.П.ТИМОФЕЕВ, д-р техн. наук, профессор, *partim@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

M.A.VASILYEVA, post-graduate student, *saturn.sun@mail.ru*
A.Y.KUZKIN, PhD in eng. sc., associate lecturer, *kuskinay@bk.ru*
I.P.TIMOFEEV, Dr. in eng. sc., professor, *partim@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining University

СИНТЕЗ МЕХАНИЗМА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ШАХТНОЙ ПОГРУЗОЧНОЙ МАШИНЫ С НАГРЕБАЮЩИМИ ЛАПАМИ

Рассмотрена возможность повышения производительности погрузочной машины с нагребными лапами типа ПНБ за счет корректировки кинематической схемы кривошипно-балансирного механизма методом синтеза траектории движения передней кромки лапы по заданным условиям процессов внедрения, захвата и транспортирования насыпного груза.

Ключевые слова: погрузочная машина, нагребная лапа, синтез параметров, траектория, производительность.

SYNTHESIS OF THE MECHANISM OF THE EFFECTOR OF A GATHERING-ARM LOADER

In article possibility of performance improvement of a gathering-arm loader at the expense of adjustment of the kinematic circuit oscillating crank mechanism a method of synthesis of a path of driving of the leading edge of a gathering arm on the given conditions of processes of implementation, capture and bulk cargo transportation is considered.

Key words: a gathering-arm loader, synthesis, a contour, productivity.

Повышение производительности погрузки взорванной горной массы при проходке горных выработок достигается в настоящее время различными организационными способами, например сокращением времени на подготовительные операции.

Однако повышение производительности может быть достигнуто путем совершенствования конструкции погрузочной машины. В настоящей работе предлагается повысить производительность машины типа ПНБ за счет корректировки кинематической схемы исполнительного кривошипно-балансирного механизма методом синтеза траектории движения передней кромки лапы. К характеристикам

названной траектории, влияющим на производительность, относятся:

1) траектория должна вписываться в габариты приемного стола погрузочной машины;

2) в процессе внедрения лапа должна двигаться перпендикулярно передней кромке стола. Отклонение от перпендикулярности варьируется в пределах $\pm 10^\circ$, что приводит к незначительному увеличению усилия внедрения при отклонении от нуля градусов;

3) в процессе нагребания угол между лапой и кромкой стола должен превышать 90° и увеличиваться по мере нагребания;

4) на участке набегания лапа должна выходить за кромку приемного стола для рыхления основания штабеля с целью снижения усилий внедрения. Фронт захвата насыпного груза должен быть как можно более протяженным, однако конец лапы не должен значительно выходить за приемный стол во избежание значительного роста нагрузок;

5) на участке передачи материала на конвейер лапа должна обеспечивать эффективное проталкивание горной массы и перекрывать «мертвую зону» перед конвейером. Однако траектория движения лапы не должна заходить в зону приемного окна конвейера;

6) на участке холостого хода не должно наблюдаться резкого изменения линейной скорости передней кромки лапы, приводящей к повышению динамических нагрузок;

7) площадь фигуры, описываемой траекторией движения передней кромки лапы на столе, должна быть максимальной для повышения производительности погрузки.

В период внедрения в штабель насыпного груза лапа должна внедряться перпендикулярно кромке приемного стола машины с некоторым отклонением, чтобы не создавать дополнительных усилий внедрению от боковых сопротивлений. При захвате очередной порции насыпного груза угол между продольной осью лапы и внедряющей кромкой машины должен быть всегда тупым для надежного захвата насыпного груза и снижения усилий зачерпывания.

Процесс транспортирования и передачи порции насыпного груза на конвейер должен заканчиваться у кромки приемного окна, чтобы материал не накапливался в виде валика перед конвейером в процессе погрузки. Холостой ход должен быть достаточно быстрым, но не приводить к значительному росту динамических нагрузок в механизме.

Оценка рациональности выбранной траектории определяется площадью фигуры, описываемой траекторией движения передней кромки лапы при различной глубине внедрения приемного стола погрузочной машины.

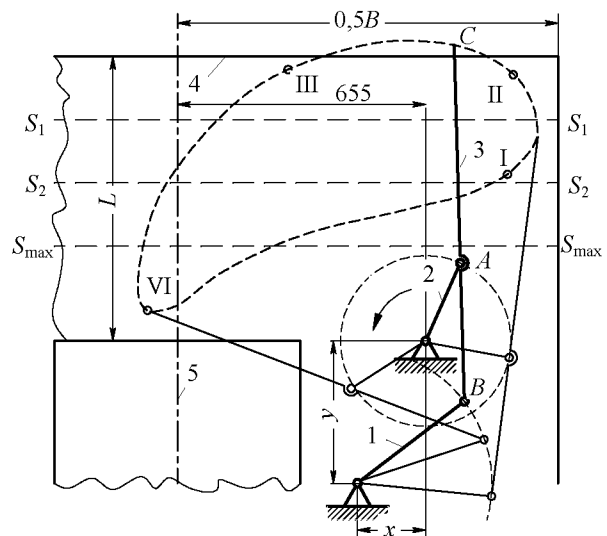


Рис. 1. Кинематическая схема исполнительного органа погрузочной машины типа ПНБ (кривошипно-балансирующий механизм)

1 – баланси́р; 2 – кривошип; 3 – шату́н; 4 – внедряющая кромка приемной плиты; 5 – продольная ось машины; $0,5B$ – половина ширины приемной плиты, L – расстояние от внедряющей кромки до конвейера; x и y – параметры кинематической схемы; S_1 , S_2 и S_{max} – площади, отсекаемые возможными линиями внедрения машины в насыпной груз

На рис.1 представлена кинематическая схема исполнительного кривошипно-балансирующего механизма натурной погрузочной машины типа ПНБ. Кривошип 2 (O_1A) нагребавшей лапы совершает вращение против часовой стрелки (правая лапа). Точка A описывает окружность относительно неподвижного центра вращения O_1 . Кривошип соединен с баланси́ром 1 (O_3B) шарниром A , вращающимся относительно неподвижного центра O_3 .

Неподвижным звеном механизма является наклонный приемный стол машины с кромкой 4, внедряющейся в насыпной груз. Траектория движения передней кромки лапы (с точки C) разделена на четыре характерных участка: внедрения I-II, захвата насыпного груза II-III, транспортирования насыпного груза на конвейер III-IV и холостого хода IV-I.*

* Хазанович Г.Ш. Инженерная методика выбора рациональных вариантов проходческих погрузочно-транспортных модулей на основе математического моделирования / Г.Ш.Хазанович, Г.В.Лукьянова // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 7. С.2-5.

Hazanovich G.Sh, Lukjanova G.V. Engineering technique of a choice of rational variants mining loader-transporter on the basis of mathematical modeling // The Mining equipment and electromechanics. 2008. N 7. P. 2-5.

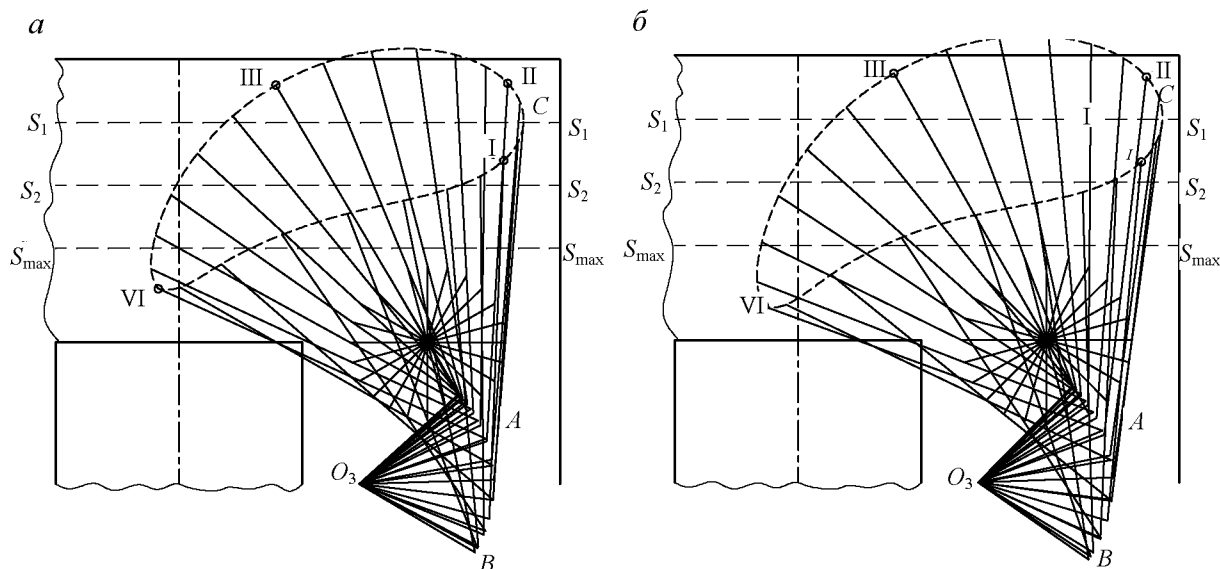


Рис.2. Траектория движения передней кромки лапы натурной машины ПНБ при радиусе кривошипа O_1A , равном 205 мм (а) и 225 мм (б)

Параметры кинематической схемы натурной машины $x = 180$ мм, $y = 375$ мм. Длина звеньев: $O_1A = 205$ мм, $O_3B = 355$ мм, $AB = 365$ мм и $BC = 940$ мм. Угловая скорость ω_1 кривошипа 35 с^{-1} .

Из анализа кинематической схемы натурной машины видно, что траекторию движения передней кромки лапы (точка С) необходимо корректировать.

Анализ плана положений механизма за один оборот кривошипа показывает, что на этапе внедрения углы между линиями движения лапы и кромкой плиты $75-85^\circ$ (меньше 90°), при зачерпывании $90-120^\circ$, при транспортировании $120-130^\circ$, и лапа переходит на холостой ход, не передав полностью насыпной груз на конвейер (рис.2, а).

Исправить недостатки существующей траектории в габаритах машины возможно изменением радиуса кривошипа O_1A , координаты x центра O_3 , угла α , отклонения прямолинейности лапы в сторону ее движения и увеличения длины балансира.

Увеличение радиуса кривошипа на 10 и 20 % (до 225 и 246 мм) изменяет положение траектории движения на приемной плите, обеспечивает внедрение в насыпной груз под углом близким к 90° и обеспечивает полную передачу груза на конвейер (рис.2, б).

Уменьшение x до 146, 126 и 106 мм способствует оптимизации углов внедрения, захвата и транспортирования насыпного

груза (рис.2, б). При изменении координаты x происходит поворот касательной к окружности траектории точки А и дуге траектории точки В, а углы внедрения приближаются к 90° .

Исследования по изменению прямолинейности лапы показали, что отклонение участка АС лапы на 5 и 10° даже для натурной машины несколько улучшает процесс перегрузки горной массы на конвейер.

Одновременное изменение координаты x и прямолинейности лапы позволяет приблизить траекторию к заданным условиям.

Увеличение радиуса кривошипа на 10 % (до 225 мм) при координате $x = 106$ мм и отклонении лапы от прямолинейности даже на 5° обеспечивает рациональные размеры механизма.

Повышение производительности погрузочной машины косвенно можно оценивать площадью, находящейся внутри траектории движения передней кромки лапы. Сравнение площадей S_1 , S_2 , S_{\max} , отсекаемых возможными линиями внедрения машины в насыпной груз, показало, что общая площадь фигуры, описываемой траекторией передней кромки лапы, увеличивается с ростом длины кривошипа на 10 % в пределах 107-139 %, по сравнению с натурной машиной (см.таблицу). В зависимости от глубины внедрения ($S_{\max} =$

Результаты измерения площадей при параметрическом синтезе

Изменяемые параметры кинематической схемы			Общая площадь фигуры, мм ²	Увеличение общей площади фигуры, %	Площадь фигуры при внедрении на, мм ²		
O_1A , мм	x , мм	α , град.			$1/3 S_{\max}$	$2/3 S_{\max}$	S_{\max}
205	180	5	342	100	112	242	314
225	126	0	366	107	130	263	342
225	106	5	467	136	190	330	430
225	106	0	478	139	180	330	440

Примечание. Неизменяемые при расчете параметры: $O_3B = 355$ мм, $AB = 365$ мм, $y = 375$ мм

= 500 мм) на $1/3 S_{\max}$, $2/3 S_{\max}$ и S_{\max} соответственно площадь увеличивается в пределах 116-169, 108-136 и 108-140 %.

Расчеты показали, что рациональными размерами кривошипно-балансирного механизма следует считать длину кривошипа 225 мм, смещение оси вращения до 106 мм и угол отклонения передней кромки лапы от прямолинейности 5°.

Исследования кинематической схемы нагребавшей лапы при различных сочета-

ниях координат неподвижных осей вращения и длины звеньев показали, что при заданных габаритах приемного стола машины можно увеличить радиус балансира на 30 мм, а при увеличенном радиусе кривошипа (225 мм) – на 50 мм, при этом касательная к траектории точек A и B будет перпендикулярна кромке приемной плиты на этапе внедрения в насыпной груз и передача его на конвейер будет обеспечена полностью.